

UNIVERSITAT JAUME I

Escuela Superior de Tecnología y Ciencias
Experimentales

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA



**ESTRATEGIAS DE IMPLANTACIÓN DE
NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL
ÁMBITO DE LA INGENIERÍA
CONCURRENTE**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Carlos Vila Pastor

Dirigida por:

Dr. Fernando Romero Subirón

Castellón, Noviembre de 2000

página en blanco

Quisiera mostrar mi agradecimiento a todas aquellas personas que con su apoyo me han permitido finalizar con éxito la elaboración de la presente Tesis Doctoral.

En primer lugar a Fernando Romero, que gracias a su dirección y orientaciones ha conseguido que alcanzásemos los objetivos buscados inicialmente.

A mi mujer María, a mis hijos y a mi padre por su paciencia, comprensión y sacrificio en los momentos difíciles.

A Joe Cleetus, y toda la gente del Concurrent Engineering Research Center de West Virginia University, que me iniciaron en la investigación sobre la Ingeniería Concurrente.

A mis compañeros del Departamento de Tecnología de la Universidad Jaume I de Castellón y a todas aquellas personas que han colaborado en el proyecto de implantación.

página en blanco

Presentación de la Tesis

El desarrollo de productos cada vez más complejos y de mayor nivel tecnológico ha forzado a las empresas a plantear nuevos métodos de trabajo que permitan obtenerlos con mayor calidad y a menor coste y, lo que es también importante, ofrecerlos en el mínimo tiempo posible. Por otra parte, la economía actual, cada vez más abierta y fuertemente competitiva, ha dirigido a las empresas a utilizar técnicas y equipos mucho más eficaces, de la misma manera que ha replanteado las estructuras organizativas y de control.

En este contexto la Ingeniería de Diseño de Producto está adquiriendo un papel relevante, pues de ella depende en gran parte el que una empresa pueda responder a las demandas del mercado. Circunstancia que ha conducido a que, en un paso más allá de los modelos de la Fabricación Integrada por Ordenador, la *Ingeniería Concurrente* sea uno de los enfoques que más atención está mereciendo.

La *Ingeniería Concurrente* es una filosofía de trabajo en la que varias actividades, relacionadas en lo básico con la ingeniería de diseño de producto y con la ingeniería de preparación de la fabricación, se integran, desarrollando el trabajo en paralelo en lugar de hacerlo de forma secuencial. Estas prácticas de trabajo aseguran que las consideraciones estructurales, funcionales, de fabricación, de ensamblaje, de mantenimiento, de costes y de reciclaje se tengan en cuenta en las primeras fases de desarrollo del producto.

La clave de la *Ingeniería Concurrente* radica en poder llevar con éxito su implantación, que se puede abordar básicamente desde dos enfoques diferentes.

El primer enfoque plantea la creación de un Equipo de *Ingeniería Concurrente* en el que se integran profesionales de la empresa, seleccionados por sus conocimientos y capacidad para influir en el diseño del producto y del proceso, que al identificar los problemas potenciales en las fases iniciales y tomar las acciones oportunas evitan toda una serie de correcciones o repasos. Un enfoque que, con los últimos desarrollos en las tecnologías de la información, se puede abordar sin que necesariamente estos expertos tengan que abandonar sus áreas funcionales, pudiendo desarrollar la colaboración desde sus departamentos trabajando en equipo.

El segundo enfoque, que se basa en la utilización compartida de nuevas aplicaciones basadas en las tecnologías de la información, ha surgido como ampliación del enfoque inicial ante las dificultades de gestión de estos equipos, el conocimiento limitado de sus miembros y su coste de mantenimiento. En este enfoque se utilizan una serie de herramientas informáticas en las que la filosofía de la *Ingeniería Concurrente* enlaza con un conjunto de operaciones lógicas y utilidades dirigidas a la justificación u optimización de los diseños con respecto a todo su ciclo de vida.

En este último enfoque, el problema fundamental es el de conseguir todo un entorno de desarrollo integrado donde las herramientas CAD/CAM/CAE interactúen y cooperen para obtener un diseño óptimo, trasladando el conocimiento de los expertos y de otros departamentos al de diseño.

Para las empresas resulta determinante conseguir implantar con éxito esta nueva manera de trabajar, que permitirá alcanzar un alto índice de competitividad como resultado de un cambio radical en la manera actual de hacer las cosas. Esto se debe a que la *Ingeniería Concurrente* va más allá de la mera simultaneidad de actividades relacionadas con el ciclo de vida del producto, planteando la necesidad de que estas actividades se entiendan y cooperen para conseguir el objetivo global de la empresa.

La implantación de esta nueva filosofía y de las tecnologías que la soportan va a suponer una transformación de los esquemas de diseño y fabricación tradicionales y, por tanto, debe ir precedida de un estudio que permita planificar, organizar y ejecutar el cambio.

Para ello es necesario el establecimiento de una metodología que incluya este estudio, y que consiga vencer toda una serie de barreras de tipo organizativo (estilos de gestión, políticas y culturas, comportamientos del personal, inercias al cambio, etc.) y de tipo técnico (falta de herramientas y de saber hacer).

Una metodología que debe asesorar en la formulación de una estrategia clara, que contemple la aplicación de toda una serie de acciones que han de permitir alcanzar el éxito del proceso de cambio, como son: transformaciones culturales, cambios organizativos, formación de equipos de *Ingeniería Concurrente*, adquisición de las tecnologías adecuadas, definición de los papeles que deben jugar los directivos en alentar estos cambios y sus interacciones, etc.

El estudio de estrategias de implantación va a ser, por tanto, tan importante como el propio desarrollo de las nuevas tecnologías. Estrategias que deberán tener en cuenta los fallos o deficiencias de las experiencias previas en curso y que deberán alinearse con los objetivos globales de las empresas manufactureras.

Objetivos de la Tesis.

El **objetivo final** de esta disertación es proponer una metodología para la implantación de entornos de *Ingeniería Concurrente*, que dirija la evolución hacia esa pretendida integración de todas las áreas implicadas en el proceso de desarrollo de productos, teniendo en cuenta las prestaciones que nos proporcionan las modernas Tecnologías de la Información y el uso de metodologías, técnicas y aplicaciones específicas.

La implantación de entornos de *Ingeniería Concurrente* en grandes empresas manufactureras es un trabajo que requiere una dedicación intensa y está siendo el centro de atención en la última década.

Estas grandes corporaciones están segmentadas en divisiones o unidades de negocio que, a su vez, subcontratan una gran cantidad de sus productos o componentes. Unos suministradores, que suelen ser pequeñas y medianas empresas, que deben desarrollar sus productos en un entorno cada vez más competitivo, por lo que también deben mejorar sus procesos de diseño y fabricación.

Pues bien, nuestro objetivo concreto es elaborar una metodología que pueda ser válida para que las pequeñas y medianas industrias realicen esta transformación, y que no sea difícil de aplicar. Unas empresas que desarrollan sus propios productos o que trabajan sobre las propuestas que realizan sus clientes y que, en la mayoría de los casos, deben establecer una colaboración estrecha con sus suministradores. Podemos afirmar que, tanto los suministradores de estas grandes empresas como aquellos que directamente fabrican productos finales, necesitan adaptarse a las nuevas estructuras tecnológicas del siglo XXI.

Por tanto, la propuesta a desarrollar, aún siendo de carácter general, debe resolver algunos puntos clave de interés para llegar a la problemática particular de las empresas manufactureras, y debe ser transferible a empresas del mismo sector pero con diferentes estructuras, e incluso a diversos sectores.

Con el fin de establecer una orientación básica que fije la estrategia, el **primer objetivo** parcial de este trabajo será encontrar un modelo de excelencia, orientado a empresas manufactureras, que sirva de referencia para armonizar el cambio en el proceso de desarrollo de productos con la transformación general de la empresa, adaptándose así a las nuevas estructuras organizativas, y clarificando la necesidad del cambio, orientándolo y dirigiéndolo.

Como **segundo objetivo** nos planteamos definir una metodología básica, para gestionar el cambio del proceso de desarrollo de productos, basada en los modelos de reingeniería de procesos. Metodología que debe establecer las etapas a seguir en la transformación, teniendo en cuenta tanto las posibles barreras iniciales al cambio como las dificultades o fallos que puedan surgir durante el propio proceso de adaptación.

La metodología basada en los modelos de reingeniería contemplará un sistema de evaluación. Este sistema permitirá analizar el proceso de desarrollo de productos desde la perspectiva de la *Ingeniería Concurrente* y atenderá a los factores clave que determinan el modelo de referencia de empresa manufacturera excelente, fijando así el alcance del cambio.

En el trabajo se tratará de justificar el papel relevante de la *Ingeniería Concurrente*, para mejorar la competitividad, sobre la base del modelo de referencia, acercándonos para ello al conocimiento de todos los aspectos que pueden ser imprescindibles para su despliegue. Aspectos que abarcan ámbitos como la nueva visión por procesos, definición y gestión de equipos, nuevas metodologías y tecnologías, aplicables al desarrollo de productos, y sistemas informáticos que soporten su integración.

Una vez alcanzado este objetivo, deberemos ser capaces de proponer una estrategia que dirija la transformación de las prácticas actuales de la empresa a la nueva filosofía de trabajo. Estrategia que debe incluir una serie de reglas que asegure una toma de decisiones óptima y alinee la *Ingeniería Concurrente* con los objetivos globales de la organización.

La consecución de este **tercer objetivo** requiere del estudio de las propuestas existentes para evaluar el proceso de desarrollo de productos. Investigación que debe fijarse en el análisis de los métodos de diseño y fabricación que utiliza la empresa, el grado de implantación de herramientas CAD/CAM/CAE y las problemáticas que presenta su uso, y las deficiencias de los esquemas organizativos implantados, entre otros aspectos.

La propuesta final para realizar el diagnóstico deberá ser capaz de establecer los diferentes niveles de colaboración requeridos por las tecnologías de la información y por cada uno del resto de aspectos de la *Ingeniería Concurrente*. De esta forma, se reflejará el estado actual del proceso y la situación deseada, identificando las áreas y funciones a integrar, y definiendo los posibles caminos y alternativas que tiene la empresa para mejorar.

A partir de este diagnóstico, la propuesta debe permitir determinar las actividades a desarrollar, como los planes de formación para adiestrar el personal en técnicas y herramientas, la definición de los nuevos sistemas de indicadores para el control del proceso, etc.

Como **cuarto objetivo**, y último, para comprobar la viabilidad se contempla la realización de una experiencia en una empresa que, por sus características en el desarrollo de productos y la competitividad de su sector, permita aplicar la estrategia propuesta y comprobar las expectativas teóricas creadas. Esta experiencia piloto deberá servir como caso de estudio para futuras investigaciones y como referencia para otras empresas que busquen la innovación de su proceso de desarrollo de producto.

Índice

página en blanco

ÍNDICE

Capítulo 1. La Empresa del Siglo XXI.

Nuevos Modelos Integradores

1. 1. Introducción.....	1
1. 2. Tendencias en los Modelos Empresariales	6
1. 3. Modelos de Excelencia	10
1. 3. 1. Baldrige National Quality Program.....	11
1. 3. 2. European Foundation for Quality Management.....	13
1. 3. 3. Modelo de Empresa Manufacturera de la SME	15
1. 3. 4. La Fabricación de la Próxima Generación	18
1. 3. 5. El modelo NGM respecto a los modelos genéricos de excelencia.....	23
1. 4. El Proceso de Desarrollo de Producto en la Factoría del Futuro	25
1. 4. 1. La Necesidad de una Estrategia de Gestión del Cambio.....	27
1. 4. 2. La Necesidad de Sistemas de Indicadores para la Gestión Estratégica	31
1. 5. Desarrollo de la Tesis.....	34

Capítulo 2. Entornos de Ingeniería Concurrente.

Una Nueva Forma de Competir

2. 1. El Método Tradicional frente al Desarrollo Integrado de Productos.....	37
2. 1. 1. Debilidades de la Ingeniería Secuencial.....	37
2. 1. 2. Diseño para el Ciclo de Vida del Producto	43
2. 2. El Desarrollo Integrado de los Productos.....	44
2. 3. La Filosofía de la Ingeniería Concurrente.....	46
2. 3. 1. Antecedentes	46
2. 3. 2. Definiciones de la Ingeniería Concurrente.....	47
2. 3. 3. Objetivos de la Ingeniería Concurrente.....	50
2. 3. 4. Beneficios de la Ingeniería Concurrente	50
2. 3. 5. Cómo abordar la Ingeniería Concurrente.....	52

Capítulo 3. Desarrollo de la Ingeniería Concurrente.

Pilares Básicos

3. 1. Introducción.....	53
3. 2. Modelización y control del Proceso de Desarrollo de Producto	55
3. 2. 1. Técnicas de Modelización	55
3. 2. 1. a. IDEF	56
3. 2. 1. b. Diagramas de Flujo	60
3. 2. 2. Sistemas de Indicadores para Controlar el Proceso de Desarrollo de Producto.....	61
3. 3. Creación de Equipos Multidisciplinares.....	65
3. 3. 1. Definición del Equipo Multidisciplinar.	66
3. 3. 1. a. Los miembros del equipo y sus estilos	69
3. 3. 1. b. Liderazgo.....	70
3. 3. 2. Gestión de los Equipos.	71
3. 3. 3. Categorías de Comunicación.....	74
3. 4. Establecimiento de las Metodologías Formales de Diseño.....	75
3. 4. 1. Despliegue de la Función de Calidad	76
3. 4. 2. Técnicas Taguchi.....	79
3. 4. 3. Diseño para Fabricación y Ensamblaje	82
3. 4. 3. a. Diseño para Ensamblaje	83
3. 4. 3. b. Diseño para Fabricación.....	86
3. 4. 4. Diseño para el Ciclo de Vida.....	87
3. 4. 4. a. Diseño para Fiabilidad y Mantenimiento	87
3. 4. 4. b. Estimación de Costes	87
3. 4. 4. c. Diseño para el Medio Ambiente.....	87
3. 4. 4. d. Modos de Fallo y Análisis de Efectos.....	88
3. 4. 5. Diseño Concurrente utilizando las distintas Metodologías	89
3. 5. Utilización de Herramientas basadas en las Tecnologías de la Información.....	90
3. 5. 1. Modelado Avanzado del Producto	93
3. 5. 1. a. Diseño Basado en Features.....	94
3. 5. 1. b. Prototipaje Rápido y Prototipos Virtuales	95
3. 5. 2. Gestión de Datos del Producto y Comunicaciones	97
3. 5. 2. a. Ingeniería Colaborativa	99
3. 5. 2. b. Coordinación de Equipos Virtuales	101
3. 6. Determinación de la Arquitectura de los Sistemas de Información.....	102
3. 6. 1. Infraestructuras de Comunicaciones	103
3. 6. 2. Integración de Aplicaciones	104
3. 6. 3. Representación estándar de Datos del Producto.	106
3. 6. 4. Arquitecturas de Referencia	109

Capítulo 4. Cómo Transformar el Proceso de Desarrollo de Producto.

Reingeniería de Procesos

4. 1. La Innovación de Procesos como Metodología del Cambio	113
4. 1. 1. Metodología de Hammer y Champy	116
4. 1. 2. Metodología de Davenport.....	117
4. 1. 3. Metodología de Manganelli y Klein.....	119
4. 1. 4. Metodología de Eastman Kodak	120
4. 1. 5. Metodología Básica.....	123
4. 2. El Problema de la Innovación de Procesos	125
4. 2. 1. Barreras a la Reingeniería de Procesos	125
4. 2. 2. Barreras a la Ingeniería Concurrente.....	127
4. 2. 2. a. Barreras Técnicas	128
Falta de Recursos Basados en las Tecnologías de la Información.....	128
Desconocimiento de la Implicación de las Nuevas Tecnologías	129
Utilización de Metodologías de Diseño no Integradas	129
4. 2. 2. b. Barreras Organizativas	130
Falta de Apoyo de la Alta Dirección.....	130
Clima Inadecuado.....	130
Directivos Excesivamente Protectores.....	131
Sistemas de Recompensa Inadecuados	131
Falta de Cooperación con el Cliente	132
Falta de Cooperación con el Suministrador	133
Temor a la Pérdida de Creatividad.....	133
4. 2. 3. Acciones para Superar las Barreras.....	134
4. 2. 3. a. Definir los Objetivos de la Transformación.....	134
4. 2. 3. b. Realizar la Transformación Cultural.....	134
4. 2. 3. c. Conseguir el Cambio Organizativo	134
4. 2. 3. d. Establecer los Equipos para la Ingeniería Concurrente	135
4. 2. 3. e. Proporcionar el Apoyo Adecuado a las Nuevas Tecnologías	136
4. 2. 3. f. Definir Claramente el Papel de Cada Miembro y las Interacciones.....	136
4. 3. Dificultades en el Proceso de Implantación	137
4. 4. Consideraciones sobre el Análisis y la Formulación de la Estrategia	143

Capítulo 5. Implantación de Entornos de Ingeniería Concurrente.

Estado del Arte

5. 1. Introducción.....	149
5. 2. Metodología RACE.....	151
5. 3. Metodología RACE II.....	160
5. 4. Metodología del Centro para Estudios y Desarrollo Emprendedores	166
5. 5. Metodología Carter y Baker (Mentor Graphics Corp.).....	171

5. 6. Metodología del Cranfield CIM Institute	181
5. 7. Metodología PACE	185
5. 8. Otras Proyectos de Investigación alrededor de la IC	188
5. 9. Análisis de las Metodologías de Implantación	191
5. 9. 1. Análisis de la Metodologías respecto al Modelo Básico de Reingeniería	192
5. 9. 2. Análisis de los Sistemas de Evaluación respecto del Modelo NGM	196
5. 9. 2. a. Análisis de la Auditoría de RACE respecto de NGM	200
5. 9. 2. b. Análisis de la Auditoría de Carter y Baker respecto de NGM	202
5. 9. 2. c. Crítica General de los Sistemas de Evaluación	204

Capítulo 6. Metodología Propuesta para la Implantación de Ingeniería Concurrente.

Innovación del Proceso de Desarrollo de Producto.

6. 1. Introducción.....	207
6. 2. Consideraciones sobre la Metodología de Implantación	208
6. 3. Propuesta de Implantación de la Ingeniería Concurrente	211
6. 4. Desarrollo de la Propuesta	218
6. 4. 1. Identificación de las Necesidades de Cambio	218
6. 4. 1. a. Determinar la Estrategia de la Unidad de Negocio de la Empresa.....	218
6. 4. 1. b. Analizar los Indicadores Estratégicos	219
6. 4. 1. c. Desarrollar la Visión por Procesos para la Unidad de Negocio	222
6. 4. 1. d. Conocer los Beneficios de la Ingeniería Concurrente.....	223
6. 4. 1. e. Priorizar las Mejoras	224
6. 4. 2. Entendimiento del Proceso	226
6. 4. 2. a. Analizar el Proceso.....	226
6. 4. 2. b. Evaluar la Situación Actual.....	227
6. 4. 2. c. Evaluar el Estado Deseado	236
6. 4. 2. d. Decidir sobre la Implantación de Ingeniería Concurrente	238
6. 4. 3. Rediseño del Proceso.....	240
6. 4. 3. a. Realizar un nuevo Modelo del Proceso Seleccionado.....	240
6. 4. 3. b. Seleccionar las Nuevas Metodologías de Trabajo	242
6. 4. 3. c. Seleccionar las Tecnologías de la Información para el Nuevo Proceso.....	243
6. 4. 3. d. Definir un Sistema de Indicadores para Controlar el Proceso	244
6. 4. 3. e. Identificar las Barreras	245
6. 4. 3. f. Planificar el Cambio	246
6. 4. 4. Desarrollo del Proyecto Piloto	248
6. 4. 4. a. Formar al Equipo de IC en las Metodologías y Herramientas Seleccionadas	248
Formación en Metodologías de Trabajo en Equipo	249
Formación en Metodologías de Diseño de Producto	250
Formación en Herramientas de Diseño e Ingeniería	250
Formación en el Entorno de Comunicaciones	251

6. 4. 4. b. Ejecutar el Proyecto Piloto.....	252
Inicio del Proyecto	252
Gestión del Proyecto	253
Revisión de los Indicadores y de los Objetivos Parciales.....	255
6. 4. 4. c. Analizar el Proyecto Piloto	256
6. 4. 4. d. Decidir Transformar el Proceso	257
6. 4. 5. Transformación del Proceso en la Empresa	258
6. 4. 5. a. Promocionar los Resultados del Proyecto Piloto	258
6. 4. 5. b. Definir Planes de Implantación Globales.....	259
6. 4. 5. c. Mejorar las Infraestructuras para alcanzar el Cambio.....	260
6. 4. 5. d. Adaptar la Cultura de la Organización.....	261
6. 5. Resumen de la Estrategia	262

Capítulo 7. Aplicación de la Metodología.

Presentación de Resultados

7. 1. Introducción.....	267
7. 2. Laboratorio Integrado de Diseño y Fabricación	268
7. 3. Proyecto de Implantación de Ingeniería Concurrente.....	275
7. 3. 1. Identificación de las Necesidades de Cambio	276
7. 3. 1. a. Determinación de la Estrategia de la Unidad de Negocio.....	276
7. 3. 1. b. Análisis de los Indicadores Estratégicos.....	276
7. 3. 1. c. Desarrollo de la Visión por Procesos	277
7. 3. 1. d. Conocimiento de los Beneficios de la Ingeniería Concurrente.....	277
7. 3. 1. e. Priorización de las Mejoras	277
7. 3. 2. Entendimiento del Proceso.....	278
7. 3. 2. a. Análisis del Proceso	278
7. 3. 2. b. Evaluar de la Situación Actual y del Estado Deseado	280
7. 3. 2. c. Decisiones sobre la Implantación.....	281
7. 3. 3. Rediseño del Proceso	285
7. 3. 3. a. Realización del nuevo Modelo del Proceso	285
7. 3. 3. b. Selección de las Nuevas Metodologías de Trabajo.....	286
7. 3. 3. c. Selección de las Tecnologías de la Información para el Nuevo Proceso	287
7. 3. 3. d. Definición del Sistema de Indicadores para Controlar el Proceso.....	289
7. 3. 3. e. Identificación de Barreras al Cambio.....	291
7. 3. 3. f. Planificación del Cambio.....	292
7. 3. 4. Desarrollo del Proyecto Piloto	293
7. 3. 4. a. Formar al Equipo de IC en las Metodologías y Herramientas Seleccionadas	293
7. 3. 4. b. Ejecución del Proyecto Piloto	294
7. 3. 4. c. Analizar el Proyecto Piloto	294
7. 4. Análisis de los Resultados del Proyecto	296

Capítulo 8. Conclusiones y Desarrollos Futuros.

<i>8. 1. Conclusiones.....</i>	<i>297</i>
<i>8. 2. Desarrollos Futuros.....</i>	<i>301</i>

REFERENCIAS**ANEXOS**

Anexo I. Cuestionario Modelo Q_I

Anexo II. Cuestionario Modelo Q_IIA

Anexo III. Cuestionario Modelo Q_IIB

Anexo IV. Mapa de Auditoría

Anexo V. Directrices de Innovación

Anexo VI. Modelos de Informes

Capítulo 1

página en blanco

La Empresa del Siglo XXI

Nuevos Modelos Integradores

1. 1. Introducción.

Durante las dos últimas décadas, las compañías manufactureras y las empresas de ingeniería se han enfrentado a los mismos cambios y retos, determinados por los desarrollos tecnológicos y por la necesidad de ofrecer mejores productos a mejor precio y en menor tiempo.

A partir de los años ochenta las pequeñas y medianas empresas empezaron a sentir la influencia en los mercados de las grandes organizaciones multinacionales, especialmente por el efecto del incremento de la complejidad de los productos y la aplicación de tecnologías innovadoras. Circunstancia que hizo revisar la capacidad de las organizaciones para desarrollar e introducir nuevos productos en el mercado y que ha afectado especialmente a las industrias de bienes de equipo y a las de bienes de consumo, donde la vida de los productos se reduce significativamente cada día más.

Estos cambios han forzado una transformación en las empresas que en sus directrices básicas fue trazada por los Japoneses a mediados de los ochenta. El país nipón entendió que existía una nueva manera de producir basada en la fuerza del trabajo, gestión de los recursos humanos, y de esta forma dominó el mercado durante mucho tiempo. Un camino al que se fueron incorporando a finales de la pasada década Estados Unidos y Europa.

Las compañías occidentales, con las consiguientes excepciones, fueron lentas en reconocer la base del éxito japonés, pero mientras tanto respondieron con una amplia gama de acciones apoyadas en las tecnologías de Automatización, Robótica, CAD/CAM/CAE, Análisis de Valor, Control de Calidad, Tecnologías de la Información y otras más. Tecnologías que aparecieron para compensar una balanza desfavorable determinada por su debilidad en la fuerza del trabajo.

Estas tecnologías, en principio excesivamente caras, resultaron altamente improductivas al utilizarse con estructuras, prácticas y actitudes ya existentes. Los productos continuaron llegando al mercado con niveles insatisfactorios de calidad y, a menudo, demasiado tarde para conseguir los objetivos de ventas y beneficios. Aunque los

esfuerzos realizados fueron importantes, sin embargo, los éxitos tuvieron efecto sólo a corto plazo.

Con esta experiencia negativa, las empresas empiezan a comprender que una de las debilidades es la ausencia de una conexión entre su objetivo principal y las actuaciones innovadoras realizadas hasta el momento, y que es necesario el análisis de las causas de esta ruptura.

Para las empresas el principal objetivo consiste en detectar y satisfacer las necesidades del cliente, con ello la empresa tendrá el mercado asegurado y, por lo tanto, su porvenir. Para ello la empresa tiene que desplegar toda una cadena de valor (Figura 1.1) que permitirá suministrar los productos o servicios en las condiciones que satisfacen estas necesidades de los clientes [Kaplan, 97].

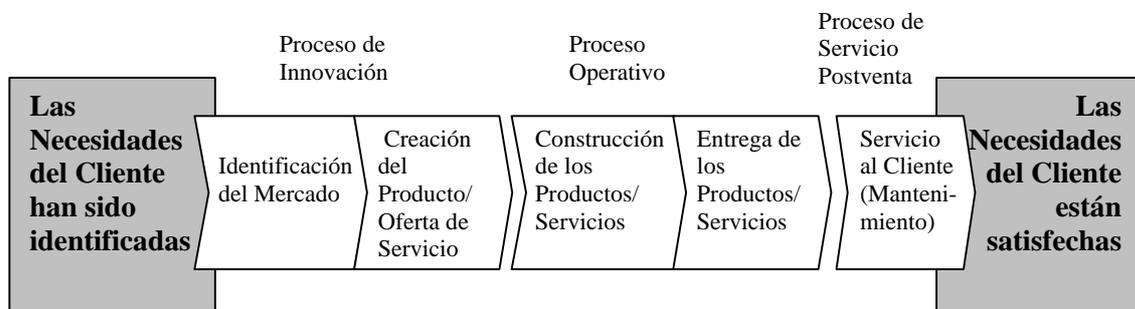


Figura 1.1. Modelo de Genérico de Cadena de Valor. (fuente Kaplan [Kaplan, 97])

La visión de la empresa a través de la cadena de valor permite a esta desarrollar una gestión por procesos, rompiendo así con los modelos tradicionales. Gestión por procesos que toma cada día más fuerza en los modelos de gestión empresarial, pues permite identificar aquellos que deben innovarse continuamente para conseguir satisfacer las necesidades del cliente. A su vez, la gestión por procesos permite conectar ese objetivo principal con las actuaciones de innovación, que pueden afectar tanto a los procesos estratégicos, como a los de creación de valor o a los de apoyo (Figura 1.2).

En este contexto, está claro que todas las acciones de innovación tecnológica y organizativa de los procesos deben nacer de la planificación estratégica de la empresa, que es la que permite maximizar la competitividad de la empresa optimizando su contribución a la cadena de valor. Planificación estratégica que determina cómo se quiere competir en un horizonte temporal y que puede ser, básicamente, bien siendo líderes en costes o diferenciándose en el producto [Jarrillo, 90].

Como ya hemos comentado con anterioridad, las empresas no han sabido adaptar las nuevas tecnologías a la organización para conseguir estos objetivos estratégicos. La causa puede buscarse en que los entornos de las nuevas tecnologías de la información exigen tener nuevas capacidades para obtener el éxito competitivo [Cash, 89]. Muchas veces el origen fundamental de este problema se debe a que la estrategia de la empresa no ha sido definida claramente o no se ha contemplado la nueva problemática [Applegate, 96].

La mayoría de los autores ([Kaplan, 97], [Hammer, 93], [Davenport, 93], [Humphrey, 89b]) coinciden en que, para solucionar esta falta de entendimiento, la alta dirección debe ser capaz de transmitir la **estrategia** de su unidad de negocio hacia los niveles inferiores, definiendo unos objetivos estratégicos específicos que podrían concretarse en acciones que se apoyarán en nuevas técnicas o tecnologías. En el sentido contrario, podrá asegurarse que todos los esfuerzos realizados en la parte operativa están totalmente alineados con la estrategia que dirigirá la acción futura de la empresa y determinará las nuevas inversiones a medio y largo plazo en lo referente a empleados, procesos y tecnología.

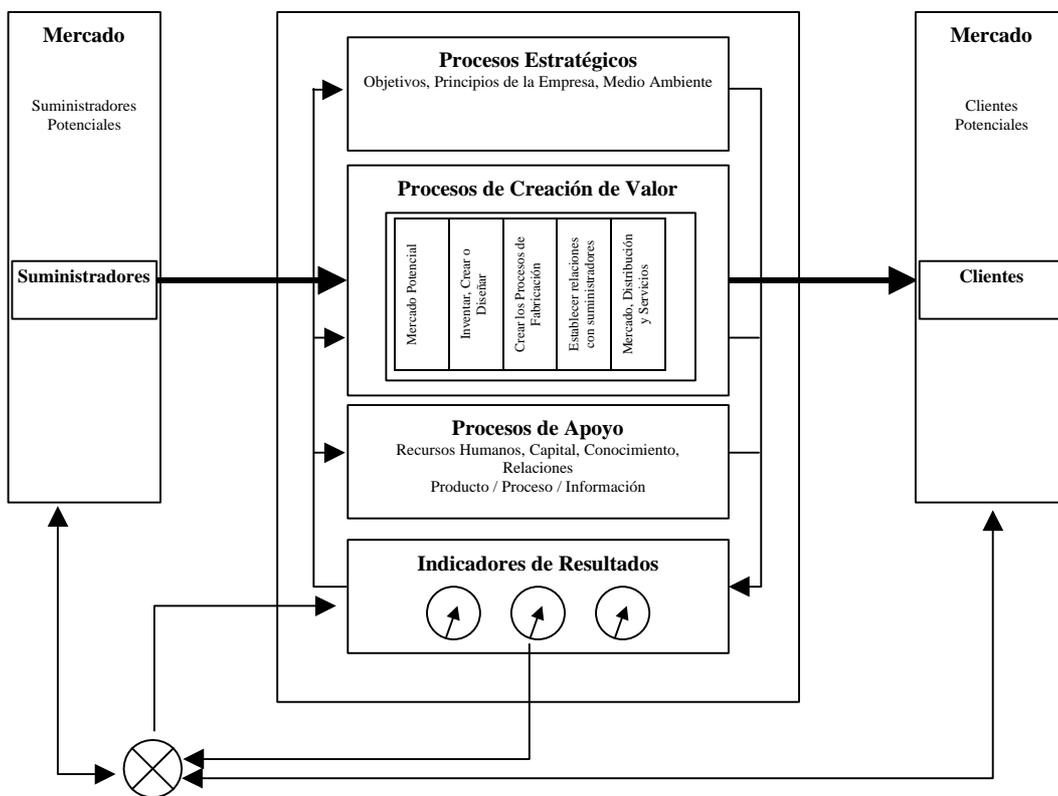


Figura 1.2. Modelo de Gestión por Procesos.

Veamos en primer lugar, con la intención de clarificar la terminología utilizada, qué se entiende por estrategia. No existe un concepto claramente definido de estrategia, la misma palabra puede utilizarse enfatizando distintos aspectos como “*ser un patrón de decisiones, determinar el propósito organizativo, seleccionar los negocios en los que la organización va a operar o comprometer a todos los niveles jerárquicos de la empresa en la creación de valor*” [Cuervo, 98].

Para nosotros, y atendiendo al ámbito de aplicación de estas nuevas tecnologías, estrategia será “*todo aquél conjunto de reglas que asegure una decisión óptima en cada momento para su implantación y desarrollo, de forma que se refuerce su alineamiento con los objetivos globales de la organización*”. La dirección estratégica comprenderá entonces todas aquellas actividades realizadas por la alta dirección que permitirán conseguir estos objetivos.

De forma global, podemos decir que la dirección estratégica comprende básicamente tres ámbitos. El *análisis estratégico* que implica la investigación de la misión, los valores y los objetivos de la empresa junto con el estudio del entorno y de los recursos; la *formulación de la estrategia* que debe realizarse a escala corporativa, de negocio y funcional; y la *implantación de la estrategia* donde es necesario estudiar la estructura organizativa de la empresa, sus capacidades, y su planificación y control.

Para el despliegue de la estrategia, llevado a cabo por la dirección, es conveniente que esta lleve asociada toda una serie de medidas o indicadores de resultados (Figura 1.2), que permitirán controlar si se ha definido y formulado claramente la estrategia, y si se está implantando de forma correcta. Por ejemplo, Prasad [Prasad, 96a] propone un sistema de indicadores estratégicos globales para la alta dirección, que nos permitirán evaluar esta mejora de la competitividad (Figura 1.3) y que deberán concretarse posteriormente en indicadores específicos para cada proceso que se desee innovar.

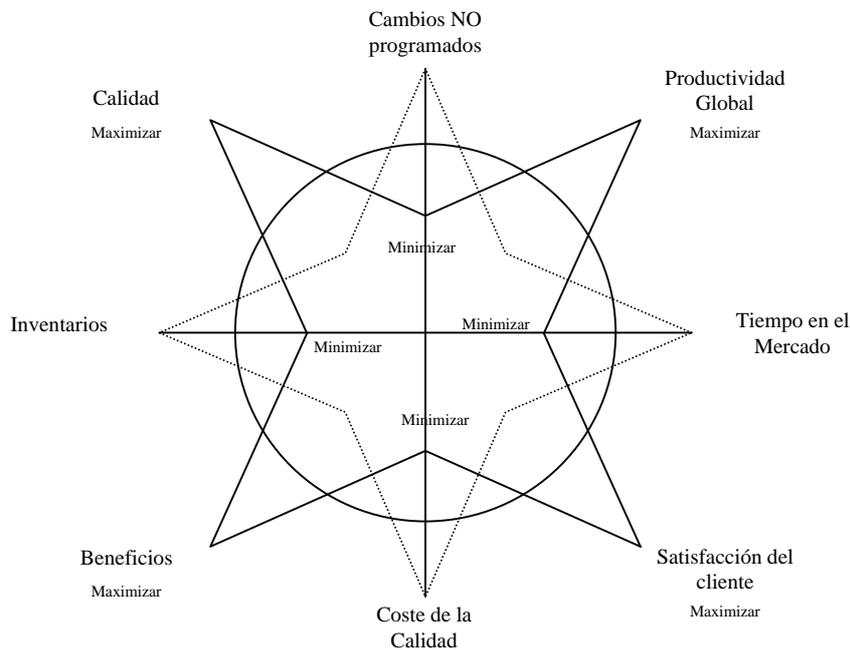


Figura 1.3. Indicadores estratégicos de competitividad (fuente [Prasad, 96a]).

A la hora de establecer esta estrategia surge la necesidad de contemplar las interacciones de las nuevas tecnologías. Para ello, es necesario la definición de nuevos **modelos** empresariales que faciliten la integración de las distintas actividades con sus diversos objetivos y utilizando las ventajas de las nuevas herramientas, proporcionando así una nueva perspectiva para la gestión estratégica.

En resumen, la dirección deberá adoptar un modelo que le permita identificar las áreas susceptibles de mejora para incrementar su competitividad. Modelo que requerirá a su vez de sistemas de indicadores que permitirán identificar cuál es el grado de innovación necesario para los procesos seleccionados de forma que se alineen con la estrategia global.

1. 2. Tendencias en los Modelos Empresariales.

La concepción de la empresa como un conjunto de disciplinas aisladas es cosa del pasado; existen nuevos planteamientos teóricos y prácticos, desarrollados en los últimos años, acerca de los procesos integrales e interdisciplinarios de todas las funciones parciales de la empresa.

En la actualidad, las empresas suelen estar organizadas en departamentos especializados en determinadas funciones o áreas de actividad. Este modelo crea organizaciones caracterizadas por un movimiento secuencial de información y de productos entre los departamentos de la empresa. En la Figura 1.4 se muestra una clasificación típica de las funciones en la empresa. Las funciones primarias son aquellas en las que se añade valor al producto. Las funciones de apoyo son necesarias para la eficacia a corto y largo plazo de las funciones primarias.

Las empresas cuya organización se basa en el punto de vista funcional en exclusiva (*enfoque funcional*), suelen estar caracterizadas por una falta de coordinación entre los distintos departamentos especializados. Esto dificulta alcanzar ventajas competitivas, incluso en empresas en las que los departamentos son gestionados eficientemente, debido a que se difumina el esfuerzo entre las distintas áreas de la empresa [Hayes, 88].

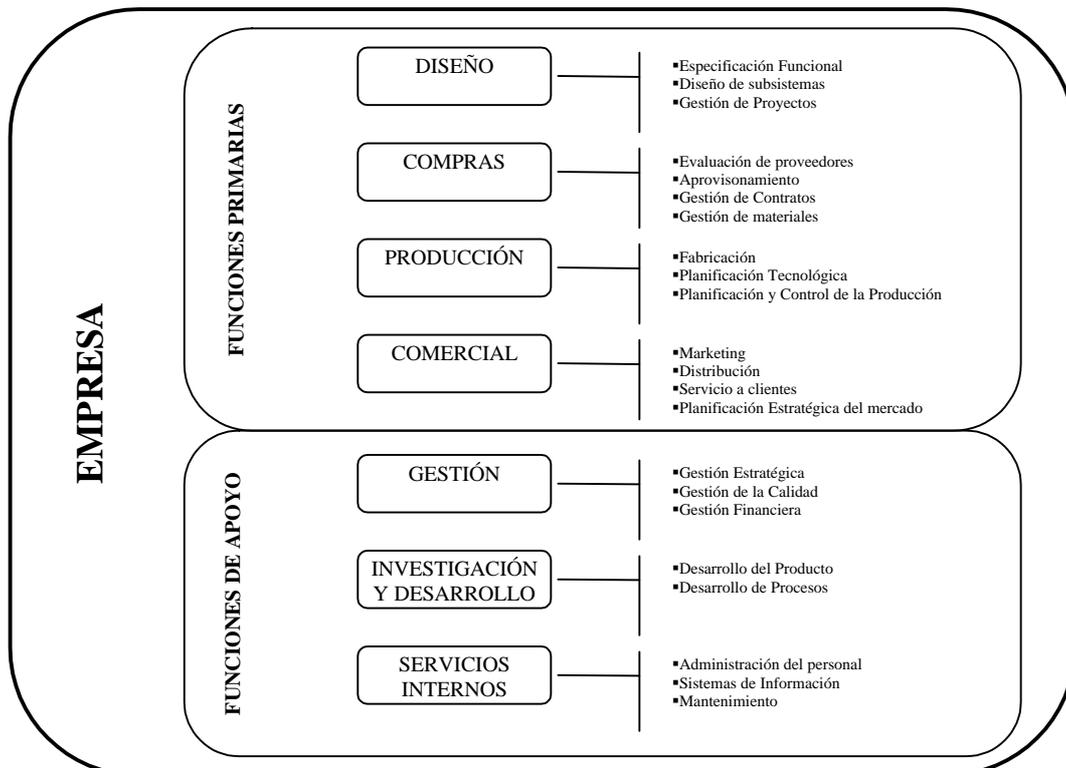


Figura 1.4. Enfoque por Funciones.

Por tanto, es necesario el estudio de las distintas actividades de la empresa desde otro punto de vista de manera que quede reflejada la aportación de cada una de ellas en el proceso y cómo interaccionan en su desarrollo. Un nuevo enfoque que debe ser capaz de brindarnos la información necesaria para comprender la importancia de esta integración de actividades [Davenport, 93].

Por otra parte, cuando analizamos problemas relacionados con la complejidad de las organizaciones actuales, en las que se dan interacciones entre muchas variables, las teorías y enfoques tradicionales no son suficientes para resolverlos, ya que la empresa de nuestros días se caracteriza, entre otros, por los siguientes factores:

- Los distintos elementos están interrelacionados entre sí por relaciones causales, frecuentemente fuertes y no lineales, muchas de las cuales se cierran formando bucles de realimentación.
- Existen retrasos e inercias en los flujos de materia y de información.
- Los objetivos empresariales son múltiples y, frecuentemente, en conflicto.
- Se da una constante interacción con un entorno cambiante, lo cual exige una adaptación continua.
- El comportamiento de la empresa es provocado por la estructura interna (formada por los bucles de realimentación) y por la interacción con el entorno.

Dentro de este contexto, el enfoque analítico clásico no es suficiente, pues supone:

- Descomponer en partes elementales y, por tanto, no se consideran muchas interacciones y se pierde la percepción de conjunto.
- Trabajar con hipótesis de relaciones causa-efecto unidireccionales y lineales, lo que implica perder de vista los bucles de realimentación.
- Suponer que la suma de los comportamientos de las partes estudiadas representa el comportamiento del conjunto, lo cual es absolutamente falso dada la sinergia provocada por las interacciones.
- Prever el futuro a partir de estadísticas de los comportamientos pasados, lo cual, por una parte, es dudoso en un contexto de cambio y, por otra, suele implicar el decidir en base a los efectos/síntomas y no a las causas.
- Considerar con frecuencia el sistema empresa como cerrado, lo cual es falso debido a la presencia de un entorno influyente y cambiante.

En este sentido, existen ciertos enfoques que tratan la empresa desde una perspectiva globalizadora para poder abordar la problemática de la empresa científicamente, teniendo en cuenta tanto la interdependencia entre sus componentes como sus relaciones con el entorno. Cabe destacar entre ellos el enfoque sistémico.

El *planteamiento sistémico* expone que no podemos establecer correctamente un método de control o prevenir el comportamiento de un sistema como la empresa sin considerar las interdependencias claves existentes entre sus elementos. Se deben concebir las empresas como grandes sistemas dinámicos que engloban distintos tipos de interacciones entre sus elementos, una necesidad que se hace más crítica a medida que se asciende por los niveles jerárquicos de la empresa.

Dentro del enfoque sistémico, el enfoque por procesos (Figura 1.5) añade una nueva dimensión al tener en cuenta que la empresa opera mediante procesos que atraviesan las distintas funciones.

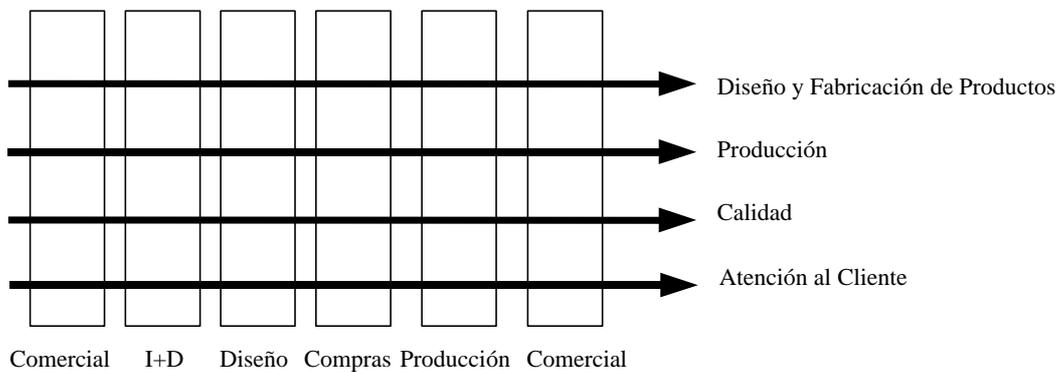


Figura 1.5. Enfoque por Procesos.

Por ejemplo, en el *proceso de desarrollo de un nuevo producto* el trabajo se inicia con la investigación de mercados por parte del departamento *Comercial*. Como resultado de esta investigación se especifican la forma, las funciones y demás requisitos (costes, calidad, etc.) que el producto debe tener para poder competir con éxito en el mercado. Una vez aprobado el proyecto, *Ingeniería de Diseño* determina todas las características que debe tener el producto hasta el más mínimo detalle. Posteriormente se realiza el diseño del conjunto resolviendo todos los aspectos planteados por el departamento comercial.

En el siguiente paso, la oficina de diseño dibuja el plano de detalle de todas las piezas o componentes, en el que indica las exigencias impuestas por el proyectista, de forma que cada pieza cumpla sus funciones. Para ello, entre otras especificaciones, se acotan las superficies funcionales y se indican las tolerancias dimensionales, de forma y posición, que son exigibles a cada la pieza.

A partir de aquí, *Ingeniería de Fabricación* planifica las operaciones de fabricación y de control. Se concretan las operaciones, las máquinas y las rutas a seguir, de forma que se asegure que el proceso es consistente con las especificaciones de diseño y los criterios de competitividad del producto. Cabe recordar que para la obtención de las piezas y su ensamblaje, cumpliendo los requisitos, pueden existir diversas alternativas: preconformado por moldeo aproximándonos a la forma definitiva con acabado posterior por arranque de material, conformado total por arranque de viruta o deformación plástica, y procesos de ensamblaje como unión mecánica o soldadura, entre otros.

Una vez seleccionados los procesos, *Producción* efectúa la planificación de la producción y la fabricación del producto, *Compras* se encarga del aprovisionamiento de materiales y componentes y, finalmente, *Comercial* comercializa el producto.

La gestión adecuada de estos procesos exige establecer vías de comunicación efectivas entre las áreas funcionales y, si es posible, que las actividades entre las funciones se realicen en paralelo, compartiendo la misma información [ElWakil, 98]. Una organización que adopta el enfoque por procesos es más fácil de mejorar, pues se pueden definir medidas que evalúen costes, tiempos y calidad de los procesos.

Pero este enfoque por procesos necesita de un entorno marco donde desarrollarse y que permita integrar diferentes aspectos. Definir este marco ha sido un objetivo constante de muchas organizaciones gubernamentales y académicas, y como resultado se han obtenido toda una serie de modelos empresariales de excelencia. Modelos que en la actualidad sirven de referencia a muchas empresas.

1. 3. Modelos de Excelencia.

Las empresas, los gobiernos actuales y las instituciones académicas están cada día más comprometidos con el establecimiento de un marco de referencia que sirva de modelo para la excelencia empresarial. Fundamentalmente existen dos grandes líneas de modelos de excelencia, los de ámbito general y los de carácter particular para empresas manufactureras.

Los modelos empresariales de excelencia de ámbito general tratan de evaluar si las empresas están implicadas en la promoción de la calidad total y hasta qué grado. Modelos de referencia que buscan unificar criterios, evitando de esta manera la proliferación de modelos para la gestión de la calidad total, de forma que las empresas pueden así compararse con el modelo y comprobar si están cumpliendo los criterios de calidad exigidos.

Es pues importante conocer estos nuevos modelos que buscan la calidad empresarial, orientando la excelencia en este milenio, de entre los cuales cabe destacar: el modelo de calidad norteamericano, *Malcolm Baldrige*; y el modelo de calidad europeo de la *Fundación Europea para Gestión de la Calidad (European Foundation for Quality Management, EFQM)*.

Estos modelos son el resultado de múltiples iteraciones llevadas a cabo en estudios y propuestas realizadas por instituciones académicas y gobiernos. Modelos que contemplan las distintas interrelaciones existentes dentro y fuera de la empresa, que se realimentan constantemente y que van convergiendo como fruto de su madurez a través del tiempo.

Por otra parte, se encuentran las propuestas de modelos de excelencia de carácter particular, orientados a empresas manufactureras, como las realizadas por la *Sociedad de Ingenieros de Fabricación (Society of Manufacturing Engineers, SME)* y por el proyecto denominado “La Fabricación de la Próxima Generación” (“*Next Generation Manufacturing*”, *NGM*).

Estos últimos modelos de excelencia contemplan explícitamente la nueva problemática de las Tecnologías de la Información en toda su extensión, no sólo desde el punto de vista tecnológico sino también como herramientas de apoyo para la innovación de productos.

Cabe destacar que el modelo *NGM* es consecuencia de la cooperación entre el *Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.)*, la sociedad *Agility Forum* y el proyecto *TEAM (Technologies Enabling Agile Manufacturing)* desarrollado en el *Concurrent Engineering Center* del *Oak Ridge Centers for Manufacturing Technology (EE.UU.)*.

1. 3. 1. Baldrige National Quality Program.

El primero de los modelos de excelencia empresarial de obligada referencia fue definido por Malcolm Baldrige, a partir del cual se creó el programa nacional de calidad norteamericano que lleva su nombre.

El *Baldrige National Quality Program* [NIST, w3], depende del *Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (National Institute for Standards and Technology, NIST)* del Ministerio de Comercio Norteamericano. A través del mismo se conceden los premios de calidad *Malcolm Baldrige* a las empresas implicadas en la mejora continua.

El 'Criterio para Medir la Excelencia' en el modelo de Calidad *Malcolm Baldrige* se basa en un marco orientado a valorar resultados integrados, para implantar y evaluar los procesos de gestión de todas las operaciones [Baldrige, 99]. El criterio establece siete categorías de interés en la empresa:

Liderazgo: Sistemas de liderazgo de la compañía, valores, expectativas y responsabilidades públicas.

Planificación Estratégica: Eficiencia de la planificación estratégica corporativa y de los diferentes negocios, así como en el desarrollo de planes, con un enfoque claro hacia el cliente y hacia los requisitos de los indicadores operativos.

Enfoque hacia el cliente y el mercado: Cómo la compañía determina los requerimientos del cliente, del mercado y sus expectativas, y cómo potencia su relación con los clientes y determina su satisfacción.

Información y Análisis: Eficiencia en la recopilación de información y en su análisis para mejorar los indicadores de excelencia orientados al cliente y alcanzar el éxito en el mercado.

Enfoque de Recursos Humanos: Capacidad para obtener el máximo potencial de la fuerza del trabajo y crear así una organización con buenas prestaciones.

Gestión por Procesos: Eficiencia de los sistemas y procesos para asegurar la calidad de los productos y servicios.

Resultados del Negocio: Indicadores de Resultados, tendencias y comparaciones con los competidores en las áreas clave de negocio: satisfacción del cliente, cuota de mercado, recursos financieros, recursos humanos, socios, suministradores y operaciones.

El Criterio de Calidad *Malcolm Baldrige* se centra fundamentalmente en los indicadores de resultados de cinco perspectivas: Cliente, Financiera, Recursos Humanos, Socios y Suministradores, y Eficiencia Organizativa. La finalidad es asegurar que las estrategias están equilibradas y que la empresa no trabaje inapropiadamente, armonizando las metas a corto y largo plazo y alineando estas con los objetivos estratégicos planteados.

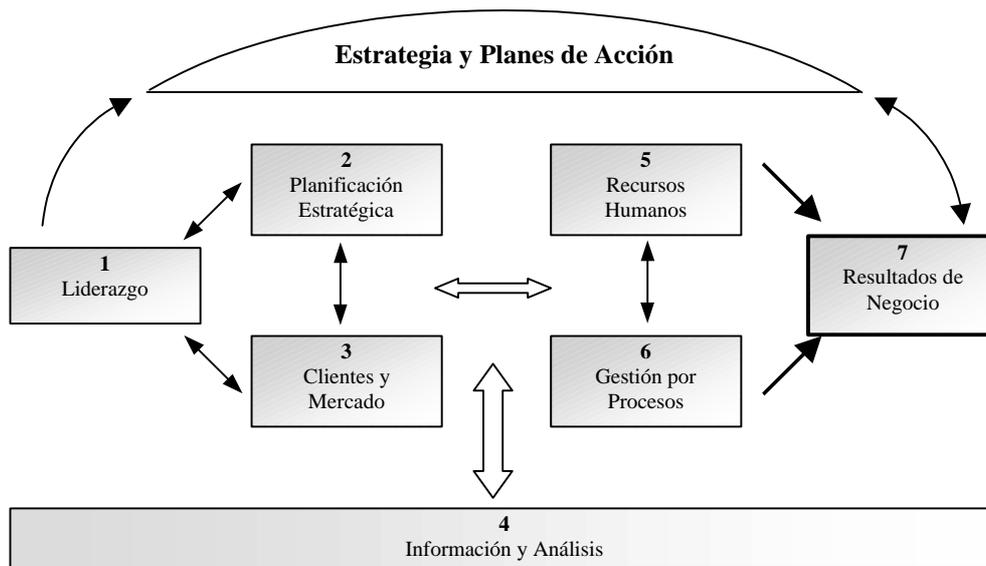


Figura 1.6. Modelo de excelencia Malcolm Baldrige.

Como podemos observar el modelo está constituido básicamente por tres elementos básicos: la estrategia y planes de acción, el sistema (que se divide en seis categorías mencionadas anteriormente) y la información y análisis.

1. 3. 2. European Foundation for Quality Management.

El modelo de excelencia empresarial de la Fundación Europea para Gestión de la Calidad (*European Foundation for Quality Management*, EFQM) es una herramienta diseñada para ayudar a las organizaciones a establecer unos sistemas adecuados de gestión. El modelo EFQM [EFQM, 99], establece un marco que identifica la empresa desde diferentes enfoques para conseguir una excelencia sostenible, definiendo varios criterios de evaluación fundamentales que son: Orientación a Resultados, Enfoque al Cliente, Liderazgo, Gestión por Procesos y Actividades, Implicación de las Personas de la Organización, Formación y Mejora Continua, Despliegue de Alianzas o Responsabilidad Pública.

El modelo EFQM (Figura 1.4) está basado en estos nueve criterios básicos, cinco de los cuales se conocen como ‘agentes facilitadores’ y cuatro como ‘resultados’. Los primeros se refieren a los que la organización hace y los segundos a lo que la organización logra. Obviamente, los resultados son consecuencia de los inductores. El modelo está basado en la premisa de que “*los resultados excelentes respecto a Prestaciones, Clientes, Gente y Sociedad se consiguen a través de las Alianzas, los Recursos y los Procesos*”. Las flechas indican la naturaleza dinámica del modelo, proponiendo como realimentación la innovación y aprendizaje, para así potenciar los agentes facilitadores que, a su vez, revertirán en mejores resultados [EFQM, w3]. Cada uno de los criterios es evaluado determinando el grado de cumplimiento de la empresa y la forma para acceder a la excelencia. Se definen de la siguiente forma:

Orientación a Resultados: La excelencia depende de cómo se equilibran y satisfacen las necesidades de todos los interesados de la empresa (accionistas, empleados, clientes, suministradores y la sociedad en general) y los recursos financieros de la organización.

Enfoque al Cliente: El cliente es el que percibe realmente la calidad de un producto o servicio; por tanto para ganar cuotas de mercado y mejorar en la lealtad del cliente se deben definir claramente las necesidades de los clientes actuales y potenciales.

Liderazgo: El comportamiento de los líderes de la organización clarifica y unifica los propósitos de la organización.

Gestión por Procesos y Actividades: Las organizaciones se desarrollan más eficientemente cuando todas las actividades interrelacionadas se comprenden y gestionan sistemáticamente, y las decisiones son planificadas. Las mejoras se realizan utilizando información fiable que incluya desde las perspectivas del mercado hasta las percepciones de los accionistas.

Implicación de las Personas de la Organización: El potencial de la gente involucrada en la organización se mejora a través de valores compartidos y culturas de delegación de responsabilidad y autoridad, que realzan la participación de todo el mundo.

Formación y Mejora Continua: El rendimiento de la organización mejora cuando la planificación estratégica contempla la gestión y distribución del conocimiento, apoyada con el desarrollo de una cultura de formación, innovación y mejora continua.

Despliegue de Alianzas: Una organización trabaja de forma más efectiva cuando consigue beneficios mutuos con diversos socios, basando sus relaciones en la confianza, el uso compartido de la información y la integración de los procesos.

Responsabilidad Publica: El éxito a largo plazo de la organización se consigue adoptando un enfoque ético y cumpliendo las expectativas y regulaciones de la comunidad.

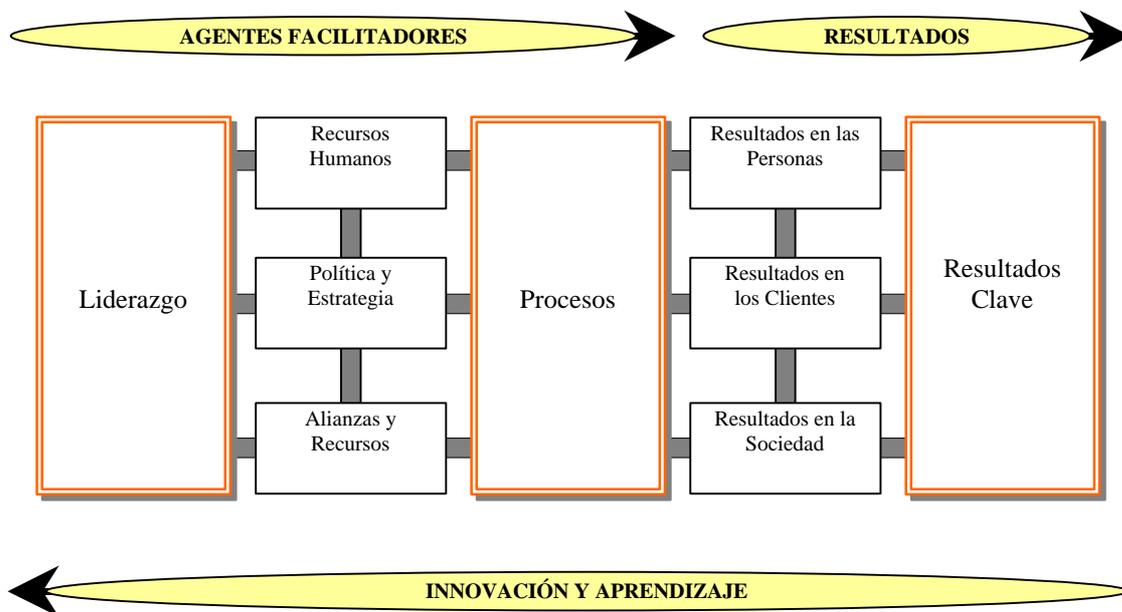


Figura 1.7. Modelo EFQM (fuente: [EFQM,99]).

Como podemos observar, el modelo EFQM establece la necesidad de relacionar los criterios fundamentales de la empresa. La consecución de los estándares de calidad establecidos se alcanzará a través de un proceso de desarrollo de producto que contemple e integre todos estos criterios.

1. 3. 3. Modelo de Empresa Manufacturera de la SME.

Las Tecnologías de la Información han significado una segunda revolución industrial, mucho más profunda y amplia que la proporcionada por la máquina de vapor. La competitividad, y por tanto la supervivencia de la empresa actual, viene determinada en buena medida por su adaptación a este entorno cambiante aprovechando las ventajas que ofrecen estas nuevas herramientas.

Considerando estos factores, la *Asociación de Sistemas Automatizados y Computadoras* de la Sociedad de Ingenieros de Fabricación (*Computer and Automated Systems Association of the Society of Manufacturing Engineers, CASA/SME*), publicó en 1985 su visión integradora de la empresa mediante un gráfico (*Rueda de la Fabricación Integrada por Ordenador, CIM wheel*), que simboliza la estructura general de la empresa. Este gráfico, que fue aceptado de forma general, demostró que la fabricación había entrado en la nueva era de las Tecnologías de la Información, donde las computadoras iban a ser fundamentales para gestionar la empresa manufacturera, y proporcionó una arquitectura de referencia [Rehg, 94].

Sin embargo, este modelo no articuló bien temas tan importantes como la necesidad de simplificar los procesos antes de su automatización, o la interacción de la empresa con sus clientes y suministradores. Por esto se estableció un nuevo modelo que buscara la integración empresarial a todos los niveles, incidiendo especialmente en la ruptura de las barreras existentes entre diseño y fabricación.

En el año 1993 vio la luz la nueva *Rueda de la Empresa Manufacturera* [CASA, 93] que actualizaba la visión anterior de la empresa, basada únicamente en la integración y automatización interna, haciéndola mirar ahora hacia el exterior y considerando todos los factores del entorno. Una nueva rueda que aporta la comprensión de seis áreas dentro de la empresa:

- El papel central de una visión y misión orientada al cliente, que oriente el esfuerzo hacia la mejora continua.
- La importancia de las redes de trabajo y de los equipos en el nuevo entorno de fabricación.
- La importancia de las herramientas asistidas por ordenador, que se incrementan día a día y pueden distribuirse en redes locales para apoyar el trabajo en equipo.
- Un enfoque hacia los procesos clave y las mejores prácticas en toda la empresa, desde mercadotecnia hasta apoyo al cliente, pasando por diseño y fabricación.
- Reconocimiento del abandono de estructuras burocráticas por organizaciones más ágiles.
- La necesidad de integrar también el conocimiento del entorno exterior, incluyendo clientes, competidores, suministradores y la infraestructura global de formación (universidades, centros, asociaciones, etc.).

Esta nueva *Rueda de la Empresa Manufacturera* es, esencialmente, un marco para acceder al conocimiento y a la organización. La rueda describe seis factores de éxito críticos, pertenecientes a distintos niveles, que permitirán conseguir una fabricación competitiva (Figura 1.8).

1. El papel central del **Cliente** y de las necesidades que le rodean. Una comprensión clara del mercado y de los deseos del cliente es clave para el éxito. Mercadotecnia, Diseño, Fabricación y Servicio deben alinearse para encontrar y satisfacer las necesidades de los clientes. Este es el punto de mira, el eje de la rueda; la visión y misión de la empresa debe estar dirigida al cliente.
2. El papel de las **Personas y de los Equipos en la Organización**. Aquí están incluidos los medios para organizar, subcontratar, formar, incentivar, medir y comunicar asegurando así la cooperación y el trabajo en equipo. Este nivel de la empresa se transforma en ideas como equipos autogestionados, equipos de equipos, el conocimiento dentro de la organización, liderazgo, indicadores, sistemas de recompensas, círculos de calidad y cultura corporativa.
3. El revolucionario impacto de los **Sistemas** y del **Conocimiento Compartido** para apoyar a las personas y los procesos. Aquí se incluyen las herramientas de trabajo tanto manuales como asistidas por computadoras que ayudan en la investigación, análisis, innovación, documentación, toma de decisiones y control de cada proceso en la empresa.
4. La importancia de incidir en los **Procesos Clave**, que se dividen en tres categorías principales: *Definición de Producto y Procesos*, *Fabricación* y *Apoyo al Cliente*. Dentro de estas categorías se contemplan 15 procesos clave que abarcan todo el Ciclo de Vida del Producto.
5. Los **Recursos** de la Empresa (inputs) y **Responsabilidades** (outputs). Recursos que incluyen capital, personas, materiales, gestión, información, tecnología y suministradores. Por otra parte, las responsabilidades incluyen todo aquello que afecta a los empleados, inversiones y relaciones con la comunidad, como legislación, ética y obligaciones con el medio ambiente. En la nueva empresa manufacturera las funciones administrativas, aunque no aparecen en el gráfico, son una pequeña capa alrededor de la periferia que aportan nuevos recursos dentro de la empresa y sostienen los procesos clave.
6. La **Infraestructura de la Fabricación**. Una compañía no puede verse a sí misma como autosuficiente, ya que su éxito depende de clientes, competidores, suministradores y otros factores del entorno. La infraestructura de la fabricación incluye: a los clientes y sus necesidades, suministradores, trabajadores futuros, distribuidores, recursos naturales, mercados financieros, comunidades, gobierno e instituciones educativas y de investigación.

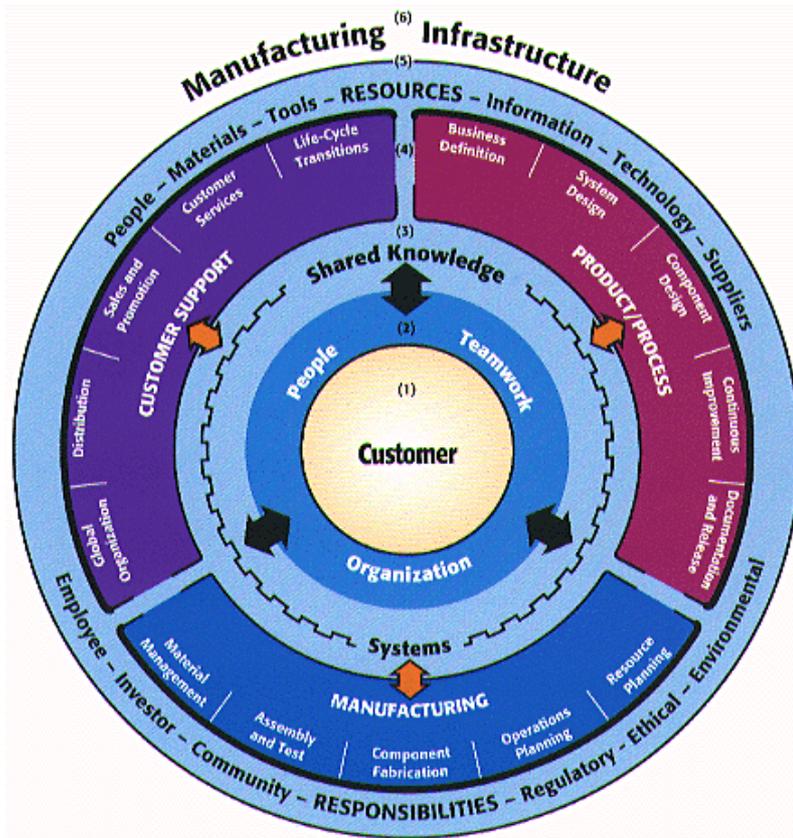


Figura 1.8. Rueda de la Empresa Manufacturera (Copyright ©, 1993, Third Edition. Society of Manufacturing Engineers Dearborn, MI 48121).

A partir de este nuevo concepto de estructura empresarial se requiere la conexión de todas las unidades funcionales de la empresa (procesos clave para la SME), incorporando las Tecnologías de la Información y de la Comunicación, y automatizando prácticamente en todas las áreas de la producción.

1.3.4. La Fabricación de la Próxima Generación.

La necesidad de dar una solución a la cuestión de cómo las empresas manufactureras pueden responder a los continuos cambios globales, ha llevado a distintas organizaciones gubernamentales norteamericanas a desarrollar un modelo para las empresas de fabricación del futuro y definir unas acciones para conseguir esa posición.

De alguna manera la rueda definida por CASA orientó el camino inicial del proyecto 'La Fabricación de la Próxima Generación' ("Next Generation Manufacturing", NGM).

El modelo propuesto por el proyecto NGM [NGM, 97] proporciona un marco para evaluar el ámbito de negocio de una empresa y desarrollar respuestas estratégicas para conseguir el éxito en la próxima generación de empresas.

El marco de la NGM utiliza una estructura jerárquica que identifica en primer lugar las **Directrices Globales** de los nuevos mercados. A partir de estas, se derivan una serie de **Atributos** que deben poseer las compañías y empresas de la *Próxima Generación*. Seguidamente se identifican una serie de barreras y **Dilemas** resultantes que se deben superar para conseguir los atributos de la Fabricación de la Próxima Generación. A continuación se identifican las palancas que posibilitan superar estas barreras, conocidas como **Imperativos**. A partir de los imperativos surgen unos **Planes de Acción Recomendados**, que deben realizarse para dirigir la empresa hacia la Próxima Generación (Figura 1.9).

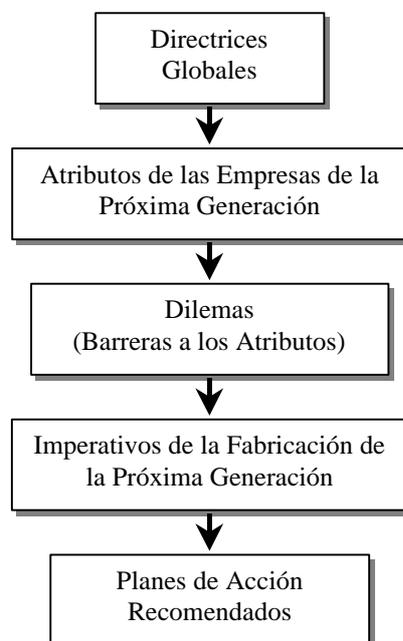


Figura 1.9. Marco del proyecto NGM.

Entre las Directrices Globales encontramos las fuerzas que orientan el entorno competitivo del futuro y que existen independientemente de las acciones de cualquier empresa individual. Estas Directrices son *la disponibilidad y ubicación de la información, los rápidos cambios en la tecnología, el acceso a la tecnología, la globalización de mercados, la correspondencia entre la experiencia y su remuneración, la responsabilidad medioambiental y la limitación de recursos y, finalmente, el incremento de las expectativas de los clientes.*

La respuesta a estas nuevas fuerzas del mercado obliga a que las empresas manufactureras de la próxima generación posean un conjunto integrado de atributos, que NGM define como aquellas capacidades que permiten dar o conseguir:

- Respuesta al Cliente.
- Respuesta en Equipamiento y Maquinaria de Producción.
- Respuesta en Recursos Humanos.
- Respuesta a los Mercados Globales.
- Trabajo en Equipo como núcleo para la competitividad.
- Cultura y Prácticas como modos de reacción.

Atributos que necesariamente tendremos que medir, para así comprobar su alineamiento con la estrategia de la empresa.

Por otra parte, en el intento de encontrar caminos evolutivos para conseguir estos atributos los líderes de ciertas industrias, que buscan más allá, han encontrado que muchas de las características deseadas para los entornos que envuelven los negocios están en conflicto. Unas paradojas que presentan dilemas que se deben resolver:

- Seguridad en el empleo sin ser necesario un contrato de por vida.
- Satisfacción de todos los accionistas, clientes y empleados.
- Conocimiento compartido sin crear un ambiente hostil.
- Competencias sobre el control de asuntos importantes sin adueñarse de ellos.
- Gestión de los bienes de la empresa, siendo el más valioso el conocimiento.
- Mantener los mercados locales mientras se desarrollan los globales.
- Recompensar el aprendizaje en un ambiente de incentivos por objetivos.
- Trabajar con empresas fuera de las fronteras nacionales.

Desde esta perspectiva, el proyecto de *Fabricación de la Próxima Generación* ha identificado un conjunto de prácticas y tecnologías genéricas que son críticas para conseguir los atributos de la NGM y resolver los problemas que plantean los dilemas. NGM ha agrupado estas prácticas y tecnologías en cuatro grandes bloques de imperativos (Figura 1.10):

- Imperativos relacionados con los Recursos Humanos.
- Imperativos relacionados con los Procesos.
- Imperativos relacionados con la Tecnología.
- Imperativos relacionados con la Integración.

Estos imperativos se concretan en diez independientes entre sí, que deben ser del máximo interés para las empresas y dirigirse simultáneamente para conseguir optimizar el rendimiento de la empresa.

Imperativos relacionados con los Recursos Humanos.

- Flexibilidad en el Trabajo.
- Conocimiento de la Cadena de Valor.

Imperativos relacionados con los Procesos.

- Realización Rápida de Productos y Procesos.
- Gestión de la Innovación.
- Gestión del Cambio.

Imperativos relacionados con la Tecnología.

- Procesos y Equipamiento de Fabricación de la Próxima Generación.
- Simulación y Modelización presente en toda la Organización.
- Sistemas de Información Dinámicos y de Rápida Respuesta.

Imperativos relacionados con la Integración.

- Colaboración Empresarial en todos los ámbitos.
- Integración Empresarial.

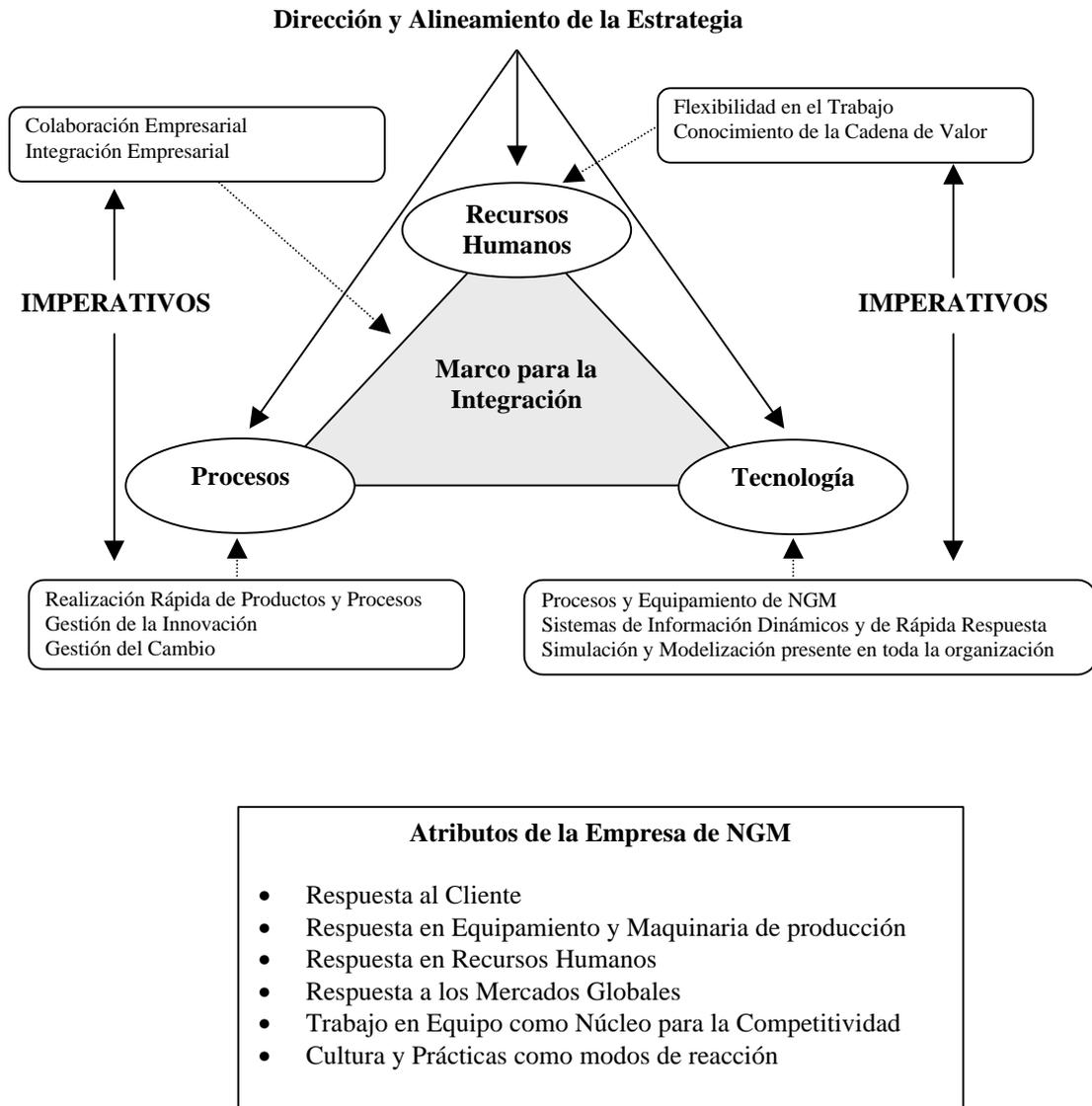


Figura 1.10. Modelo de Excelencia NGM.

El modelo NGM realiza una serie de correlaciones entre los imperativos y los atributos estableciendo el impacto de cada uno de los imperativos sobre estos últimos (Tabla 1.1). Impacto que puede ser fuerte, moderado o débil, de forma que podemos observar que la mejora de estos imperativos influirá en mayor o menor grado en los atributos.

Impacto en los Atributos →	Respuesta al Cliente	Respuesta en Equipamiento y Maquinaria de producción	Respuesta en Recursos Humanos	Respuesta a los Mercados Globales	Trabajo en Equipo como Núcleo para la Competitividad	Cultura y Prácticas como modos de reacción
	Imperativos					
Flexibilidad en el Trabajo	●	●	●	●	●	●
Conocimiento de la Cadena de Valor	○	○	●	○	●	▶
Realización Rápida de Productos y Procesos	●	▶	●	●	●	▶
Gestión de la Innovación	●	●	●	●	●	●
Gestión del Cambio	●	●	●	●	●	●
Procesos y Equipos	▶	●	▶	▶	▶	▶
Modelización y Simulación	●	▶	○	●	▶	○
Sistemas Informáticos	●	▶	▶	●	▶	▶
Colaboración empresarial	●	○	▶	●	●	●
Integración Empresarial	●	▶	●	●	●	●

Tabla 1.1. Impacto de los Imperativos sobre los Atributos de NGM. (●=Impacto fuerte, ▶=Impacto moderado, ○=Impacto débil).

Finalmente, el proyecto NGM realiza unas recomendaciones que deben permitir extender este modelo de excelencia a partir de los imperativos expuestos. Entre las recomendaciones orientadas hacia el cambio encontramos:

1. Desarrollar modelos de empresa NGM y modelos de evaluación de las capacidades, para ayudar en su evolución hacia la nueva generación.
2. Implantación y desarrollo de medios tecnológicos y aplicaciones que ayuden a conseguir los atributos del modelo NGM.
3. Desarrollar procesos sistemáticos para capturar el conocimiento en fabricación, permitiendo una integración empresarial real y una realización rápida de productos y procesos.
4. Establecer e implementar metodologías que permitan infundir el concepto de NGM a través de todos los niveles de la empresa.
5. Avanzar en la comprensión de la innovación y de la gestión del cambio para proporcionar una ventaja competitiva a través de mejoras en la productividad.

1. 3. 5. El modelo NGM respecto a los modelos genéricos de excelencia.

En el planeamiento de esta disertación, consideramos importante poder adoptar un modelo de excelencia para la empresa manufacturera que nos permita identificar los procesos clave y guiar eficientemente su innovación con la aplicación de las nuevas tecnologías.

El modelo de excelencia propuesto por la SME es un modelo conceptual que plantea la necesidad de adoptar un enfoque en el que el cliente debe ser el centro sobre el cual deben girar las empresas manufactureras; pero deja sin resolver ciertos aspectos como son su alineación con los modelos de excelencia o estrategias de cambio.

Sin embargo, el modelo propuesto por el proyecto NGM contempla la problemática empresarial desde la perspectiva sistémica y se acerca a los modelos genéricos de excelencia, estableciendo un marco para la transformación de las empresas manufactureras hacia estos nuevos modelos.

Desde nuestro punto de vista, el proyecto NGM es un modelo que se acerca de una manera práctica a la realidad actual de las empresas de fabricación de bienes de consumo y de bienes de equipo. El modelo NGM no sólo cumple los criterios de excelencia de calidad sino que los enfoca hacia las empresas manufactureras por lo que es una referencia válida para nuestro trabajo.

En este sentido consideramos importante comprobar que el modelo NGM satisface los criterios de excelencia propuestos por *Malcolm Baldrige* y EFQM. De los dos modelos lo compararemos únicamente con *Malcolm Baldrige*, pues es de este del que toma referencia por ser un modelo americano.

Para comparar los criterios del modelo de excelencia *Malcolm Baldrige* con NGM debemos hacerlo a través de los atributos que NGM define para la empresa manufacturera del futuro. A primera vista puede parecernos que existe una disparidad, pero simplemente es cuestión de perspectivas distintas, pues *Malcolm Baldrige* plantea un modelo genérico de excelencia válido para cualquier organización perteneciente al ámbito de la fabricación, de los servicios o incluso de las instituciones académicas.

Como podemos observar en la Tabla 1.2, las descripciones de los atributos de NGM coinciden con los siete criterios que evalúa *Malcolm Baldrige* aunque hay que puntualizar varios aspectos:

El criterio de ‘planificación estratégica’ esta contemplado en NGM desde la ‘Respuesta a los Mercados Globales’ y ‘Cultura y Prácticas’.

El criterio de ‘gestión por procesos’ NGM lo enfoca fundamentalmente a los procesos de fabricación, de ahí que lo denomine como la capacidad de dar ‘Respuesta en Maquinaria y Equipos de Producción’.

Los criterios de ‘resultados de negocio’ e ‘información y análisis’ no se define explícitamente como un atributo de la empresa, sino que NGM lo considera como una necesidad de orden superior que implica poder medir en todo momento los atributos para realizar las oportunas correcciones.

Modelo de Excelencia Malcom Baldrige	Modelo NGM
Estrategia y planes de Acción	Dirección y Alineamiento de la Estrategia
<i>Liderazgo</i>	<p>Trabajo en Equipo</p> <p>Fomentar la delegación de autoridad y el trabajo en equipo desde la alta dirección, tanto interna como externamente, para conseguir el conocimiento y la capacidad necesaria para asegurar el desarrollo, entrega y servicio de productos a los clientes y/o mercados.</p>
<i>Planificación Estratégica</i>	<p>Respuesta a los Mercados Globales</p> <p>Desarrollar estrategias de fabricación para anticiparse y responder a los continuos cambios de los mercados globales; con operaciones e infraestructuras establecidas de acuerdo con los mercados locales.</p> <p>Cultura y Prácticas</p> <p>Desarrollar estrategias para responder a los cambios de las demandas de los clientes a través de la estructura organizativa, de la cultura y de los procedimientos.</p>
<i>Clientes y Mercado</i>	<p>Respuesta al Cliente</p> <p>La empresa está orientada a satisfacer de una forma integrada el conjunto de productos y servicios que satisfagan los requisitos de funcionamiento, coste y tiempo demandados por los clientes.</p>
<i>Recursos Humanos</i>	<p>Respuesta en Recursos Humanos</p> <p>La empresa está comprometida en la formación y motivación de los empleados que podrán trabajar en un entorno flexible con una cierta independencia en la toma de decisiones.</p>
<i>Gestión por Procesos</i>	<p>Respuesta en Maquinaria y Equipos de Producción</p> <p>La empresa debe utilizar la base científica de la fabricación, en continuo desarrollo, para implantar equipos y procesos que se puedan adaptar a las nuevas necesidades de producción.</p>
<i>Resultados de Negocio</i> <i>Información y Análisis</i>	<p>Medidas</p> <p>Las empresas que desarrollen los atributos de NGM deberán definir y aplicar un sistema de indicadores apropiado para medir el progreso de los mismos.</p>

Tabla 1.2. Correlación entre los criterios de Calidad de Malcolm Baldrige y los atributos de NGM.

Es decir el modelo NGM podemos considerarlo apropiado para el desarrollo de una visión sistémica que cumpla los modelos de excelencia.

1. 4. El Proceso de Desarrollo de Producto en la Factoría del Futuro.

Los nuevos modelos empresariales están llevando a las empresas hacia planteamientos competitivos a través de la integración de todas las áreas, el enfoque por procesos y el desarrollo de sistemas integrados de dirección estratégica [Erkes, 97].

Si nos fijamos en el modelo básico de la cadena de valor propuesto por Kaplan (Figura 1.1) podemos detectar que existe un proceso que requiere una atención especial, el proceso de innovación. Este proceso es el que, dentro de las empresas manufactureras, conocemos como el **Proceso de Desarrollo de Producto**. En este proceso es donde la empresa puede dar mayor valor al producto creado [Adler, 89].

Las estrategias generales, líder en costes o diferenciación, pueden desarrollarse desde cualquier perspectiva y de muchas formas diferentes; y puede accederse a ellas por diversos caminos tales como las nuevas tecnologías, que permiten economía de escala y reducción de costes, o las alianzas estratégicas. Sin embargo, la innovación en el Proceso de Desarrollo de Producto o la Innovación en los Productos (*Proceso Interno*) es un camino que puede permitir competir en muchas facetas y, por lo tanto, un aspecto que ha requerido últimamente mucha atención por parte de las empresas, especialmente manufactureras [Pugh, 96].

Para competir con éxito en este proceso, las compañías tienen que plantearse el objetivo de reducir continuamente los tiempos de desarrollo, mejorar el coste, las prestaciones y la calidad de sus productos ([Takeuchi, 86], [Peters, 92]). La necesidad de desarrollar productos de calidad líderes en su segmento en un tiempo corto es cada vez más reconocida y de ahí la importancia de una nueva filosofía de trabajo que ofrezca una manera o procedimiento que facilite la consecución de estos objetivos estratégicos [Rzevski, 91].

En este sentido, el modelo NGM proporciona un marco adecuado para la mejora del proceso de desarrollo de producto a través del imperativo de la *Realización Rápida de Productos y Procesos*. Este imperativo propone integrar todos los aspectos relacionados con la *Voz del Cliente* con el Desarrollo Integrado de Productos y Procesos para proporcionar una solución óptima de producto/proceso que satisfaga las expectativas del cliente (Figura 1.11).

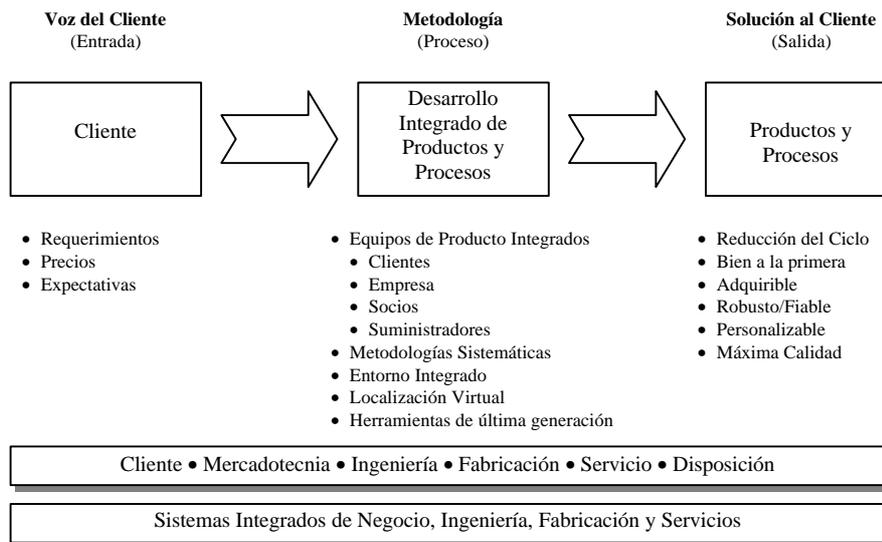


Figura 1.11. Imperativo de Realización Rápida de Productos y Procesos de NGM.

Para alcanzar este imperativo será necesario transformar la empresa, realizando un cambio profundo de las prácticas actuales a las futuras (Tabla 1.3). Un cambio que habrá que gestionar eficientemente, y que se contempla en el imperativo de *Gestión del Cambio*.

Prácticas Actuales		Prácticas Futuras
Suministrador de Productos o Servicios	⇒	Suministrador de Soluciones del Ciclo de Vida del producto o Servicio
Desarrollo secuencial de Productos	⇒	Desarrollo Concurrente de Productos
Diseño impuesto por mercadotecnia y/o Ingeniería	⇒	Aplicación general de procesos de síntesis y diseño
Trabajo individual	⇒	Trabajo en equipos multidisciplinares
Datos Generados y Controlados Individualmente	⇒	Datos de la empresa comunes y compartidos
Revisiones y Validaciones	⇒	Herramientas y prácticas para la toma rápida de decisiones
Optimización mediante herramientas específicas de dominios individuales	⇒	Optimización mediante dominios integrados
Diseño para atributos específicos	⇒	Diseño para todo el Ciclo de Vida

Tabla 1.3. Transformación de las prácticas actuales a futuras.

Finalmente, será necesario gestionar el proceso de innovación para alinearlos con los objetivos estratégicos, lo que nos llevará a definir una serie de indicadores para la gestión estratégica, tanto del proceso del cambio como del proceso de desarrollo de producto.

1. 4. 1. La Necesidad de una Estrategia de Gestión del Cambio.

El *Desarrollo de Productos* se ha convertido en una actividad que involucra de alguna forma a todas las áreas, esencial para la competitividad y supervivencia de la empresa, y que requiere de una estrategia particular. Estrategia que debe entenderse como *modelo o esquema de toma de decisiones dirigidas a mejorar la competitividad de la empresa a través del diseño* y que nos lleve de las prácticas actuales a una serie de prácticas excelentes. Estrategia que se basa en la creación de nuevos productos que abran nuevos mercados, o en adaptarse mejor que los competidores a las necesidades de los consumidores [Crow, 96a].

Una de las líneas preferentes de Innovación de Procesos, y que mayores resultados puede proporcionar, consiste en la transformación del Proceso de Desarrollo de Productos mediante las Tecnologías de la Información [Prasad, 97b].

Sin embargo, el nuevo enfoque por procesos aplicado al desarrollo de productos será necesario para normalizar los entornos basados en las nuevas tecnologías, pero no es suficiente. Necesitamos definirlo dentro de un marco global para empresas manufactureras y este marco deberá guiar cualquier proyecto de mejora.

Para poder elaborar una estrategia de cambio en el proceso de desarrollo de producto es necesario definir y adoptar una estructura empresarial competitiva para el próximo siglo y desarrollar las actividades de acuerdo con aquellos *modelos nuevos* que busquen la integración de las operaciones con la estrategia global de la empresa, buscando una fabricación ágil [Kidd, 95]. Estos modelos deben ser analizados, potenciados y coordinados de forma que puedan acoplarse a la empresa sustituyendo a los modelos actuales.

A partir de aquí podremos desarrollar una estrategia robusta que parta desde la alta dirección y que busque mejorar la competitividad a través del Proceso de Innovación o Proceso de Desarrollo de Producto.

Así, para conseguir que las nuevas tecnologías puedan implantarse de una forma correcta en la empresa, es necesario establecer una estrategia que contemple la mejora de la competitividad a través de las tecnologías situándola frente a los futuros mercados globales (Figura 1.12).

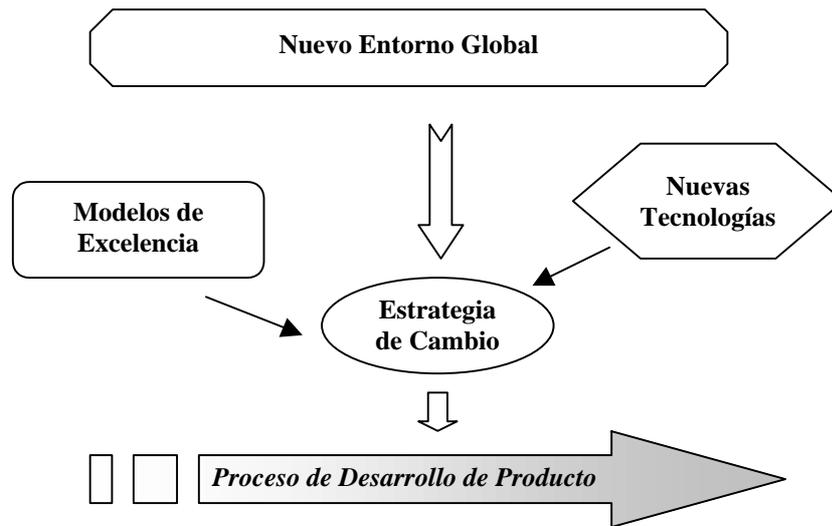


Figura 1.12. Necesidad de Cambio.

Estrategias que no han merecido una atención suficiente en las décadas anteriores y para cuya implantación es necesaria una estructura que la desarrolle, diferente en función de la complejidad y nivel de innovación del producto, constituida por [Nevins, 89]:

1. Un **Modelo Organizativo** que sea capaz de soportar aquellos objetivos estratégicos que se estimen convenientes. Que pasa por definir un esquema global de desarrollo del producto, un enfoque de desarrollo del producto (desarrollo secuencial, desarrollo concurrente, desarrollo en grupo) y una organización (organización funcional, organización enfocada al producto, organización con un enfoque de coordinación lateral).
2. Unos **Sistemas de Soporte** que incluya a las herramientas y técnicas necesarias para gestionar y desarrollar de forma adecuada estas estrategias.

El desarrollo de esta estrategia, que conducirá el cambio en el proceso interno de desarrollo de producto, cambiará las prácticas habituales de la empresa, los procedimientos y las formas de trabajar de las personas.

Obviamente, iniciar una transformación requiere un análisis estratégico previo que identifique las razones que nos inducen a ello:

- ¿Porqué debemos cambiar?.
- ¿Cuándo empezamos a cambiar?.
- ¿Qué debe cambiar?.
- ¿Dónde hay que cambiar?.
- ¿Quién debe cambiar?.
- ¿Cómo podemos cambiar?.

La respuesta a la primera pregunta, queda perfectamente definida en cuanto a la justificación de mejora de la competitividad de la empresa. Por su parte, el momento del cambio vendrá determinado cuando la empresa decida que realmente la innovación en el proceso de desarrollo de productos conseguirá obtener los objetivos determinados en su planificación estratégica.

Sin embargo, todavía nos faltan preguntas por responder como qué, dónde, cómo y quién cambiar. Para responder a estas últimas preguntas se hace necesario desarrollar una estrategia de implantación en el proceso de desarrollo de producto a través de las nuevas tecnologías, que contemple todas las ventajas, debilidades oportunidades y objetivos actuales y futuros de la empresa [Frame, 94].

Para ello es conveniente y oportuno desarrollar un análisis D.A.F.O. (*Debilidades internas, Amenazas externas, Fortalezas internas y Oportunidades externas*) de la empresa y del proceso de innovación - desarrollo de producto en particular (Figura 1.13) que permita orientar y gestionar la estrategia de cambio.

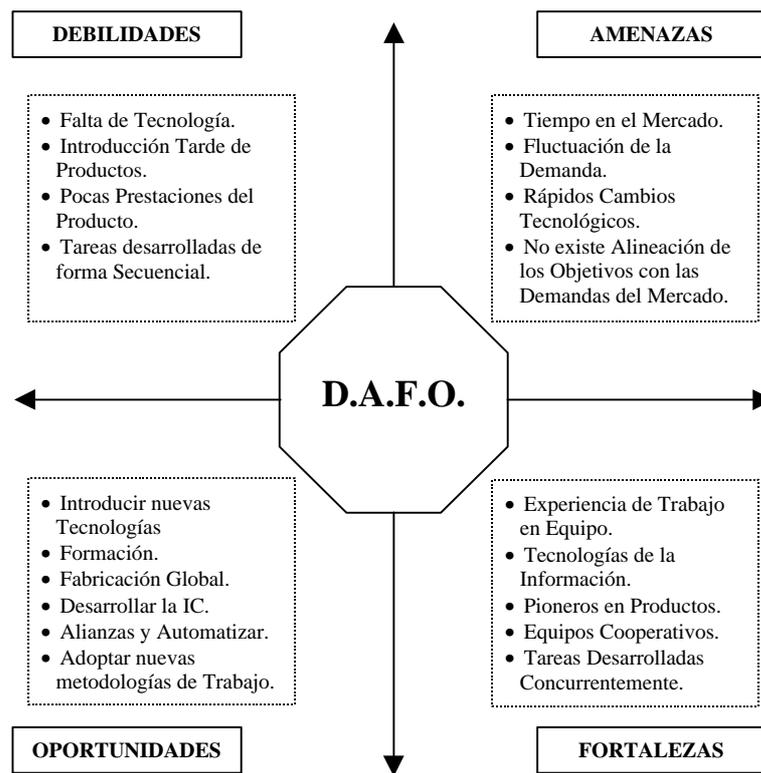


Figura 1.13. Análisis DAFO del Proceso de Desarrollo de Producto.

En todo caso, el planteamiento de cualquier estrategia para el desarrollo de productos deberá tener en cuenta cuatro ejes fundamentales para la consecución de su objetivo, que no es otro que asegurar la competitividad y futuro de la empresa. Estos son:

- I. La necesidad de establecer que el esquema director o modelo contemple todo el ciclo de vida del producto, desde la determinación de la necesidad de un producto y las primeras ideas conceptuales hasta su retirada.
- II. La necesidad de considerar la integración de los recursos humanos a la hora de abordar los nuevos enfoques y estructuras organizativas, teniendo en cuenta las nuevas técnicas de trabajo en equipo.
- III. La adopción de nuevas metodologías o teorías de diseño de producto que consideren e integren aspectos propios tanto de la fabricación del producto como de otras etapas del ciclo de vida y que aseguren que la voz del cliente dirige todo el proceso.
- IV. La posibilidad de servirnos de las prestaciones que nos ofrecen las modernas tecnologías de la información.

1. 4. 2. La necesidad de Sistemas de Indicadores para la Gestión Estratégica.

Para poder desarrollar nuevas estrategias alrededor del proceso de desarrollo de productos necesitaremos no sólo de los nuevos modelos de excelencia, sino también de una serie de medidas que nos aseguren su alineación con los objetivos estratégicos globales (Figura 1.2)

Según autores como Kaplan [Kaplan, 97], toda estrategia debe contemplar la organización desde cuatro perspectivas la *financiera*, la del *cliente*, la del *proceso interno* y la de *formación y crecimiento*; desde las que se deben establecer una serie de objetivos estratégicos con los correspondientes **indicadores**. Estos indicadores estratégicos deben comunicarse a través de toda la organización y se desplegarán en objetivos más concretos y operativos en las unidades de nivel inferior, que permitirán a los directivos desarrollar e integrar los programas de mejora continua, reingeniería o transformación.

Los indicadores son un elemento importante en los sistemas de gestión - sistemas que implican toda una serie de principios sobre la cultura y normas prácticas de la empresa dedicada a la calidad [Deming, 89] - especialmente en los sistemas de Gestión de la Calidad Total (*Total Quality Management*, TQM). Un indicador es todo aquél parámetro que nos permite medir un proceso, mientras que un sistema de indicadores está formado por un conjunto de indicadores.

Kaplan propone que los sistemas de indicadores, o múltiples medidas, englobados en un cuadro de mando integral (*The Balanced Scorecard*), deben formar una serie de objetivos y medidas vinculadas que deben ser consistentes y mutuamente reforzantes, para así formar una sola estrategia. Los vínculos deben incorporar tanto las relaciones causa-efecto como mezclas de **medidas de los resultados** e **inductores de la actuación**.

Esto es, para Kaplan una estrategia es un conjunto de hipótesis sobre la causa y el efecto, por lo que el sistema de indicadores debe establecer de forma explícita las relaciones entre los objetivos y medidas desde distintas perspectivas. Las medidas de los resultados se consideran *indicadores históricos* y los inductores de actuación son *indicadores previsionales*.

Es decir, los inductores de actuación son medidas sobre actividades que influyen sobre los resultados. Así, las medidas de resultados, sin los inductores de actuación, no comunican la forma en que hay que conseguir los resultados ni proporcionan una indicación puntual del éxito de la estrategia.

El modelo NGM propone que se deben utilizar una serie de medidas, sistema de indicadores, para asegurar el desarrollo y progreso de los atributos. Este sistema de indicadores deberá contemplar tanto la medida de resultados como los inductores de la actuación correspondientes a los diferentes imperativos.

Aunque la utilización de sistemas de indicadores en las empresas es relativamente nueva, desde siempre se han medido costes, calidad, cantidad, tiempos de ciclos, eficiencia, productividad, etc., de *productos, servicios o procesos* [Woodruff, 90].

Sin embargo, es importante determinar qué *tipo de medidas* se necesitan y proporcionar unas directrices de *qué debe ser medido* y *cómo establecer* el sistema de medidas. Todo ello con el fin de obtener un mejor control, conocimiento y mejora de las actividades que se realizan dentro de un proceso.

La idea queda claramente reflejada en el modelo propuesto por el Departamento de Energía [USDoE, 99], sobre los distintos niveles de indicadores y sus unidades de medida. Este modelo, nos permite clarificar cómo los sistemas de indicadores deben transmitirse desde los niveles más altos de la organización hasta los niveles operativos (Figura 1.14).

Dentro de cualquier sistema de indicadores, las unidades de medida deben relacionarse para formar una pirámide, de forma que las unidades tecnológicas empiecen en la base y se trasladen hacia arriba.

Fundamentalmente, debe quedar bien claro que los indicadores o medidas deben reflejar el trabajo asignado a su nivel correspondiente, la Figura 1.14 muestra los cuatro niveles básicos propuestos. Estos sistemas de indicadores nos permitirán controlar el desarrollo de la empresa según los modelos de excelencia.

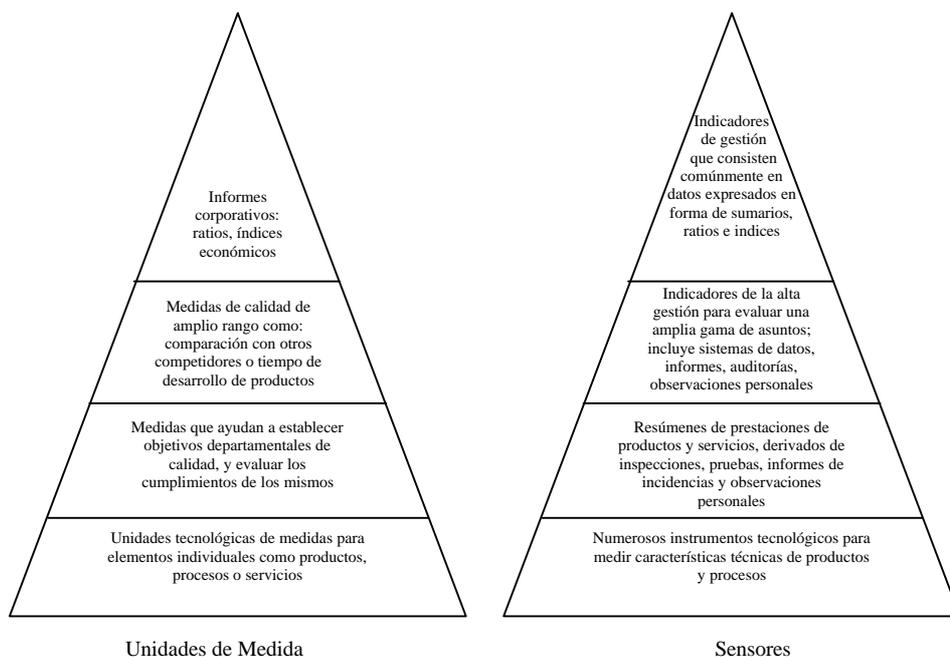


Figura 1.14. Niveles de Indicadores (fuente [USDoE, 99]).

Pero para que la empresa pueda funcionar según los nuevos modelos será necesario, en el ámbito estratégico global, definir toda una serie de **indicadores** que nos permitan detectar la **necesidad** de la empresa de realizar el cambio y comenzar el proceso de innovación. Estos indicadores los denominaremos *Indicadores de Innovación*.

Los indicadores de innovación nos permitirán detectar las iniciativas estratégicas; entre los que cabe incluir aquellos dirigidos a mejorar la competitividad a través del proceso de desarrollo del producto.

Una vez detectada esta necesidad harán falta una serie de indicadores para evaluar el proceso actual y definir así el grado de cambio requerido, serán los *Indicadores de Evaluación*.

En el caso del proceso de diseño se deberá tener en cuenta las diversas actividades de la empresa y del Proceso de Desarrollo de Producto contemplando todo el Ciclo de Vida del Producto.

Para poder desplegar todo un sistema de indicadores que permita alinear los objetivos parciales con la estrategia de la empresa será necesario entender la empresa desde otra perspectiva, otro modelo empresarial que las empresas no tenían contemplado y que ha sido la causa por la cual no se consiguieran los beneficios esperados de las nuevas tecnologías.

Esto supone una nueva filosofía que es necesario definir, estructurar e implantar para alinearla con los objetivos estratégicos del próximo siglo y que será motivo de la presente disertación.

1. 5. Desarrollo de la Tesis.

En esta tesis pretendemos definir una estrategia que permita realizar eficientemente la transformación del proceso de desarrollo de producto de la empresa en sintonía con los nuevos modelos empresariales.

En el *Capítulo 2* se describen las razones que han llevado a plantear una nueva forma de trabajar en el proceso de desarrollo de producto, que atiende a una nueva filosofía de trabajo conocida como **Ingeniería Concurrente**, de la que definiremos sus objetivos, ventajas y beneficios.

Todos los elementos necesarios para desplegar un entorno de Ingeniería Concurrente se analizan en el *Capítulo 3*. Se expondrá en primer lugar la modelización de procesos, técnicas que nos permitirán determinar las mejoras a realizar y las actividades donde se produce un valor añadido, estableciendo las medidas necesarias para controlar el proceso. Esto es fundamental a la hora de realizar la implantación de un entorno de Ingeniería Concurrente, ya que podremos conocer todas las áreas potencialmente implicadas en el desarrollo del producto. Analizaremos también cómo definir y gestionar los Equipos de Trabajo, las distintas metodologías de trabajo en equipo, las herramientas asistidas por ordenador y otras técnicas disponibles que permitirán conseguir los objetivos buscados por esta filosofía. Finalmente definiremos la arquitectura, basándose en las tecnologías de la información que debe tener un entorno de Ingeniería Concurrente.

En el *Capítulo 4* estudiaremos las principales teorías sobre la reingeniería de procesos y analizaremos las posibles barreras que pueden presentarse en una empresa durante el proceso de implantación de la Ingeniería Concurrente. Una vez conocido el proceso y las dificultades que comporta implantar el nuevo entorno de Ingeniería Concurrente, estaremos en condiciones de plantear un proceso de transformación capaz de prever y superar todas las barreras que aparezcan.

En el *Capítulo 5* se analizan las distintas metodologías de implantación de la Ingeniería Concurrente propuestas por diferentes grupos de investigación que han trabajado sobre el tema. Propuestas que plantean un marco genérico para la reingeniería del proceso de desarrollo de producto y unos sistemas de evaluación del nivel de concurrencia, que ayudan a determinar el nivel de cambio necesario y con ello el camino a seguir.

La propuesta de implantación de entornos de Ingeniería Concurrente se desarrolla en el *Capítulo 6*. A partir de una evaluación previa que detecte la necesidad de realizar un proceso de innovación en el desarrollo de productos, se expone una metodología que debe dirigir el proceso de cambio a seguir y que orientará en la toma de decisiones. Decisiones en cuanto a la definición de equipos de trabajo de Ingeniería Concurrente, establecimiento de métodos de diseño, organigramas funcionales, procedimientos de transmisión de la información y planes de motivación.

La metodología debe ayudar a determinar las acciones formativas necesarias para cambiar los hábitos y para adiestrar al personal en técnicas y herramientas concretas. El resultado será un entorno de Ingeniería Concurrente que permitirá a la empresa ser más competitiva en el desarrollo de productos logrando así alcanzar su estrategia competitiva.

El *Capítulo 7* recoge los resultados del trabajo de investigación realizado en el Laboratorio Integrado de Diseño y Fabricación de esta universidad, y el alcance de un caso de aplicación de nuestra propuesta a una empresa suministradora de componentes de automoción.

El *Capítulo 8* expone las conclusiones y los desarrollos futuros que se abren tras este trabajo.

Finalmente, se enumeran las referencias bibliográficas, tanto de artículos y libros publicados como de información pública disponible en diversos servidores de páginas electrónicas relacionadas con el objeto de esta investigación.

página en blanco

Capítulo 2

página en blanco

Entornos de Ingeniería Concurrente

Una Nueva Forma de Competir

2. 1. El Método Tradicional frente al Desarrollo Integrado de Productos.

El nacimiento de la filosofía de la Ingeniería Concurrente viene determinado por las carencias detectadas en los métodos tradicionales del proceso de diseño y desarrollo de la fabricación de productos en el nuevo contexto tecnológico. Por ello, es importante describir todas aquellas situaciones que han llevado a realizar los planteamientos sobre la Ingeniería Concurrente y las ventajas que se pueden obtener con su aplicación.

2. 1. 1. Debilidades de la Ingeniería Secuencial.

El proceso de desarrollo de producto comienza con la determinación de las necesidades de los clientes, a través de las actividades de investigación y análisis de mercados. Actividades que desarrolla el departamento comercial, quién identifica la necesidad de nuevos productos, el rango de precios y las prestaciones esperadas por los consumidores o consumidores potenciales.

Partiendo de esta información, el método tradicional plantea que se deben seguir toda una serie de pasos sucesivos para realizar el diseño de un producto en todos sus detalles y proceder posteriormente a su fabricación, identificando los procesos y realizando el conformado y ensamblaje de componentes, y finalmente efectuando su distribución en el mercado.

Los departamentos de Diseño e Ingeniería de Diseño reciben una serie de especificaciones aisladas y trabajan desarrollando, en diferentes fases, los requerimientos técnicos (materiales, formas, geometrías, etc.) hasta que, una vez ya realizado el diseño de detalle, se puede librar toda la documentación asociada al producto diseñado (dibujos, listas de materiales, etc.). Pero así nos encontramos con que los diseñadores están principalmente interesados en la funcionalidad y prestaciones de sus productos y muy raramente toman en cuenta o en consideración los procesos de fabricación y el diseño del proceso.

Siguiendo este camino o forma de proceder tradicional no se consigue entablar un dialogo entre el diseño y los procesos posteriores, a no ser que existan cambios por motivos de producción o de cambios de ingeniería [Lawson, 93]. El diseño por tanto se realiza en un aislamiento relativo entre los departamentos de Comercial y Diseño (Ingeniería de Diseño), mientras que los departamentos de Ingeniería de Fabricación, Calidad y otros, sólo ven el diseño en un estado completo, ya finalizado.

El proceso es pues secuencial, de forma que cada actividad del ciclo de desarrollo del producto necesita de la finalización de la actividad previa. Forma de proceder que se conoce como **Ingeniería Secuencial** (Figura 2.1), aunque también denominada con otros nombres como ingeniería en serie o ingeniería basada en el tiempo.

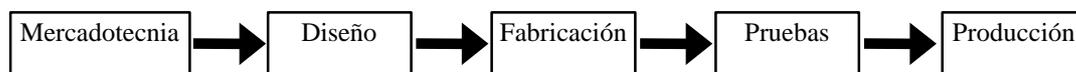


Figura 2.1. Ingeniería Secuencial.

En la Ingeniería Secuencial cualquier cambio ocasiona retrasos y costes adicionales en las etapas sucesivas que se ven retrasadas, hasta que la etapa en curso se ha completado. Por otra parte se trata de una aproximación que alienta a que las modificaciones y alteraciones se produzcan en gran número en las últimas etapas de la fase de desarrollo del producto, precisamente cuando estas son más caras y de difícil incorporación, cuando en muchos casos las inversiones en herramientas y equipos ya están acordadas y la fecha de lanzamiento del producto está fijada. Situación que se constata en la Figura 2.2, que nos indica que los *costes de corregir los errores de cambios de ingeniería se incrementan logarítmicamente conforme los trabajos en curso se sitúan mas tarde en el ciclo de vida del producto*.

Gráfico que nos alienta a que el diseñador del producto incluya las consideraciones de diseño lo antes posible, imponiendo los requisitos funcionales, estructurales y técnicos propios de todo el ciclo de vida.

Se puede demostrar que las *decisiones sobre el diseño* realizadas en los primeros pasos del ciclo de desarrollo del producto pueden influir significativamente sobre la fabricabilidad, la calidad, el coste del producto y el tiempo de introducción en el mercado; influyendo en que la puesta del producto en el mercado se realice con mayor o menor éxito.

En otras palabras, estas implicaciones deben contemplarse durante el diseño, en lugar de tener que inspeccionarlas posteriormente, para evitar este proceso iterativo tan costoso. Es por esta razón, que debe utilizarse toda la información disponible del ciclo de vida del producto en las primeras fases del proceso de desarrollo, para establecer los requisitos de diseño necesarios y definir así el producto final a fabricar.

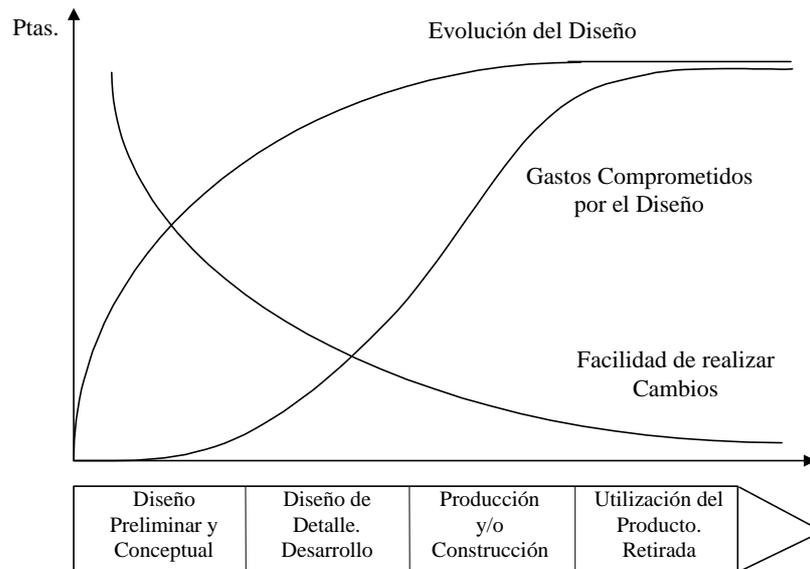


Figura 2.2. Tiempo de desarrollo de un producto frente al coste de los cambios.

Este modo de proceder, por el que el diseño de cualquier producto nuevo llega al departamento de fabricación con casi todas las advertencias y anotaciones, como si hubiera sido lanzado desde el muro de la factoría por alguien ajeno a lo que suceda después, se conoce como la *Ingeniería sobre el Muro* [Boothroyd, 94].

Una inadecuación de la metodología tradicional, que se agrava si consideramos que los aspectos del mercado que más han influenciado en la competitividad de las compañías han sido: *la menor permanencia de un producto en el mercado y el incremento de la variedad*. Circunstancia que presiona sobre la necesidad de la continua mejora de los productos incrementando sus características y prestaciones y, por tanto, su complejidad (Figura 2.3) [Syau, 94].

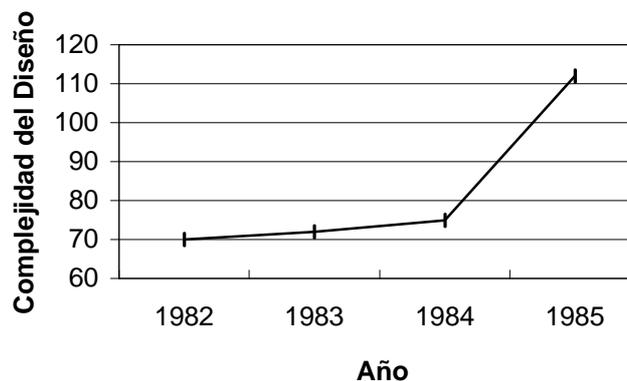


Figura 2.3. Evolución de la Complejidad del Diseño (fuente Syau).

El nivel de competitividad en todos los mercados, incluyendo los productos de ingeniería, está creciendo globalmente y las razones son complejas. Por una parte, las contribuciones principales al incremento de competitividad de las empresas son la utilización de las nuevas tecnologías, la gran diversidad de organizaciones presentes en el mismo mercado y el desarrollo de mejoras continuas en los procesos.

La Figura 2.4 muestra cómo se está produciendo una reducción del tiempo de permanencia de un producto en el mercado y por contra un incremento en tiempos de desarrollo, motivado sin lugar a dudas por su mayor complejidad. Se deduce de lo anterior que las consecuencias para una compañía podrían ser desastrosas si los tiempos de desarrollo no se reducen significativamente, manteniendo la calidad y disminuyendo el coste.

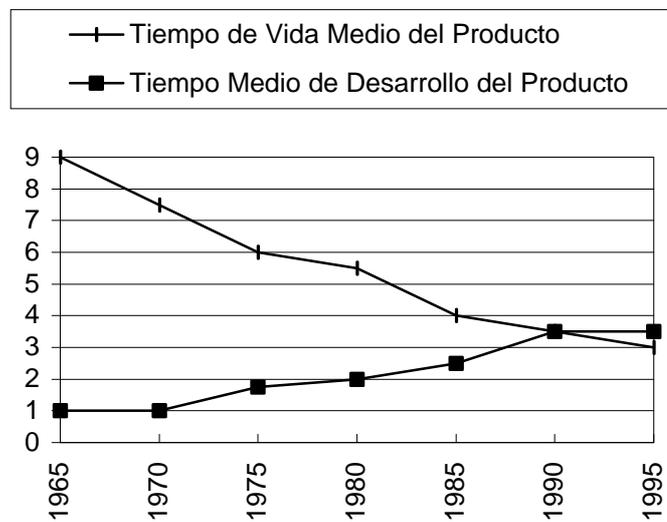


Figura 2.4. Comparación entre la reducción del ciclo de vida de un producto y su ciclo de desarrollo (fuente Syan).

Además, los retrasos en sacar un producto al mercado se traducen en grandes pérdidas o en una reducción de beneficios [Noble, 90]. Carter y Baker [Carter, 92] introdujeron un método simple para medir el impacto del retraso en la entrega del producto, que tiene su representación gráfica en la Figura 2.5.

Mientras las industrias occidentales seguían trabajando con el enfoque que hemos llamado de Ingeniería Secuencial, con los problemas a ella inherentes de costes y un tiempo de desarrollo largo, las japonesas practicaban un enfoque - no identificado terminológicamente - basado en los equipos de trabajo, que permitía reducir drásticamente los tiempos de desarrollo, como se puede ver perfectamente en los estudios realizados en las industrias del automóvil [Syam, 94], comparando los tiempos de puesta en el mercado de los fabricantes japoneses y europeos (Figura 2.6).

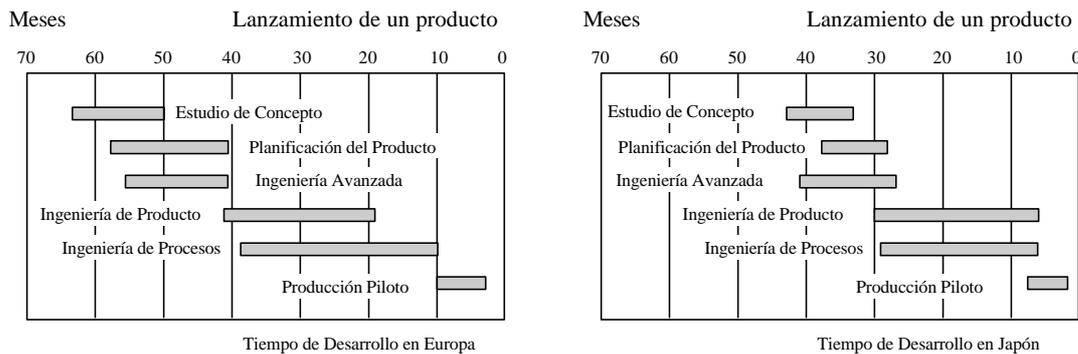


Figura 2.6. Comparación de los tiempos de lanzamientos de productos entre filosofías europeas (secuencial) y filosofías japonesas (trabajo en equipo). Gráfico de tiempos comparando Europa y Japón.

En resumen resulta indispensable el abandono de la metodología clásica en aquellas compañías que deseen permanecer competitivas, mejorando sus productos y procesos continuamente. Existen muchas debilidades que nos obligan al cambio, entre las cuales podemos citar las más perjudiciales:

- Especificaciones del producto insuficientes, que conllevan un número de modificaciones excesivas.
- Poca atención a los detalles de fabricabilidad del producto en la etapa de diseño.
- Los costes estimados son usualmente infravalorados, debido principalmente a los cambios incontrolados de diseño. Esto lleva a una falta de confianza en los costes estimados del proyecto.
- Además, la aparición de cambios de última hora, lleva usualmente al encarecimiento de herramientas y equipos.
- Un tiempo de desarrollo excesivamente largo y por tanto un retraso en la puesta en mercado de los productos.

Con todos estos inconvenientes se hace necesario mejorar la forma de trabajar dentro de la empresa y, a partir de aquí, surge una nueva manera de entender las cosas a la hora de diseñar y fabricar nuevos productos.

2. 1. 2. Diseño para el Ciclo de Vida del Producto.

La metodología clásica o secuencial se desarrolla, además, con un esquema global de trabajo que se preocupa básicamente por poner el producto en el mercado en la posición más ventajosa, utilizando unos modelos de coste (por otra parte incompletos y discutidos) que no contemplan los daños medioambientales o a la salud laboral, que vienen enmascarados por los impuestos y otras muchas partidas de coste que podríamos considerar como no visibles u ocultas.

Esquema director que a nuestro entender debe sustituirse por otro más adecuado, el que se ha venido a denominar como “*Diseño para el Ciclo de Vida*”. Un esquema que Leo Alting [Alting, 95] ha calificado como el conductor más relevante para tener una factoría con futuro o como el concepto clave de una nueva cultura industrial, conocida como producción sostenible. Una sostenibilidad que supone que los productos se diseñan para todo el ciclo de vida, para su fabricación, distribución, uso y retirada, de forma que su influencia en el medio ambiente, salud laboral y uso de recursos se minimice o sea aceptable ([Prasad, 96], [Prasad, 97a]).

Un diseño para el ciclo de vida del producto que debe considerar todas las etapas que recorre el producto desde su concepción hasta su retirada. Etapas que se pueden agrupar en las seis siguientes:

- Reconocimiento de la necesidad y definición del producto.
- Diseño y desarrollo.
- Fabricación: conformado y montaje.
- Distribución y comercialización.
- Disposición: utilización y mantenimiento.
- Retirada: eliminación o reciclaje.

Esquema que plantea un eje director diferente para una estrategia de desarrollo de producto que estará guiada por una serie de elementos, como:

- La protección medioambiental.
- Las condiciones de trabajo (seguridad, etc.).
- La optimización de recursos (consumo de energía, materiales).
- Las características de producción (conformado, montaje, etc.).
- Las propiedades de uso producto.
- Los costes del ciclo de vida.

Elementos que deberán coordinarse con las correspondientes políticas de marketing que hagan compatible la competitividad de la empresa con estos compromisos sociales (compromiso con las generaciones que ahora habitamos en el mundo y con las futuras) y con todos aquellos más directamente vinculados con la productividad y la disminución de costes [Turino, 92].

2. 2. El Desarrollo Integrado de los Productos.

De todo lo dicho se desprende la importancia que tiene el diseño - Desarrollo de Productos - para el futuro de la empresa, circunstancia que se constata si consideramos que esta etapa supone aproximadamente un 5% del coste total de un producto y que sin embargo las decisiones que se toman en ella determinan un 70% de su coste (Figura 2.7).

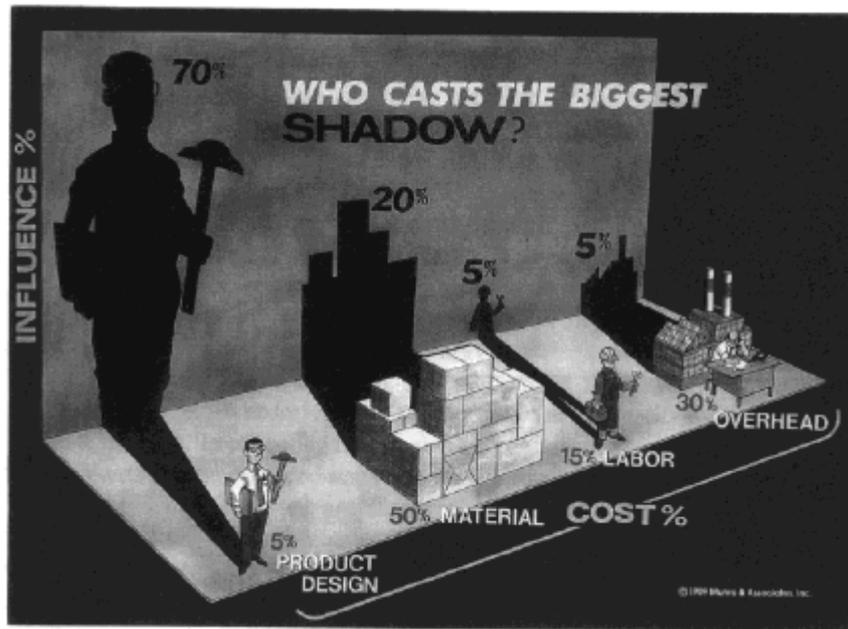


Figura 2.7. Influencia sobre el coste del Producto de las distintas áreas de la empresa.
(Fuente: [Boothroyd, 92]).

Necesitamos por tanto reforzar el diseño y establecer unas estrategias que aseguren que las decisiones tomadas durante el diseño del producto tengan un mínimo efecto en los sobrecostes durante su ciclo de vida. Estrategias que si tenemos en cuenta la información de la Figura 2.8, que nos indica que cuanto antes se hagan las mejoras mayor será la reducción de costes, deberá posibilitar que todas las actividades de diseño relacionadas con todo el ciclo de vida empiecen tan pronto como sea posible, circunstancia que conlleva la simultaneidad y concurrencia de las mismas.

Se han realizado ciertos estudios que consideran los costes asociados al producto durante todo su ciclo de vida y que demuestran que desde el 60% al 95% de esos costes se comprometen durante la fase de diseño.

Además de a esta directriz se deberá atender también a dos grandes principios adicionales:

- La voz del cliente debe dirigir el proceso.
- Deben romperse las barreras que la especialización fue elevando entre los diferentes departamentos y que han caracterizado la estructura organizativa de la empresa y el enfoque clásico (secuencial) de desarrollo de un producto.

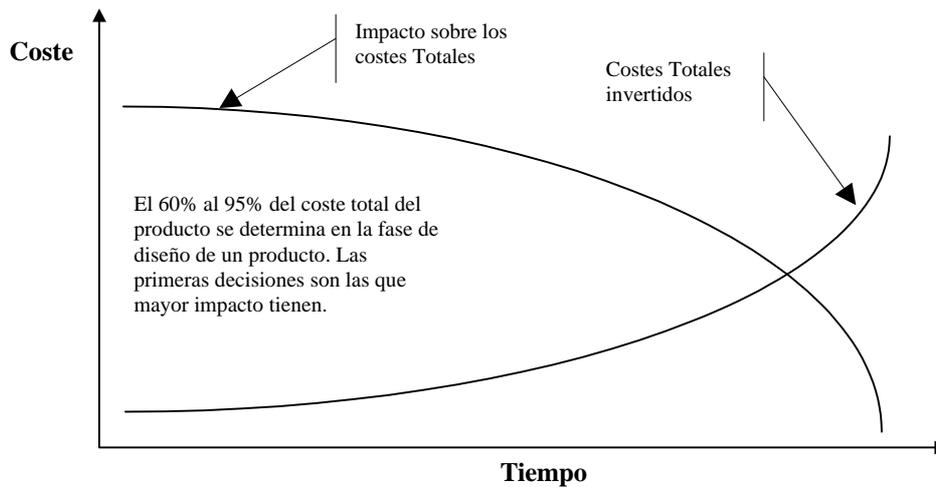


Figura 2.8. Importancia de los gastos comprometidos en el diseño.

Queda pues demostrado el papel relevante que hoy esta adquiriendo la Ingeniería de Desarrollo de Producto, las posibilidades de mejora y la premisa que de ella depende en gran parte el que una empresa pueda responder a estas demandas del mercado.

Necesidades de mejora que han hecho surgir una nueva filosofía de trabajo en equipo, denominada **Ingeniería Concurrente**, que supone una ruptura drástica con las prácticas pasadas y que necesita de la creación de un nuevo entorno de diseño basado en las tecnologías innovadoras, una extensiva cooperación interdisciplinar y una integración de las áreas funcionales de la empresa. Una filosofía que trata de establecer una fabricación optimizada desde el principio al fin a través del enfoque por procesos y que es una de las nuevas filosofías que están siendo objeto de una atención preferente ([CIRP, 92], [Lindberg, 93]).

2. 3. La Filosofía de la Ingeniería Concurrente.

La Ingeniería Concurrente, es una actividad que se puede definir como una forma de trabajo en la que varias disciplinas relacionadas con la ingeniería de diseño del producto y la ingeniería de preparación de la fabricación, se integran desarrollando el trabajo en paralelo en lugar de secuencialmente y asegurando que las consideraciones estructurales, funcionales, de fabricación y ensamblaje, de mantenimiento, de costes, de reciclaje, etc., se tomen en cuenta en las primeras fases de desarrollo del producto.

2. 3. 1. Antecedentes.

Se trata de una filosofía o concepto que no es nuevo, por cuanto lo han practicado tradicionalmente algunos buenos gestores de la fabricación que, sin embargo, no habían puesto mucha atención en aplicarlo de una manera sistemática y en dotarlo de metodología. Constructores de automóviles, como Henry Ford o Ransom Olds, practicaban de cierta manera la filosofía de lo que hoy llamamos Ingeniería Concurrente.

Estas empresas, al igual que las de aviación, crecieron considerablemente hasta convertirse en grandes compañías o corporaciones con innumerables departamentos. Esta especialización separada contribuyó a un mayor desarrollo de funciones específicas dentro de los departamentos, pero también contribuyó a causar efectos negativos dentro de la empresa, entendida como un todo, debido principalmente a la falta de comunicación entre los distintos departamentos.

Tal y como vimos, el departamento de diseño de producto termina con su diseño final y lo lanza sobre el 'muro' al departamento de fabricación, esperando que los ingenieros de fabricación solucionen el problema de '*cómo hacerlo*'. Los ingenieros de fabricación, a menudo, necesitan modificar el diseño original para poder fabricarlo en planta y muchas veces tienen que adaptar las condiciones de fabricación para acomodarse a las especificaciones de diseño, resultando a menudo productos de baja calidad, caros y que llegan tarde al mercado.

Esta metodología pudo ser buena para los negocios en las épocas de prosperidad, con pocos competidores y mucha demanda, pero ya no lo es actualmente. Además, a medida que el mercado se volvió más competitivo tecnológicamente, los expertos se dieron cuenta de la importancia que tenía la utilización eficiente de los recursos humanos y de los recursos de fabricación.

Con todas estas necesidades de mejora surgió una nueva filosofía de trabajo en equipo que supuso una ruptura dramática con las prácticas pasadas. Se detectó la necesidad de crear un *nuevo entorno de diseño basado en tecnologías innovadoras, con una extensiva cooperación e integración interdisciplinaria de campos* tales como Ingeniería de Diseño, Ingeniería de Fabricación, Gestión de Materiales y Mercadotecnia.

De esta manera, institutos como el CIRP (*Collège International de Recherches pour la Production*) empezaron a definir conceptos que nos indicaban de la necesidad de que los productos fueran diseñados a la primera, para que los recursos de fabricación puedan ser utilizados eficientemente y disfrutar así de los máximos beneficios [CIRP, w3].

Ciertos autores como Gladman [Parsaei, 94], establecieron el concepto básico de ‘**Diseño para Producción**’: “*el diseñador debía disponer de todos los datos de otros especialistas, de manera que pudiese modificar su diseño en la fase primera de diseño para asegurar una producción fabricable y económica*”. Gladman creía firmemente que el diseño para producción podría tener un significado especial en la era de la automatización y de la producción automatizada.

El reconocimiento de la importancia del diseño llegó lentamente a las industrias europeas comparado con las industrias japonesas, aunque las americanas tardaron aún más en reaccionar. Durante el final de los años 70 y principios de los 80, unos pocos reconocieron los beneficios que podría reportar un diseño de producto más eficiente para fabricación, autores como Achtberg, Datsko y Boothroyd ([Parsaei, 94]) se convirtieron en los primeros en dirigir sus esfuerzos en entender y practicar la filosofía de la Ingeniería Concurrente.

Pero, los primeros estudios sistemáticos y por tanto el primer hecho significativo data de 1982, cuando la *Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de la Defensa* (DARPA), perteneciente al *Departamento de Defensa* de los EE.UU. (DoD), empezó un estudio destinado a mejorar la concurrencia en los procesos de diseño [CAL S, 91]. En 1986 el *Instituto para Análisis de la Defensa* (IDA) en su informe R-338 acuñó el término de Ingeniería Concurrente para explicar el método sistemático de diseño de procesos y productos, que incluía otros procesos y servicios de apoyo [Winner, 88].

En 1988 DARPA creó un consorcio entre universidad, industria y gobierno que se denominó DICE (*Iniciativa DARPA en Ingeniería Concurrente*) [DARPA, 91], que debería potenciar la utilización de la Ingeniería Concurrente en la industria militar y de base; empresas altamente tecnificadas y que manejaban productos muy complejos. Proyecto que tenía por finalidad desarrollar una arquitectura informática, adecuada para la Ingeniería Concurrente, que permitiera a cada uno de los miembros que trabajara en un proyecto comunicarse y coordinarse con los demás a través de una red de computadoras a alta velocidad.

Iniciativa de la que nació el *Centro de Investigación de la Ingeniería Concurrente* (CERC) en la *Universidad de West Virginia* (EE.UU.), a la que se añadieron posteriormente otras muchas empresas como Hewlett-Packard, Motorola, ATT, Texas Instruments, IBM o Chrysler, y otros Centros de Investigación.

2. 3. 2. Definiciones de Ingeniería Concurrente.

Se han utilizado muchos términos para describir aproximaciones similares a lo que vamos a definir como Ingeniería Concurrente, incluyendo ‘Ingeniería Simultánea’, ‘Función de Diseño’, ‘Ingeniería Paralela’, ‘Diseño para Fabricación Económica’ o ‘Ingeniería del Ciclo de Vida’, entre otros. Conceptos que no concuerdan fielmente con el de Ingeniería Concurrente y que por tanto no aceptamos como sinónimos. Sin embargo si podemos aceptar los más próximos de ‘Diseño Concurrente’, ‘Desarrollo Integrado del Producto’ o ‘Diseño en Equipo’.

Términos a los que se han añadido otros que hacen referencia a técnicas o tecnologías concretas, como: diseño para fabricación, diseño para producción, diseño para ensamblaje, diseño para pruebas, diseño para fiabilidad, diseño para mantenimiento y otros

muchos más. Gantenby y Foo [Parsaei, 94] llaman a esto diseño para X (DFX) donde X puede ser para cualquier utilidad del ciclo de vida de un producto.

El informe R-338 del IDA daba una descripción de la Ingeniería Concurrente, que es una de las actualmente aceptadas [Winner, 88]:

“La Ingeniería Concurrente es un enfoque sistemático del diseño de productos, realizado de forma integrada y concurrente con los procesos relacionados, incluidos los de fabricación y apoyo. Este enfoque tiene la intención de forzar en los diseñadores de producto, desde un punto de vista externo, la consideración de todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde la concepción hasta su retirada, considerando los aspectos de calidad, costes, programación, etc., y aquellos relacionados con la voz del cliente”.

Sin embargo, una de las definiciones más acertadas es la del Dr. Cleetus [Cleetus, 92a], del Centro de Investigación de Ingeniería Concurrente (CERC) que define la Ingeniería Concurrente como:

“Un enfoque de **desarrollo integrado** del producto capaz de resolver las demandas de los **clientes** y de reforzar los valores del **trabajo en equipo** - como la cooperación, la confianza y la compartición de datos - de manera que la **toma de decisiones**, que se realizan en un proceso en el que las distintas áreas del ciclo de vida del producto **trabajan en paralelo**, se produzca de forma **sincronizada** asegurando el **intercambio** constante de información y basándose en el **consenso**”.

La Figura 2.9, ilustraría una aproximación a la Ingeniería Concurrente, mostrando la evolución de las actividades de los equipos de trabajo, que se desarrollan en paralelo.

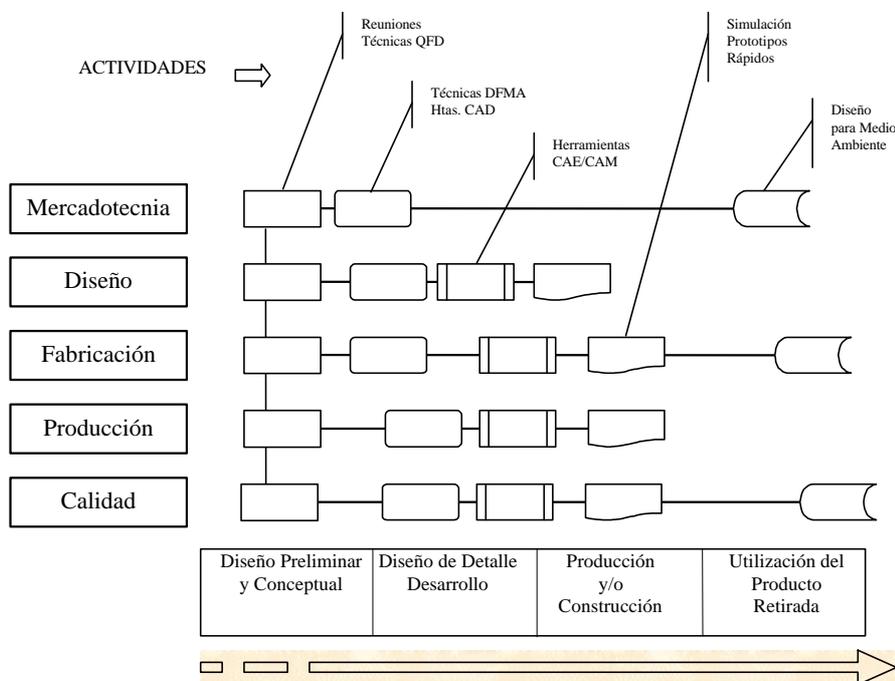


Figura 2.9. El proceso de la Ingeniería Concurrente.

Se puede ver como las funciones, como diseño e ingeniería, se integran en términos de intercambio de información continua y completa. Como el comienzo de cada fase distinta es independiente de la finalización total de la etapa precedente, podemos tener un solapamiento de actividades que llevan a la concurrencia del desarrollo del producto.

Una puesta en práctica efectiva de la Ingeniería Concurrente requiere de buenas comunicaciones entre funciones dispares asociadas con el ciclo de vida del producto. La información debe tener un propietario común, debe ser compartida libremente y debe ser accesible fácilmente. Como en las compañías organizadas de forma funcional la información es el poder, esto sugiere que se debe aplicar con unas estructuras organizativas más abiertas, dotadas de una gestión matricial y de trabajo en equipo. La Ingeniería Concurrente se basa, por esta razón, en la integración de todos los medios de la compañía necesarios para el desarrollo del producto: personas, herramientas, recursos e información ([Cleetus, 93], [Cleetus, 94]).

Por otra parte, Turtle [Turtle, 94] afirma que, además de definirla, es necesario situarla dentro de lo que denomina '*división jerárquica de las funciones en la empresa*', para así poder comprenderla mejor (Figura 2.10). Según el autor, existen ciertos niveles por debajo del proceso de Ingeniería Concurrente, encargados básicamente del diseño de detalle, y por encima estaría solamente la gestión de proyectos y la propia gestión de la empresa; lo que viene a indicarnos que debe abordarse con independencia de los propios departamentos de la empresa.

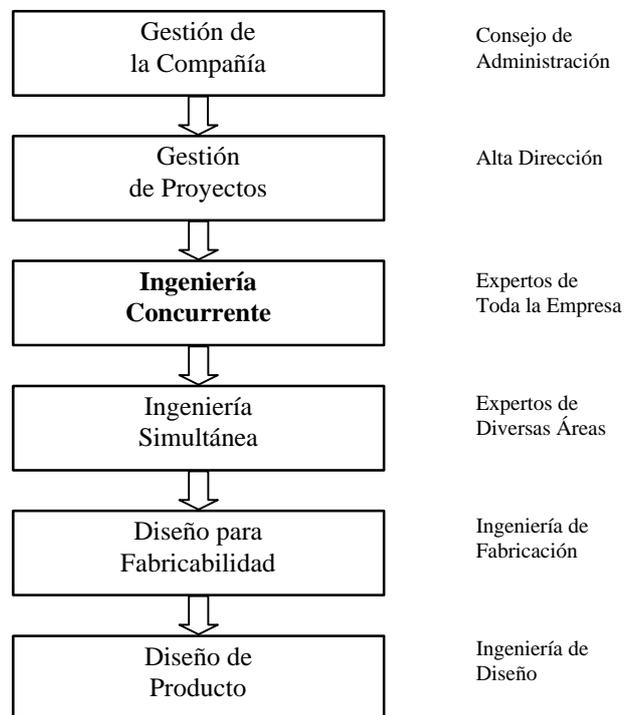


Figura 2.10. División jerárquica de actividades de la Empresa.

La mayoría de los autores coinciden en que la Ingeniería Concurrente proporciona un enfoque sistemático e integrado para el diseño de productos. Finalmente indicar que las metodologías de la Ingeniería Concurrente incluyen todas aquellas metodologías de diseño para fabricación, diseño para ensamblaje, diseño para mantenimiento, diseño para disponibilidad y otras más que veremos posteriormente.

2. 3. 3. Objetivos de la Ingeniería Concurrente.

El propósito fundamental de la Ingeniería Concurrente es asegurar que las decisiones tomadas durante la fase de diseño del producto tengan un mínimo efecto en los sobrecostos de todo su ciclo de vida. Con estas premisas, los principales objetivos de la Ingeniería Concurrente pueden resumirse de la siguiente manera:

- Reducción del Tiempo de Desarrollo del Producto.
- Integración muy cerrada entre departamentos.
- Mayor Control de los Costes de Diseño y Fabricación.
- Mejorar la Calidad del producto.
- Mayor Competitividad.
- Mejorar los Beneficios.
- Realzar la reputación de la compañía y de sus productos.
- Promocionar el espíritu de equipo.

Así pues, los objetivos que persigue la Ingeniería Concurrente coinciden en lo básico con aquellos que buscan la mayoría de las empresas, mejorar la calidad del producto, reducir plazos de entrega y aumentar los beneficios reduciendo costes. Pero un aspecto a reseñar es que, además, se consiguen muchos más beneficios de los esperados al introducir estas nuevas prácticas de diseño y fabricación de productos.

2. 3. 4. Beneficios de la Ingeniería Concurrente.

La ejecución de las actividades de diseño en paralelo comporta mejoras en muchas áreas como: la comunicación, calidad, procesos de producción, etc. repercutiendo positivamente en el flujo de caja y en los beneficios. Por otra parte la reducción de tiempos de introducción en el mercado, que es de importancia estratégica, permite a las compañías incrementar su cuota de mercado. Al reducirse los cambios de diseño e iteraciones, los productos son más fáciles de fabricar, son de mayor calidad y se mejora el servicio. Una vez lanzados a fabricación la producción progresa rápidamente, pues el proceso está bien definido, documentado y controlado.

Los logros conseguidos por numerosas compañías multinacionales ha sido la mejor prueba de la eficiencia de la Ingeniería Concurrente. Su éxito ha sido registrado en libros, artículos, informes, etc., que remarcan continuas mejoras en términos de tiempos por ciclo, reducción de costes, calidad de productos y fiabilidad ([Shina, 92], [Lawson, 92], [Lawson, 94]).

Así, la compañía aeronáutica *Boeing* [Syam, 94] concreta las mejoras conseguidas tras la aplicación de un programa en:

- Reducción de costes en fabricación entre un 16% y un 46%.
- Los cambios de ingeniería se han reducido de 15÷20 a 1÷2 borradores por dibujo.
- Los tiempos de análisis del diseño se han recortado, pasando de dos semanas a menos de una hora.
- Las pérdidas en materiales se han reducido del 12% al 1%.
- Los costes de inspección se han recortado por un factor de 3.

Por otra parte, la empresa de electrónica *NCR* [Syam, 94], describe las mejoras obtenidas con el desarrollo concurrente de una nueva caja registradora, remarcando los siguientes beneficios:

- Reducción en el número de piezas y, por tanto, en líneas de ensamblaje.
- Se redujo en un 65% el número de suministradores.
- El número de tornillos y fijaciones se redujo a la mitad, por lo que las herramientas de ensamblaje también se vieron reducidas.
- Reducción de costes de fabricación en un 44%.
- Desarrollo de un producto con cero defectos.

Como podemos observar, los beneficios obtenidos mediante la adopción o implantación de entornos de Ingeniería Concurrente han sido sustanciales y diversos, así *Lucas Automotive* [Brown, 95] estableció los siguientes objetivos cuando decidió implantarla:

- Reducción del tiempo de entrega en un 50%.
- Reducción de costes en un 50%.
- Cero defectos.
- Simplificación de los procedimientos.
- Estandarización del diseño.

Otros ejemplos son: el de la *Rolls-Royce* que redujo el tiempo de desarrollo de un nuevo motor de aviación en un 30%; de la *McDonnell Douglas* que redujo los costes de producción en un 40%; o de la *ITT* que redujo su ciclo de diseño en un 33% para sus sistemas de medida de un contador electrónico. Unos casos que, como otros muchos, corroboran los beneficios de adoptar la Ingeniería Concurrente.

Siendo, de esta manera, tan claros los beneficios de la Ingeniería Concurrente, cabe preguntarse ahora ¿cuál es el camino para conseguir esta nueva manera de trabajar?, ¿Qué métodos de trabajo se deben establecer?, ¿Qué herramientas debemos adoptar?, ¿Cómo organizamos esos equipos de trabajo?, ¿Qué debo, o no debo, cambiar en la empresa?, y un sin fin de preguntas que derivan en ¿Cómo implantamos la Ingeniería Concurrente?.

2. 3. 5. Cómo abordar la Ingeniería Concurrente.

La Ingeniería Concurrente puede ponerse en práctica sin apoyo de los ordenadores o sin necesidad de utilizar ninguna técnica formal. Este tipo de práctica de la Ingeniería Concurrente puede dar resultado en muy pequeñas compañías, que cuentan con gente muy experimentada y con mucha práctica en sus organizaciones, miembros que al formar parte del equipo pueden dar su experiencia y conocimientos y de esta forma conseguir buenos resultados. Ahora bien, en cualquier caso, incluso en estas organizaciones, el hecho de que no se pueda garantizar la existencia de expertos en todas las áreas hace recomendable o deseable la utilización de facilidades en algunas tareas del ciclo de desarrollo del producto, consiguiendo así mejorar los resultados.

Por otra parte, la existencia de una gran cantidad de información (dibujos, datos, textos en formatos electrónicos, etc.), que necesita ser transmitida y puesta a disposición de formas diferentes y en sitios dispares hace que, sobre todo en empresas grandes, sea un requisito el Intercambio Electrónico de Datos y la asistencia de computadoras si se desea que la implantación de la Ingeniería Concurrente sea exitosa. Muchas de las compañías así lo han entendido y han abordado la implantación de la Ingeniería Concurrente incorporando tecnologías de Diseño y Fabricación Asistidos por Ordenador (Computer Aided Design, CAD; Computer Aided Manufacturing, CAM) y aplicando determinados métodos formales de diseño.

Todo ello nos conduce a considerar la importancia de mejorar el conocimiento sobre cómo implantar y gestionar las nuevas tecnologías y herramientas, y lo que es más importante cómo realizar el cambio organizativo y cultural que las posibilite.

Capítulo 3

página en blanco

Desarrollo de la Ingeniería Concurrente

Pilares Básicos

3. 1. Introducción.

Para dirigir la transformación del proceso de desarrollo del producto de una empresa hacia la Ingeniería Concurrente es importante definir una serie de elementos que permitirán el desarrollo y puesta en práctica de la misma, y que para nosotros constituyen los *pilares básicos de la Ingeniería Concurrente*. El correcto despliegue de estos elementos, personalizándose para cada empresa, proporcionará un entorno adecuado a través del cual aseguraremos el éxito de esta nueva filosofía de trabajo.

Consideramos crucial definir claramente el nuevo proceso de diseño y fabricación, lo cual no suele ser especialmente habitual en las pequeñas y medianas empresas. Para ello es fundamental la **modelización de los procesos y actividades**, y de los sistemas de control, pues puede proporcionar un marco de trabajo común por el que comenzar a implantar la IC. La realización de un modelo de los procesos de la empresa obliga a obtener un consenso sobre los objetivos, facilita la comunicación y constituye una herramienta para el análisis y diseño de nuevos procesos. La modelización es una herramienta para la mejora continua y los cambios propuestos pueden introducirse en el modelo antes de llevarse a la práctica, para así valorar el impacto de las modificaciones.

Sin embargo, modelizar el proceso de desarrollo de producto no es suficiente, necesitamos evaluar ciertas actividades que lo caracterizan para poder dirigir así la innovación y, una vez instituido el nuevo proceso de desarrollo, controlar y realizar un seguimiento del proceso determinando así las mejoras obtenidas. En este sentido es necesario definir todo un *sistema de indicadores* que nos ayuden a controlar el proceso y a cualificar y cuantificar las mejoras del proceso.

Como la base de la IC son los **equipos** es necesario definirlos y adaptarlos al nuevo proceso de diseño, contemplando para ello todas las actividades que influyen en el ciclo de vida del producto, este sería el segundo pilar básico. Los equipos pueden ponerse en práctica creando reuniones formales y utilizando diversas técnicas de trabajo en grupo, donde los miembros del equipo pueden transmitir su experiencia y conocimientos, consiguiendo así mejores resultados.

Este tipo de conocimiento existe en compañías muy pequeñas que tienen gente muy experimentada y con mucha práctica, pero normalmente no constituyen o formalizan estos procedimientos por habituales y por tanto no los gestionan. Además, no existen garantías de que estos equipos estén aprovechando al máximo su potencial al no utilizar métodos o técnicas apropiadas para el desarrollo integrado de productos.

Es aquí donde entran las nuevas **metodologías** orientadas a mejorar el diseño y desarrollo de productos, que constituirán el tercer pilar básico de la IC. Metodologías como el Despliegue de la Función de Calidad, Técnicas Taguchi o Diseño para Fabricación y Ensamblaje pueden mejorar el diseño concurrente de los productos.

Además podemos apoyarnos en las **tecnologías de apoyo asistidas por ordenador** y utilizar las nuevas herramientas de CAD/CAM/CAE, que permitirán reducir el tiempo de diseño y fabricación, y que constituyen el cuarto pilar básico.

En las empresas existe una gran cantidad de información que necesita ser transmitida: dibujos, datos, planos, informes, planes de procesos, ordenes de trabajo, etc. Esto puede realizarse de muchas formas diferentes y por diversos medios, comportando una difícil gestión. Para aquellas compañías que están distribuidas geográficamente o que poseen una oficina técnica con un número considerable de empleados, que deben relacionarse entre sí a distintos niveles, este tipo de comunicación puede ser difícil de conseguir. De esta manera la asistencia de computadoras con redes internas de trabajo (*Intranets*), redes externas (*Internet*) y el Intercambio Electrónico de Datos (*Electronic Data Interchange*, EDI) puede ser un prerequisite para trabajar con éxito en entornos avanzados de IC. Estos sistemas y su **arquitectura**, constituyen lo que podemos denominar el quinto pilar.

Así pues, y desde nuestro punto de vista, para conseguir una implantación con éxito, existen cinco ámbitos en los que se debe mejorar, para conseguir un entorno de Ingeniería Concurrente:

1. **Modelización y Control** del Proceso de Desarrollo de Producto.
2. Creación de **Equipos de Trabajo** Multidisciplinares.
3. Establecimiento de **Metodologías Formales de Diseño**.
4. Utilización de las **Tecnologías de apoyo Asistidas por Ordenador**.
5. Determinación de la **Arquitectura** de los Sistemas de Información.

De esta manera, la estrategia de implantación de un entorno de Ingeniería Concurrente deberá estar basada en el análisis de estos elementos, en la mejora de los mismos y en la definición de cómo deberían estar relacionados.

3. 2. Modelización y Control del Proceso de Desarrollo de Producto.

La implantación de la Ingeniería Concurrente debe realizarse paso a paso, y debe enfatizarse el cambio de la cultura de la compañía a través de un conocimiento profundo del proceso de desarrollo de producto. Para ello deberemos conseguir un ambiente de trabajo sólido alrededor de la mayoría de los procesos secuenciales, pero que por ser altamente iterativos deben orientarse hacia la integración.

La complejidad del sistema empresa, en el que las decisiones van a ser tomadas por grupos interdisciplinarios con métodos y necesidades distintas, requiere la utilización de modelos. Un modelo describe lo que hace el sistema (subsistema o proceso), aquello que controla su funcionamiento, las cosas sobre las que actúa, los medios que utiliza y lo que produce.

Davenport [Davenport, 93] define un proceso como “*un conjunto estructurado de actividades relacionadas lógicamente mediante flujos de información o materiales, para producir una determinada salida, para un determinado cliente o mercado, mediante los que una organización alcanza sus objetivos*”.

Así pues, la primera tarea que debe plantearse una empresa a la hora de implantar un entorno de IC, es el análisis de su proceso actual de diseño y fabricación; determinando dónde entran en juego los distintos departamentos de la empresa y cómo se interrelacionan ([Rembold, 91], [Cleetus, 92b], [Prasad, 96b], [Bryant, 96],). Un estudio exhaustivo de las diferentes informaciones que llegan y se distribuyen en la empresa, a la hora de crear un nuevo producto, va a ser vital en la transformación y posterior adaptación a la nueva filosofía de la IC.

La modelización de procesos nos permitirá determinar el marco sobre el que establecer el proceso de desarrollo del producto dentro de su Ciclo de Vida. Mediante la modelización podremos definir los nuevos esquemas o procesos propios del nuevo enfoque y que, sin lugar a dudas, repercutirán en una mayor definición del proyecto de transformación a abordar. Sin embargo, construir un modelo para su gestión será una tarea difícil, pues dependerá de la estructura de la empresa y del tipo de producto que desarrolle.

3. 2. 1. Técnicas de Modelización.

Para realizar la modelización de procesos existen diversas y variadas técnicas para representar gráficamente el proceso, mostrando la secuencia de pasos, tareas o actividades utilizando símbolos e iconos estándares. De esta manera podemos obtener una ‘fotografía’ de cómo trabajan las personas o grupos de gentes.

Entre las metodologías de modelización más extendidas encontramos la metodología IDEF, inicialmente desarrollada por el ICAM (*Integrated Computer Aided Manufacturing Program*) de la *US Air Force* [USAF, 81], y las Redes de Petri [Dicesare, 93b] que son una representación matemática de sistemas. Para una modelización sencilla es recomendable utilizar el modelado en IDEF.

Por otra parte, existen otras metodologías de modelado como los diagramas de flujo, que pueden representar las distintas iteraciones entre grupos y el tipo de comunicación establecida (oral, escrita o electrónica).

3. 2. 1. a. IDEF.

IDEF (*Integration Definition For Function Modeling*), es una metodología para el modelado de sistemas basada en una combinación de gráficos y texto presentados de forma organizada y sistémica [IDEF, 99]. El primero de los estándares, el modelado IDEF0, está constituido por una serie jerárquica de diagramas que van mostrando descripciones cada vez mas detalladas de las funciones del sistema y sus interrelaciones (Figura 3.1).

En los diagramas IDEF0 todas las funciones y relaciones se representan mediante cajas (*funciones*) y flechas (*datos u objetos*). El lugar por donde entra o sale una flecha respecto la caja indica su tipo (Figura 3.1). Los *controles*, que gobiernan y regulan la operación (función), entran por la parte **superior**. Las *entradas*, *datos u objetos* que son transformados por la operación, entran por la **izquierda**. Las *salidas* de la operación salen por la **derecha**. Las flechas que representan los *mecanismos* o los medios empleados en la operación entran por la parte **inferior** [USAF, 81].

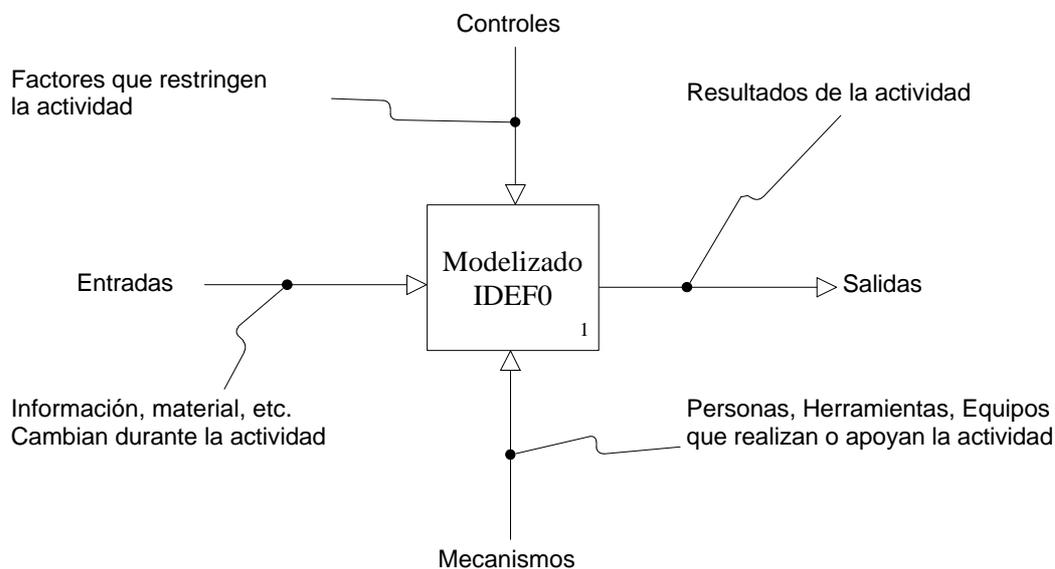


Figura 3.1. Metodología de Modelización IDEF0.

Estas cajas y flechas se utilizan para relacionar en un diagrama varias subfunciones de una función más general. Este diagrama, llamado "diagrama de restricciones" (Figura 3.2), muestra las conexiones específicas que condicionan cada subfunción, así como también muestra las fuentes y destinos de las conexiones. En la figura la función B esta condicionada por una entrada y dos controles, y produce una salida que a su vez condiciona la función C.

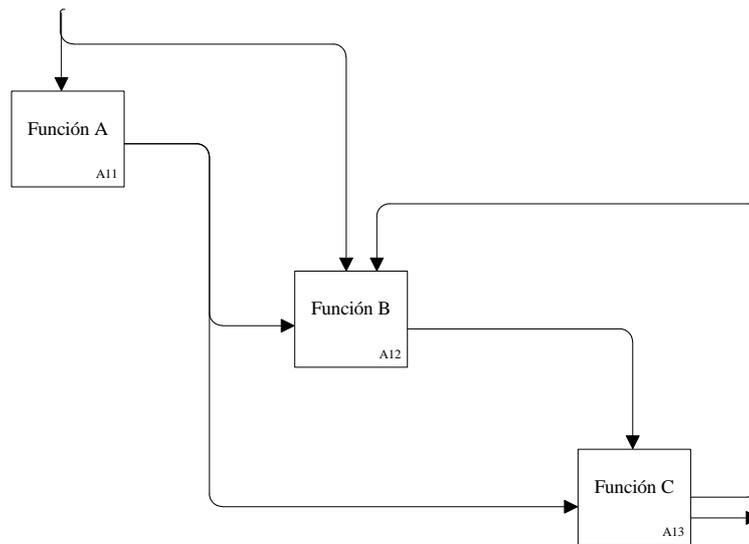


Figura 3.2. Diagrama de Restricciones.

El término restricción se utiliza para significar que una función utiliza datos u objetos que entran en la caja, y por tanto está restringido a actuar a través de su conexión con el exterior; la función no puede actuar hasta que le sean proporcionados los contenidos de la conexión, y el modo de comportamiento de la función depende de los detalles de sus contenidos (valor, nivel, número, etc.).

Una de las características más importantes de IDEF0 es que gradualmente se introduce mayor nivel de detalle a lo largo de la estructura de diagramas que constituyen el modelo. De este modo se mejora la comunicación al proporcionar al lector un contenido bien delimitado, con una cantidad manejable de nueva información en cada diagrama.

Un modelo IDEF0 comienza representando todo el sistema como una única entidad, una caja con las flechas que conectan con otras funciones externas al sistema. Este primer diagrama se llama **diagrama de contexto** y debe incluir una breve descripción del punto de vista y del propósito del modelo.

La caja que representa el sistema como un simple módulo se detalla posteriormente en otro diagrama que contiene cajas conectadas mediante flechas (Figura 3.2). Estas cajas representan las subfunciones más importantes de la función padre. Cada una de estas subfunciones puede descomponerse a su vez exponiendo un mayor nivel de detalle.

Cuando se detalla una caja, siempre se realiza en un diagrama hijo que contiene entre tres y seis cajas. El límite superior de seis fuerza a utilizar la descomposición jerárquica para describir funciones complejas. El límite inferior de tres asegura que la descomposición sea relevante. En un diagrama hijo siempre están presentes todas las flechas de la caja padre como flechas frontera del diagrama (Figura 3.3).

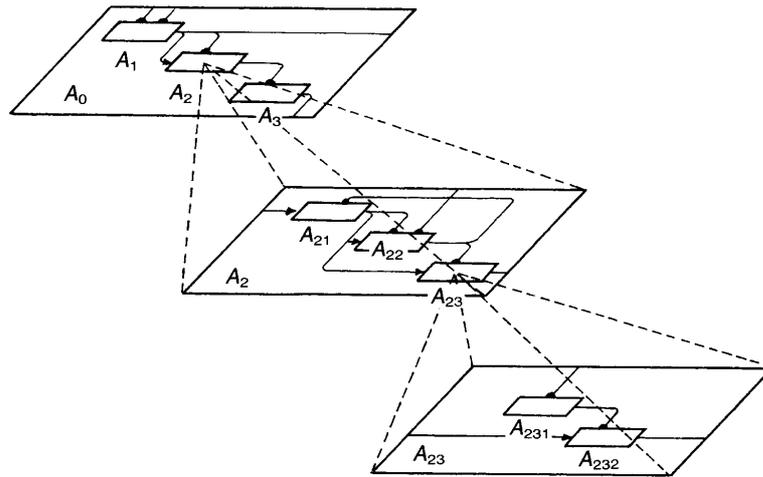


Figura 3.3. Despliegue jerárquico de Diagramas.

El método de modelización IDEF tiene rango de estándar [NIST, 93], y ha evolucionado hacia nuevos modelos que buscan mejorar la determinación del flujo de información. IDEF1 fue la primera evolución y es un método que, a diferencia de IDEF0, permite distinguir entre ciertos aspectos como objetos reales (con asociaciones físicas o abstractas), la información y su estructura de datos. IDEF1 proporciona un conjunto de reglas y procedimientos para guiar el desarrollo de modelos de información.

El estándar IDEF1X es un método que permite diseñar bases de datos relacionales y por lo tanto es más útil cuando se conocen los requerimientos de información y se ha tomado la decisión de utilizar este tipo de bases de datos. IDEF1X se diferencia básicamente de IDEF1 en que representa el conjunto de datos del ámbito real (Figura 3.4).

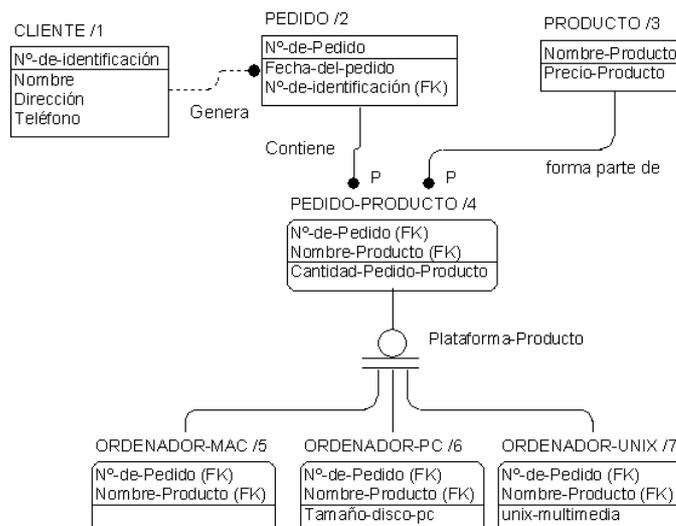


Figura 3.4. Metodología de Modelización IDEF1X.

Por otra parte, IDEF3 sirve para modelizar el estado del flujo de Procesos y Objetos de manera que proporciona un mecanismo para definir y documentar procesos [IDEF, 99]. El estándar recopila las relaciones precedentes y causales entre situaciones y eventos de una forma natural; proporcionando así a los expertos un método estructurado para expresar el conocimiento sobre cómo trabaja un sistema, proceso u organización.

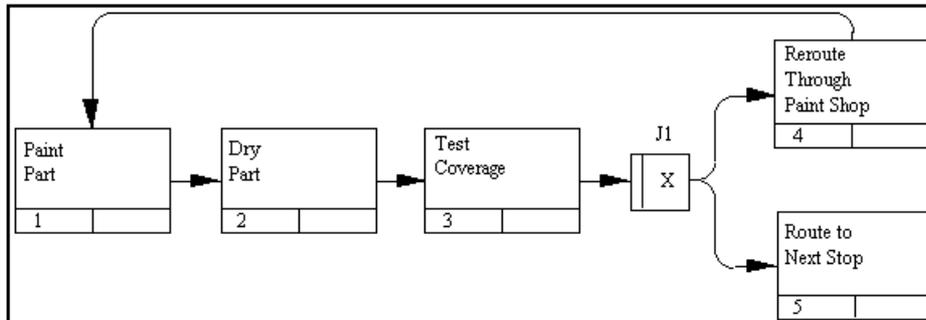


Figura 3.5. Metodología de Modelización IDEF3.

IDEF4 es un método diseñado para ayudar en la aplicación de la tecnología de programación orientada a objetos. De esta forma se previene la posibilidad de crear modelos ambiguos, diseñados de forma que induzcan a errores en cuanto a su reutilización, modularidad o actualización.

Finalmente, IDEF5 es un método propuesto para construir ontologías (proveniente de la metafísica, que busca las categorías fundamentales que definen un objeto y su taxonomía), detectando afirmaciones de los objetos de la vida real, sus propiedades e interrelaciones. IDEF5 utiliza un vocabulario, definiciones rigurosas y categorización de las diferentes conexiones lógicas entre objetos.

Se trata por tanto de un conjunto de métodos que, combinados con otras técnicas de ingeniería empresarial como la simulación con elementos discretos, permiten representar de forma comprensiva la estructuración del conocimiento para cada proceso.

Asimismo proporcionan la base para diseñar nuevos entornos y evaluar de que manera el proceso de cambio influirá en la empresa antes de que se comprometan gastos y recursos.

3. 2. 1. b. Diagramas de Flujo.

La modelización mediante Actividades Funcionales, Flujos y Conexiones entre datos puede ser otro método tradicional muy interesante en la modelización de procesos para establecer los entornos de IC. Los bloques e iconos son medios usuales para reflejar los distintos tipos de actividades; además se pueden utilizar diferentes tipos de líneas para reflejar el flujo de información y las distintas relaciones entre datos. Las líneas de flujo pueden representar los canales de comunicación o direcciones de flujo, y el tipo de línea puede simbolizar el tipo de datos que se transmite.

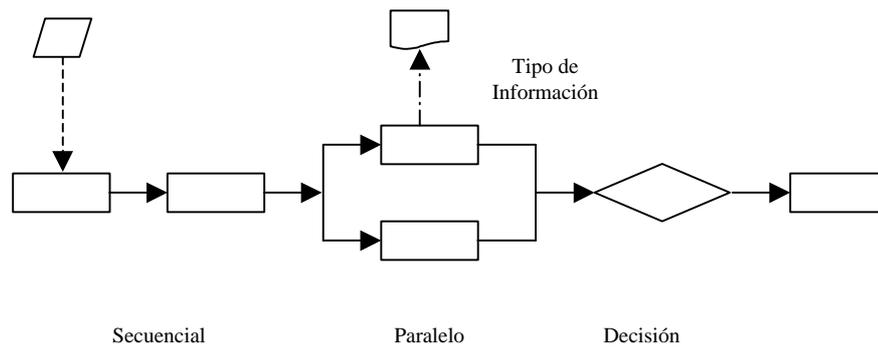


Figura 3.6. Diagrama de Flujo.

3. 2. 2. Sistemas de Indicadores para Controlar el Proceso de Desarrollo de Producto.

La utilización de sistemas de indicadores podrá ayudar a la gestión y control del proceso de desarrollo de producto, y permitirá identificar y verificar las mejoras. Además, ayudará en el desarrollo de nuevos modelos del proceso de desarrollo de producto.

Un entorno de IC alineado con los sistemas de calidad total también lo está con los objetivos estratégicos de la empresa; por lo que deberemos utilizar toda una serie de medidas para integrarlo con la planificación global de la empresa.

Por otra parte, la importancia de definir un sistema de indicadores en la implantación de entornos de IC, nace de la necesidad de conocer si los principios de la IC se están utilizando y hasta qué grado.

Una vez establecido el entorno de IC, será necesario definir un sistema de *Indicadores de Proceso*, tanto de inductores de actuación como de indicadores de resultados, para controlar y medir las diferentes tareas comparándolas con los métodos de trabajo anteriores.

Los sistemas de indicadores deben cumplir ciertas características de forma global como:

- Ser simples, objetivos y estar disponibles fácilmente.
- Estar definidos con claridad y precisión.
- Ser válidos, deben medir la propiedad que se pretende.
- Ser robustos, insensibles a cambios poco significativos en el proceso o producto.

Para establecer un sistema de indicadores de proceso es necesario definir claramente el proceso que se debe controlar, por lo que partiremos preferiblemente de un modelo IDEF0 o de un diagrama de flujo. El proceso a seguir para definir los sistemas de indicadores necesarios para controlar el proceso de IC queda reflejado gráficamente en la Figura 3.7 [USDoE, 99].

Es importante destacar que, en los métodos de diseño tradicionales, los sistemas de indicadores sobre el desarrollo de nuevos productos son generalmente pobres o inexistentes; se puede constatar que entre otras circunstancias se ignoran sistemáticamente los altos costes del retraso que suponen los cambios de ingeniería de última hora.

El énfasis de la IC en la mejora del proceso completo de desarrollo de producto, significa que se debe utilizar un nuevo sistema de indicadores de medida como, por ejemplo, el número de órdenes de cambios de ingeniería, o la pérdida de cuota de mercado por un retraso en el lanzamiento del producto, entre otros.

Debido a que el beneficio más directo de la IC es el desarrollo de productos mejores, más baratos y más rápidamente, podemos utilizar indicadores alrededor del incremento o decremento de la concurrencia, es decir de las actividades desarrolladas en paralelo y de la reducción del tiempo global de desarrollo de producto. Los fallos más comunes pueden reflejar una reducción de la concurrencia, especialmente en las primeras fases del desarrollo de producto.

Es importante recalcar que el éxito de la IC implica incrementar el número de restricciones a considerar en cada punto de la toma de decisiones del proceso de desarrollo. Por esta razón, el incremento del número de restricciones establecidas puede ser otro indicador del proceso.

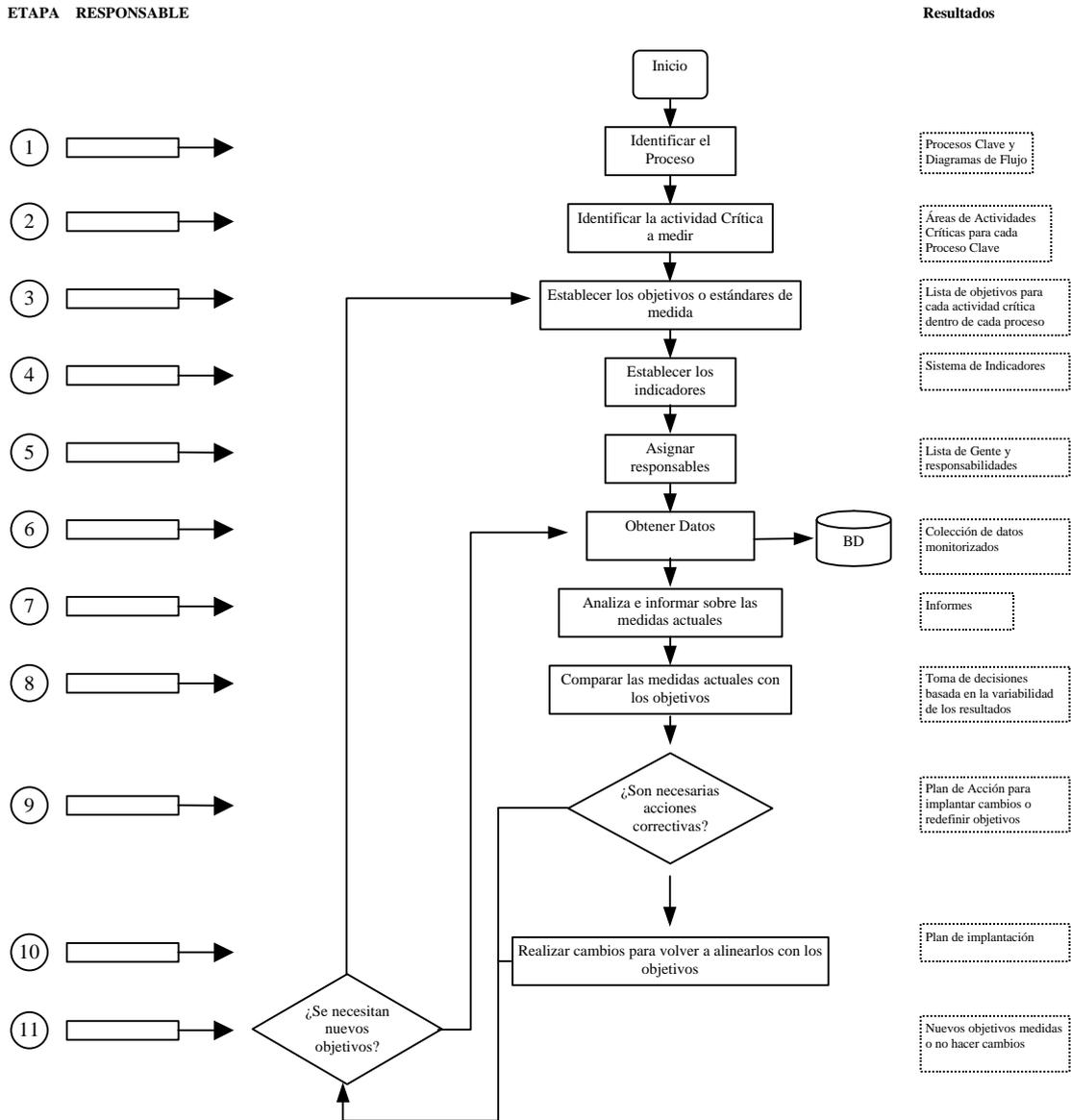


Figura 3.7. Proceso de establecimiento de Indicadores de Proceso (fuente [USDoE, 99]).

El procedimiento para definir un sistema de indicadores para un proceso viene caracterizado por la definición del propio proceso y la determinación de las actividades clave que se quiere medir. A partir de aquí se establecen los indicadores más adecuados y significativos, asignándose un responsable para cada etapa del proceso y un responsable para el mantenimiento y control de cada indicador.

En cuanto a los diferentes tipos de Indicadores de Proceso que pueden establecerse cabe destacar la clasificación realizada por el informe final de DICE [CERC, 93], que los divide en primarios y secundarios, atendiendo al ámbito de aplicación. Los *primarios* pueden dar una idea de si se cumplen los objetivos generales planteados con la aplicación de la IC en el desarrollo de producto, pero no dicen lo que está bien en el proceso.

Por su parte, los indicadores *secundarios* dan un análisis detallado del proceso y muestran puntualmente dónde se producen desviaciones. A su vez ambos indicadores pueden ser en línea o fuera de línea, según nos den valores durante o finalizado el proceso.

La Tabla 3.1 nos muestran una serie de posibles indicadores primarios de resultado con su descripción, el método de medida, sus unidades y los valores objetivo preferentes.

Indicador	Descripción	Método	Unidades	Objetivos Preferentes
Tiempo Total de Desarrollo del Producto	Tiempo desde el inicio del proyecto hasta la producción a gran escala. Primario	Registros, Calendario, Horas en personal	Tiempo	Mínimo
Coste del Ciclo de Vida del producto	Costes atribuidos al producto incurridos en su proceso de desarrollo, fabricación y retirada. Primario	Valoraciones y estimaciones	Monetaria	Mínimo
Calidad del Producto	Medida de la calidad global del producto desde distintas perspectivas (Diseño Fabricación logística). Primario	Cuestionarios, Análisis, Pruebas.	Variable	Variable

Tabla 3.1. Distintos tipos de Indicadores Primarios de Resultados para el Proceso de Desarrollo de Producto.

Estos indicadores primarios están relacionados con otros de carácter secundario que permiten obtener medidas puntuales sobre el proceso, tal y como muestra la Tabla 3.3.

Indicador	Descripción	Método	Unidades	Objetivos Preferentes
Tiempo Dedicado por Fase	Tiempo dedicado en una fase de proceso de desarrollo de producto. Secundario	Programación temporal	Tiempo	Corregir las desviaciones respecto de lo esperado
Coste Incurrido por Fase	Costes atribuidos a cada fase en el proceso de desarrollo. Secundario	Registros	Monetaria	Corregir las desviaciones respecto de lo esperado
Indice de Satisfacción del Cliente	Medida sobre las prestaciones del producto así como del nivel de satisfacción del servicio posventa. Secundario	Cuestionario	Grado de Satisfacción	Máximo

Tabla 3.2. Indicadores Secundarios de Resultados, relacionados con los primarios, para el Proceso de Desarrollo de Producto.

La lista de indicadores secundarios para controlar el proceso es muy amplia y debe definirse en función del tipo de producto y de las actividades relacionadas con el proceso de desarrollo.

Por último, el sistema de indicadores debe completarse con aquellos inductores de actuación que permitan identificar las causas de los resultados obtenidos. En la Tabla 3.4 podemos observar una serie de Inductores de Actuación secundarios que pueden influir en el proceso de desarrollo de producto.

Indicador	Descripción	Método	Unidades	Objetivos Preferentes
Número de Ordenes de Cambios de Ingeniería	Cambios que se producen debidos a errores en el diseño durante el proceso de desarrollo. Secundario	Registro de cambios	Número de cambios	Mínimo
Indice de utilización de herramientas	Estimación de herramientas utilizadas en el proceso. Secundario	Observación	Ninguna	Máximo posible
Indice de Concurrencia	Número de actividades involucradas en el proceso que trabajan simultáneamente. Secundario	Ratio	Ninguna	Máximo posible
Prestaciones de los sistemas de Información	Tiempo para acceder y recuperar información. Secundario	Observación y Registros de los miembros del equipo	Tiempo	Mínimo

Tabla 3.3. Inductores de Actuación Secundarios para controlar el Proceso de Desarrollo de Producto.

3. 3. Creación de Equipos Multidisciplinares.

El elemento más indiscutible y relevante de la Ingeniería Concurrente es la utilización de equipos de trabajo interdisciplinares o interfuncionales, más comúnmente referidos como *Equipos de Trabajo Multidisciplinares*. El núcleo de la filosofía de la IC consiste en agrupar especialistas con experiencia, y con distintas perspectivas sobre el proceso de desarrollo de producto, para trabajar de una forma integrada.

Sin embargo, realizar trabajos en equipo no ha sido una técnica habitual para muchas de las empresas occidentales y especialmente españolas. Ahora bien, también es importante aclarar que la utilización en sí misma de equipos multidisciplinares no significa necesariamente haber alcanzado la IC, pues ésta conlleva toda una serie de estilos y predisposiciones que van más allá de trabajar en grupo; por lo que se hace necesario todo un proceso de transformación hacia esta nueva manera de trabajar.

En la creación de Equipos de IC, consideramos que existen dos tareas fundamentales a abordar: **la definición del equipo multidisciplinar y su gestión.**

La primera tarea, la propia *definición* del equipo, incluye actividades cruciales como la determinación de las áreas que se verán involucradas en el proceso concurrente de desarrollo del producto. La definición implicará elegir a los miembros que sean capaces de representar a las áreas y el nombramiento de un líder del equipo.

El otro aspecto importante es la *gestión* del equipo, que no solo supone lograr la consecución del cambio cultural y estructural, sino también tratar con diferentes aspectos del trabajo en paralelo y con diferentes actitudes. Para acomodar y permitir a los miembros del equipo trabajar de una manera eficiente, es necesario que la actividad de trabajo en equipo se refuerce con la formación continua, tanto de los miembros del equipo como de la alta dirección, que también se ve implicada en todo el proceso de transformación. Asimismo, será de vital importancia establecer las formas y los canales de comunicación entre los miembros.

También cabe destacar por su importancia, que el equipo multidisciplinar de IC debe apreciar claramente y desde el inicio que su papel no es el de un comité casual, sino de un grupo de personas expertas en diversas áreas requeridas para competir con éxito en el diseño de producto.

3.3.1. Definición del Equipo Multidisciplinar.

La concreción en un Equipo Multidisciplinar, que poseerá la responsabilidad del desarrollo concurrente del producto, es una tarea difícil y de este dependerá en gran manera el éxito o el fracaso del despliegue de la IC. La definición debe basarse en el modelo inicial de proceso de desarrollo de producto propuesto, donde quedarán reflejadas las actividades y sus interacciones mediante los distintos flujos de materiales y de información. El equipo deberá estar compuesto por expertos que representen a todas las áreas de la empresa involucradas en las distintas fases del desarrollo de producto; que a su vez deberán actuar de comunicadores con sus áreas transmitiendo las decisiones tomadas por el equipo de diseño.

Como indica la propia definición de la IC debe contemplarse todo el *Ciclo de Vida del Producto*, y esto significa que no sólo deberán estar presentes ciertas áreas de la empresa, sino que también se debe involucrar a clientes, suministradores y subcontratistas, con un programa de relaciones a largo plazo, implicándolos en el propio equipo del proceso de desarrollo (Figura 3.8).

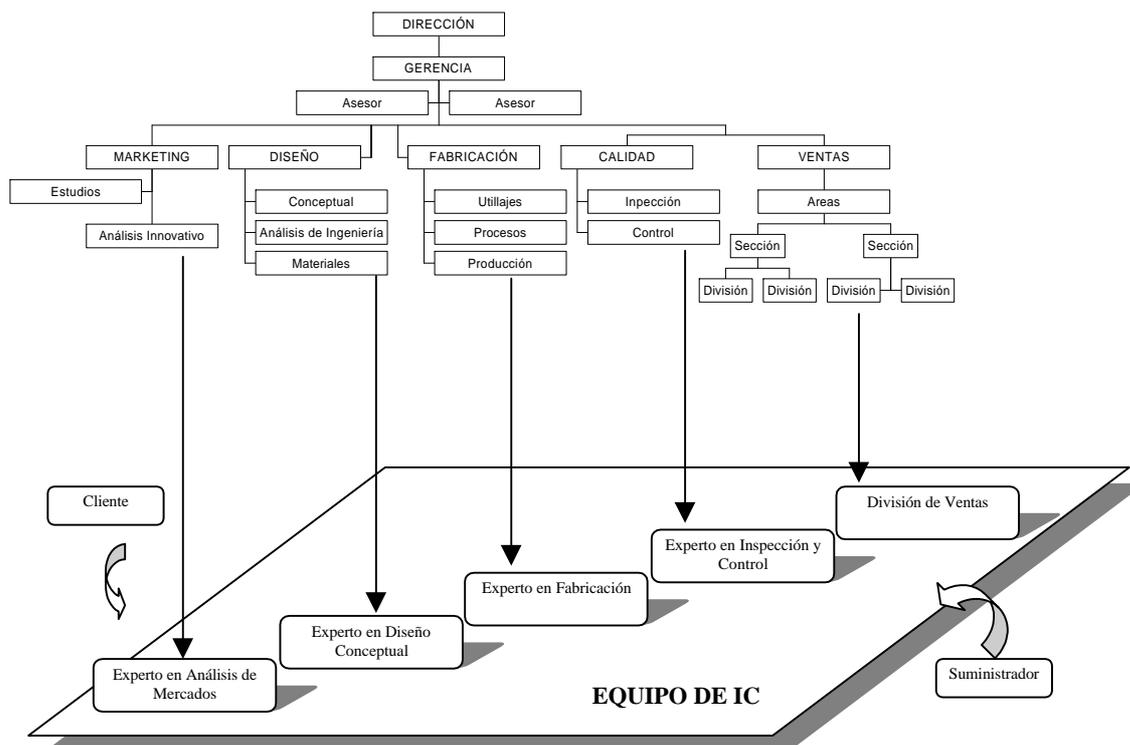


Figura 3.8. Áreas de la empresa representadas en un Equipo de Ingeniería Concurrente.

Los equipos multidisciplinares de IC deben tener unas características diferenciadas respecto a cualquier otro tipo de equipo establecido dentro de la empresa. En este sentido podemos decir que existen cuatro características clave que permitirán poder impulsar esta filosofía de equipo: *multifuncionalidad, profesionalidad, compromiso y responsabilidad*.

El equipo debe ser, obviamente, **multifuncional**, y concebirse por tanto desde las principales áreas de la empresa: diseño de producto, ingeniería de procesos, fabricación, marketing, servicios, compras y una selección de distribuidores. La **profesionalidad** y experiencia de los miembros del equipo debe garantizarse para conseguir sus objetivos. Asimismo, es necesario el **compromiso** de los miembros del equipo y de la alta dirección, que deben apostar por la filosofía de la integración empresarial. Durante la selección, la existencia de personalidades dominantes puede ser una seria desventaja para crear un espíritu de equipo. Por esta razón, el proceso de selección debe considerar inherente el deseo de tomar parte y de comprometerse con el trabajo en equipo por parte de los miembros.

Finalmente, al equipo se le debe de dar **responsabilidad** y autoridad para la toma de decisiones en todo el proceso, permitiendo así que se consiga el desarrollo rápido de productos. Si se da altos niveles de independencia y decisión, se incrementará la motivación y el compromiso de los miembros del equipo, estableciendo así un sentimiento de pertenencia común al equipo e identidad con el proceso. Una de las maneras de proporcionar autoridad es implicar a un alto directivo como miembro del equipo y, posiblemente, como líder.

El objetivo final es desarrollar un equipo perfectamente equilibrado, con la experiencia y práctica apropiada para el desarrollo de productos. El tamaño del equipo debe permitir una gestión eficaz, por lo que no debe exceder de diez o doce miembros. En el caso de que el producto fuese excesivamente complejo, sería necesario fraccionar el equipo en varios subequipos; siendo responsable cada subequipo de ciertos subconjuntos o componentes principales.

Si esto fuere necesario habría que distinguir entre el equipo principal y los equipos operativos. El equipo **principal** sería el responsable de establecer y controlar los recursos y acotar los tiempos de desarrollo para cada subconjunto y también revisaría el progreso del diseño, correlacionándolo con el departamento de marketing. Este equipo estaría formado por un responsable de la alta dirección y por los responsables de cada subequipo y tendría la tarea de formar una serie de equipos operativos, mantener su dinámica hasta que de por finalizado el proyecto de desarrollo de producto. Los equipos **operativos** serían los encargados del desarrollo de los subconjuntos para la creación del nuevo producto.

En este caso la coordinación de todos los equipos se complica, y es necesario una comunicación muy fluida y efectiva entre los miembros. En este sentido, existen distintos tipos de entornos de IC, con diferentes medios de comunicación, que se desarrollarán en función de las personas implicadas y de las herramientas utilizadas en el diseño de producto. Básicamente, existen dos enfoques diferentes para la implantación de Equipos de IC en cuanto a la metodología de trabajo:

1. Equipos de IC en base a la realización de reuniones presenciales o virtuales donde *se integran los profesionales de la empresa*, seleccionados por sus conocimientos y capacidad para influir en el diseño del producto y del proceso, que al identificar los problemas potenciales en las fases iniciales y tomar las acciones oportunas evitan toda una serie de correcciones o repasos. Enfoque que es el inicial y que con los últimos desarrollos en las tecnologías informáticas no supone necesariamente que estos expertos tengan que abandonar sus áreas funcionales, pudiendo desarrollar su colaboración desde sus departamentos.

2. Equipos de IC que utilizan *sistemas de ingeniería asistidos por ordenador*, surgidos como ampliación del enfoque inicial ante las dificultades de gestión de estos equipos, el conocimiento limitado de sus miembros y su coste de mantenimiento. Enfoque basado en la utilización de una serie de herramientas informáticas en las que la filosofía de la IC enlaza con una serie de operaciones lógicas y utilidades dirigidas a la justificación u optimización de los diseños con respecto a todo su ciclo de vida.

Enfoques que no son excluyentes y que podrán desarrollarse en función del nivel tecnológico de la empresa compatibilizando las reuniones presenciales, las reuniones virtuales y el desarrollo de producto utilizando las tecnologías de la información.

El segundo enfoque, que podemos denominar Equipos de *Ingeniería Concurrente Asistidos por Ordenador* (ICAO), merecerá una mayor atención por nuestra parte por cuanto utiliza la potencia de las nuevas tecnologías no sólo para las comunicaciones sino además para todos aquellos aspectos relacionados con el diseño y la innovación del producto. Así la asistencia de las tecnologías de la información permitirá desarrollar más eficientemente la estrategia establecida en cuanto a la mejora del proceso de desarrollo del producto.

3. 3. 1. a. Los miembros del equipo y sus estilos.

Una vez definido el equipo de Trabajo, los miembros del equipo deben trabajar con unos objetivos comunes, de manera que den prioridad al trabajo en equipo frente a los objetivos parciales de sus departamentos o áreas disciplinares.

Las características de los miembros de un equipo pueden ser muy diversas en función del tipo de producto desarrollado y del tipo de empresa. Así la elección de los miembros dependerá de la unidad de negocio y del proceso seleccionados para implantar la IC.

Es muy importante definir previamente de forma clara y concisa las tareas del equipo, pues esto es determinante, ya que no todas las tareas pueden ser tratadas con éxito por el mismo equipo. Existen diversas metodologías para seleccionar los miembros de un equipo multidisciplinar, pero cabe destacar la desarrollada por Mankin [Mankin, 96], la cual está orientada a equipos basados en las tecnologías de la información.

Sin embargo, en todo proceso de selección hay que asegurar un equilibrio entre las personalidades y características de las tareas que el equipo tiene que desarrollar. Según Pawar [Pawar, 92] este equilibrio debe realizarse en base a los diferentes tipos de actitudes que han podido contrastarse (Tabla 3.4).

Impulsivos y Reflexivos	
<i>Impulsivos</i> Generan y discuten ideas. Lanzan ideas de forma espontánea.	<i>Reflexivos</i> Quieren ponderar las ideas de los demás. No quieren compartir hasta estar seguros. Piensan antes de hablar.
Planificadores y Oportunistas	
<i>Planificadores</i> Piensan de un modo ordenado.	<i>Oportunistas</i> Van con el estilo preponderante.
Detallistas y Visionarios	
<i>Detallistas</i> Dan y reciben datos actualizados cuando se comunican.	<i>Visionarios</i> Evalúan los datos, y establecen rápidamente interacciones y modelos.
Conservadores y Emprendedores	
<i>Conservadores</i> Consideran pros y contras de los hechos	<i>Emprendedores</i> Subjetivos basando la toma de decisiones en el valor. Buscan la cooperación y las condiciones de trabajo armoniosas.

Tabla 3.4. Distintos tipos de actitudes que pueden darse entre los miembros de un equipo de trabajo.

3. 3. 1. b. Liderazgo.

La formación del equipo de IC conlleva la elección de un líder que lo dirija y que sea capaz de inspirar compromisos y entusiasmo a los miembros. El líder del equipo debe ser un buen gestor que inculque el espíritu de equipo entre sus miembros y enfatice las tareas cooperativas y comunes frente a las críticas destructivas, generadas por visiones parciales. La verdadera marca de un líder eficiente es la cualidad de ganarse y mantener el respeto y confianza de los miembros del equipo.

Para Adler [Adler, 89] es fundamental la implicación de la alta dirección en las fases previas de cualquier proyecto de mejora tecnológica, por lo que resulta indispensable que la persona que lidere el proyecto de innovación e incluso el equipo de IC sea un miembro de la misma; idea sobre la cual coinciden la mayoría de los autores.

Por su parte Pawar [Pawar, 92], define perfectamente las cuatro cualidades de liderazgo que deben ser relevantes a todos los niveles de una organización y que son, por tanto, de aplicación a los equipos de IC.

La primera cualidad es la **efectividad**, los líderes efectivos demuestran competencia profesional y un conocimiento profundo del trabajo a desarrollar; además poseen facilidad de transmitir estas prácticas y el conocimiento a los subordinados. Este tipo de líderes tiene desarrollada la capacidad de la visión global de un proyecto, reconociendo sus extensiones y limitaciones, y posee la habilidad de comunicarse por cualquier medio oral o escrito.

La segunda cualidad es lo que podría denominarse como **perspectiva de liderazgo**. Esta perspectiva hace ver al líder su posición como una obligación hacia los subordinados, por la cual es recompensado, y no como un privilegio. Esta perspectiva, totalmente opuesta a una perspectiva estrictamente de supervisión, se demuestra a través de las acciones más que con las palabras; tomando interés activo en las personas, en lo que hacen, valorando las ideas y opiniones individuales, y creando las mismas oportunidades para otros.

La tercera cualidad del líder debe ser la **fuerza de carácter**, que además debe complementarse con rasgos como el coraje, la dedicación, la integridad, la determinación y la autodisciplina. La cuarta es la denominada cualidad de la **inspiración**; esto es, la habilidad de capturar la creatividad de los miembros del equipo y motivarlos para que consigan lo que de otra manera hubieran sido incapaces.

3. 3. 2. Gestión de los Equipos.

Gestionar equipos de IC no es una tarea fácil debido a que las actividades serán variadas y de amplio rango, y se desarrollarán en paralelo utilizando procedimientos y datos en tiempo real provenientes de otras áreas. Asimismo, la utilización de nuevos métodos analíticos para el diseño de producto en las distintas fases del proceso supondrá modificar muchas de las prácticas actuales desarrolladas dentro de la empresa [Kusiak, 93].

Un marco general para la gestión de proyectos, donde podemos identificar la importancia de la gestión del equipo, la encontramos en la guía del *Instituto de Gestión de Proyectos* [Duncan, 96] (Figura 3.9).

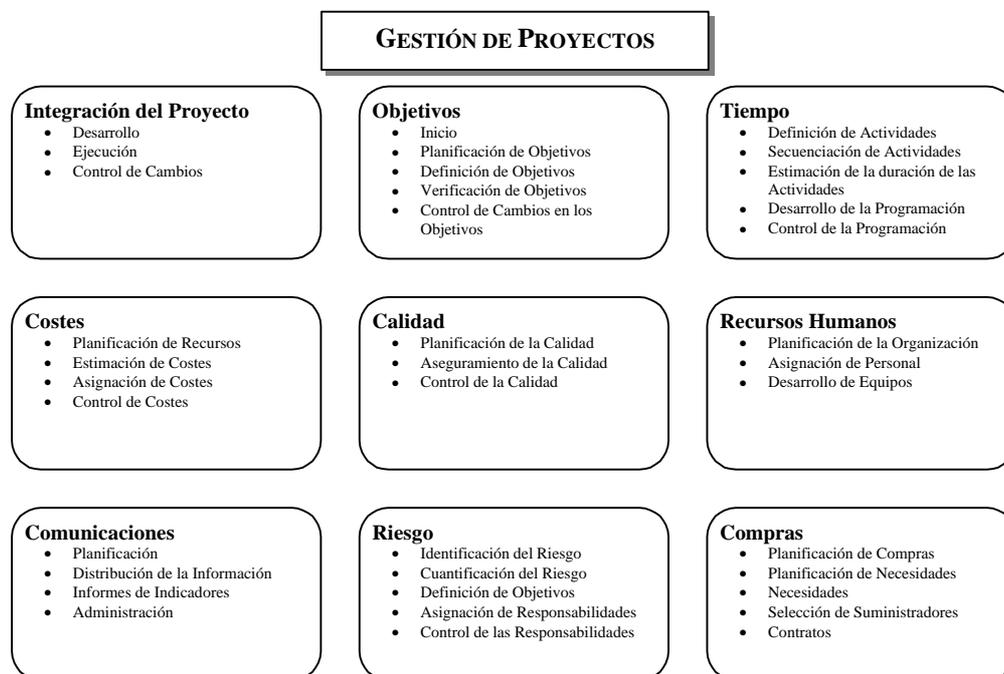


Figura 3.9. Áreas de la Gestión de Proyectos (ã Project Management Institute).

Obviamente todas las áreas son importantes en la gestión de proyectos pero la gestión de los recursos humanos y la gestión del tiempo, entre otras, son cruciales en el caso de proyectos basados en la IC.

En cuanto a la gestión de los Recursos Humanos, para cualquiera de los dos enfoques, la eficiencia del equipo dependerá entonces no sólo de las cualificaciones, experiencia y competencia técnica de los miembros individuales del equipo, sino de cómo se desarrollen las prácticas de trabajo en equipo y del acoplamiento de las personalidades de cada uno de los miembros.

También es importante dotar de los recursos necesarios a todos los miembros del equipo de forma que puedan desarrollarse las actividades en el nuevo entorno de trabajo. Para conseguir una buena integración estos recursos deberán ser capaces de facilitar la gestión de las operaciones internas propias (diseño y fabricación) y todas aquellas operaciones externas (clientes y suministradores).

Para el primer enfoque de trabajo en equipo, durante el proceso surgirán muchos problemas y dificultades que deberán ser abordadas, como por ejemplo la delimitación de niveles de autonomía, autoridad y presupuestos. El equipo debe tomar la responsabilidad total de la gestión del proyecto, controlando las actividades y coordinándolas; para ello es necesario establecer reuniones regulares a lo largo de todo el proceso. Estas reuniones de trabajo son fundamentales en los entornos de IC; para analizar tal efecto existen diversos estudios que demuestran que las empresas que menos reuniones realizaron han obtenido un mayor índice de fracasos en su implantación [Dowlatshahi, 94].

Sin embargo independientemente de la reuniones formales, el desarrollo de productos con equipos multidisciplinares no significa que necesariamente exista una participación activa de todos los expertos en todas las fases del desarrollo del producto. Los expertos deben reunirse periódicamente, simplemente para mantener una continuidad sobre el proceso, y permitir a los individuos consolidar la relación entre terminologías, conceptos y los intereses de los otros miembros del equipo. De esta forma, cada miembro podrá contrastar sus opiniones particulares con las perspectivas de los otros miembros, realizadas desde un dominio específico diferente.

El ritmo de trabajo de las actividades del equipo puede variar a lo largo de las distintas fases del proceso de desarrollo; suelen ser más intensas en las primeras fases e ir disminuyendo conforme se avanza, bien debido a que exista una relajación o porque crezca la desconfianza en la filosofía de la IC. Esto requiere una delicada gestión del ritmo del trabajo por parte del líder en todo el proceso, de forma que mantenga la motivación en los distintos miembros. Uno de los puntos críticos puede ser la aparición de un cuello de botella donde no se encuentren soluciones inmediatas.

Babcock [Babcock, 96], establece ciertas pautas para la gestión de la ingeniería y tecnología. La gestión del tiempo es por supuesto uno de los puntos clave para conseguir desplegar correctamente la IC, para ello se deben utilizar los objetivos parciales o hitos (*milestones*) como única manera de controlar el proceso. Para Babcock el líder deberá establecer reuniones al llegar a las fechas establecidas para comprobar si se están cumpliendo los objetivos parciales. Estos hitos pueden establecerse al elaborar el primer diseño conceptual, al tener el diseño definitivo, antes y después de la construcción del prototipo, antes y después de que las máquinas de producción sean adquiridas o fabricadas, y cuando se realice la producción de la preserie.

Una primera reunión de producción puede tener lugar después de la preserie, otra puede ser seis meses después de la introducción del producto, intercalando otra reunión parcial se mantiene para comprobar si todo ha salido bien. Cada proyecto es diferente, pero por norma general debería mantenerse una reunión de revisión del proyecto mensualmente, aunque también puede hacerse semanalmente o más a menudo si es necesario. Estas reuniones servirán para evaluar el progreso del proceso de desarrollo de producto.

En cuanto a la Gestión del Tiempo podemos utilizar herramientas y técnicas generales para determinar la duración del mismo como las estimaciones o la simulación. Para el desarrollo de la programación se pueden utilizar herramientas y técnicas como el método del camino crítico (*Critical Path Method*, CPM), los gráficos PERT (*Program evaluation and Review Technique*) o los diagramas de Gantt (o diagramas de barras).

Sin embargo, la incorporación de las nuevas tecnologías rompen el concepto de gestión del tiempo y del espacio disfrutado hasta el momento con el enfoque secuencial. Las herramientas de gestión citadas anteriormente deben adaptarse a las nuevas exigencias del proceso de desarrollo y contemplar la complejidad de gestionar tareas que por su naturaleza deben compartir datos dinámicamente, así como recursos distribuidos espacialmente y a los que se debe de poder acceder independientemente de la situación geográfica ([Forgione, 94], [Greef, 95]).

Para el caso concreto de la IC existen toda una serie de propuestas que establecen metodologías de gestión del proceso concurrente, de las que podemos destacar el diseño axiomático de Albano [Albano, 94], o la metodología de diseño cooperativo de Krishnan [Krishnan, 91], que trata la gestión del diseño como un problema de decisión multicriterio y multinivel, y busca la secuencia óptima a todas las alternativas posibles.

Otras propuestas interesantes son las de realizadas por Pourbabai, Gautschi y Dowlatshahi, que plantean diversas metodologías para la gestión optimizada de las actividades de diseño ([Pourbabai, 91], [Gautschi, 90], [Dowlatshahi, 92]).

Conseguir un equipo orientado a un mismo objetivo puede necesitar unos esfuerzos de educación sustanciales en prácticas de trabajo en equipo y técnicas de resolución de problemas, que muchas compañías han adoptado ya como parte de sus iniciativas para implementar la IC.

Una de las actividades principales del equipo será realizar sesiones de brainstorming (tormenta de ideas), esencial en la ejecución de métodos de diseño y en la mayoría de los aspectos de trabajo en IC. Sin embargo, debe tratarse como un brainstorming disciplinado donde cada miembro aporta tanta información profesional como sabe sobre el producto y el proceso.

Las comunicación entre las diversas actividades funcionales y los encuentros con otros miembros del equipo, permitirán las negociaciones, la adquisición de compromisos y la toma de decisiones basadas en la experiencia de todos los miembros. Por ello, una de las actividades más importantes que tendrá el equipo de desarrollo del producto, consistirá en la documentación y archivo de la información sobre las decisiones tomadas.

3. 3. 3. Categorías de Comunicación.

Después de crear los Equipos de trabajo, una de las siguientes tareas que debe realizarse en los entornos de IC consiste determinar las categorías de comunicación con el fin de asegurar la coordinación. En este caso es importante hablar el mismo lenguaje; si la comunicación y el entendimiento personal es ya de por sí difícil, imaginemos cuando las personas están al otro lado de una pantalla de ordenador como puede ser el caso de los equipos de IC virtuales.

Fotta establece cuatro tipo de relaciones en la comunicación [Fotta, 93]. Primero, existirá *consenso* si dos especialistas utilizan la misma terminología para describir el mismo concepto. Aquí no habrá problemas de comunicación ya que los especialistas están pensando sobre lo mismo y utilizando los mismos términos (Figura 3.10).

Por contra, si dos especialistas utilizan diferente terminología para describir el mismo concepto ocurre una *correspondencia*. Aquí existe un problema de comunicación debido a que los interlocutores utilizan diferentes palabras para hablar sobre el mismo concepto. Los especialistas entienden de manera similar aquello sobre lo que están discutiendo, por lo que el problema podría no ser demasiado severo si se identifica y se comunica a los diversos especialistas.

Los problemas de comunicación llegan a ser severos cuando los especialistas tienen diferentes conceptos pero están utilizando la misma terminología para describirlos. Esto es referido como *conflicto*. Finalmente, existirá un problema severo de comunicación cuando los especialistas tengan diferentes conceptos y utilicen diferentes terminologías, esto es referido como *contraste*.

Así pues la comunicación en los equipos de trabajo virtuales debemos procurar que exista siempre **consenso**. Para ello es necesario el desarrollo de correspondencias *entidades - atributos* en las fases iniciales de un proyecto y que el líder del equipo proporcione la terminología utilizada por cada especialista para describir una construcción o modelo.

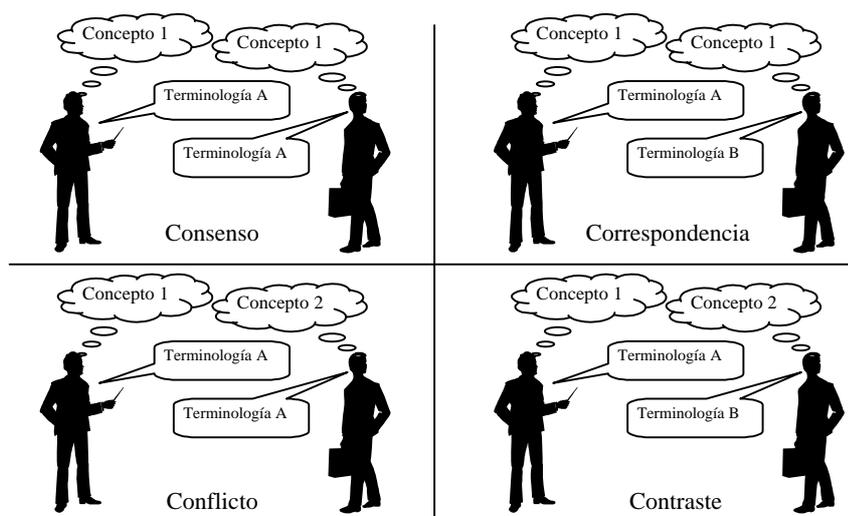


Figura 3.10. Categorías de Comunicación.

3. 4. Establecimiento de las Metodologías Formales de Diseño.

Con el objetivo de reducir los tiempos de diseño, acortar los tiempos de comienzo de la producción, conseguir calidades superiores y menores costes es necesario proporcionar a los ingenieros de diseño métodos y herramientas fáciles de utilizar, que proporcionen resultados rápidamente y respondan a las cuestiones clave del diseño. Estas herramientas reducirán el tiempo requerido para hacer un análisis y supondrán una mejora en el proceso de diseño iterativo, refinando el producto.

En la búsqueda de estas mejoras para el diseño de producto, se han desarrollado toda una serie de metodologías que, desde distintos puntos de vista, analizan determinados aspectos del proceso de desarrollo del producto tratando de mejorar su calidad o prestaciones.

Estas metodologías abarcan prácticamente todas las fases del Ciclo de Vida del Producto, y pueden estar orientadas bien a satisfacer los requerimientos de los clientes o a mejorar el proceso de fabricación y producción, innovando así el producto y el proceso.

La lista de métodos formales actualmente disponibles es muy amplia y diversa; incluye técnicas como el Despliegue de la Función de Calidad (QFD), Métodos Taguchi, Diseño de Experimentos, Gestión de la Calidad Total (TQM), Diseño para Fabricación, Diseño para Ensamblaje, Técnicas de mejora de la productividad (JIT, SMED, OPT, Poka Yoke) o Técnicas de evaluación de la madurez del diseño y de costes, entre otras muchas.

Estos métodos y técnicas pueden proporcionar grandes mejoras y beneficios en el proceso de desarrollo del producto, y así lo avalan experiencias previas en la utilización de estas metodologías. Sin embargo, lo más interesante de estas técnicas radica en que se basan en el trabajo en equipo y crean el espíritu necesario para un desarrollo integrado del producto y del proceso.

Por otra parte, la utilización de las metodologías apropiadas en el momento adecuado del proceso, servirá para reforzar el despliegue de la IC. Tal y como contempla la propia definición de la IC, para trabajar en estos entornos es necesario utilizar una toda serie de técnicas o metodologías de diseño que, junto con las herramientas asistidas por ordenador, hacen posible que el trabajo en equipo sea más fácil y podamos minimizar el proceso de desarrollo de producto.

Cabe describir las metodologías más importantes, que podrán ser utilizadas en la mayoría de entornos de IC, por ser de ámbito general para cualquier proceso de diseño y fabricación de productos. Estas son el Despliegue de la Función de Calidad, las técnicas Taguchi, el Diseño para Fabricación y Ensamblaje y diversas metodologías de Diseño para el Ciclo de Vida.

3. 4. 1. Despliegue de la Función de Calidad.

El Despliegue de la Función de Calidad (*Quality Function Deployment*, QFD) es un método formal pensado inicialmente para trasladar los requisitos fundamentales del consumidor a todo el proceso de diseño y fabricación del producto. El método propone una serie de conexiones entre las distintas funciones relevantes de la empresa, forzando el compromiso de todas las partes en la resolución de los problemas del desarrollo de producto.

La metodología QFD fue difundida a finales de los años 60 y principios de los 70 en Japón por Akao y Mizuno del *Instituto Tecnológico de Tokio*. En 1972 Mizuno utilizó una serie de ‘tablas de calidad’ para ayudar en la planificación del desarrollo de producto, que evolucionaron hacia lo que hoy se conoce como el QFD [Dean, 98a].

El QFD se basa en la elaboración de unas matrices que recogen la voz del cliente (Requisitos) y se van trasladando hasta conseguir detallar las operaciones de los procesos de fabricación (Especificaciones de Ingeniería) [Crow, 96b].

El número de matrices se determina en función de las propiedades, complejidad del producto y de los niveles de detalle requeridos; la estructura de todas las matrices de translación posee una configuración similar. La primera matriz, conocida como la ‘Casa de la Calidad’ (*House of Quality*, HOQ) [Hauser, 88], tiene la estructura más general (Figura 3.11) y en la misma se pueden distinguir seis tipos de elementos (Tabla 3.5).

Elementos	Contenido
1	Lista de Requisitos del Cliente y prioridades relativas (QUÉ’s).
2	Lista de Especificaciones de Ingeniería (CÓMO’s).
3	Matriz de relación entre las Especificaciones de Ingeniería o Matriz de Correlación (TECHO).
4	Matriz de relaciones “Requisitos del Cliente – Especificaciones de Ingeniería”.
5	Valoración Competitiva de los Clientes.
6	Valoración Competitiva de los Técnicos.

Tabla 3.5. Elementos de la House of Quality.

El proceso de diseño con la metodología QFD empieza con la identificación de los requisitos clave para el cliente (1). Estos requisitos se traducen en especificaciones de ingeniería (2) que contienen los requisitos de diseño. Así, el QFD muestra la relación entre los requisitos del cliente (facilidad de uso de un producto, por ejemplo) y los requisitos de diseño/ingeniería (características mecánicas o de funcionamiento). El proceso de la función de calidad QFD también asigna un nivel de importancia a cada requisito del cliente.

A partir de aquí se puede obtener información adicional por medio de la correlación entre los requisitos de ingeniería (3), el grado de competitividad (5) y la evaluación técnica sobre la relación entre los requisitos de ingeniería y diseño (6). Hay que destacar que la estructura de las matrices puede variar en función de la aplicación y del nivel de detalle deseado o de la adecuación a cada producto.

Conseguir reflejar correctamente la voz precisa del cliente es el elemento más crítico para desarrollar con éxito el QFD. La ‘voz del cliente’ puede obtenerse a través de estudios o sondeos de mercado, datos de mercado, quejas de los clientes o evaluando los productos de los competidores. Para cumplir el objetivo de satisfacer las necesidades de los clientes y hacer un producto mejor que el de los competidores, el equipo de diseño debe saber dónde se encuentra en relación a sus competidores (5).

Al mismo tiempo, el equipo debe poner atención en el techo de la casa (3) ya que un cambio de ingeniería puede afectar a otras especificaciones. Este hecho es el que hace necesario el diálogo, la negociación con otros departamentos y la toma de decisiones basada en el compromiso de cumplir la estrategia de la empresa y sus prioridades competitivas [Sivaloganathan, 97].

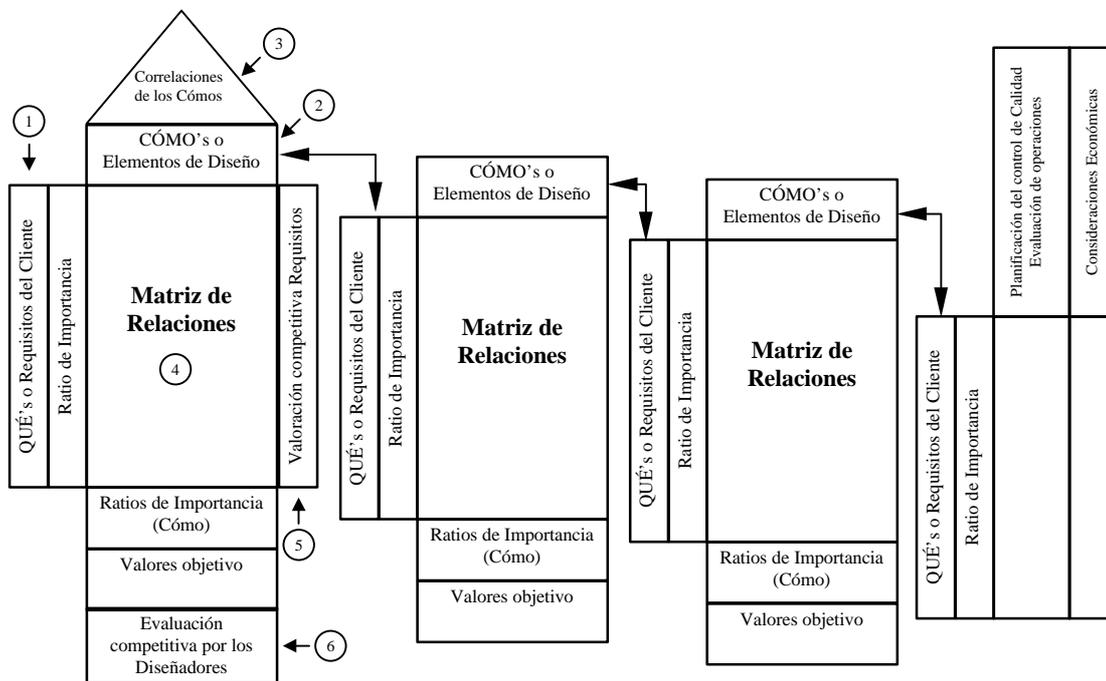


Figura 3.11. Estructura de la Casa de la Calidad (HOQ).

Una vez elaborada la primera matriz (HOQ), las especificaciones de ingeniería se trasladan a una segunda matriz para definir el plan de procesos de fabricación. En esta matriz las especificaciones se convierten ahora en requisitos y el plan de procesos son ahora los CÓMO's. Sucesivamente se van desplegando la serie de matrices hasta conseguir especificar todas las operaciones y condiciones del proceso de fabricación y producción.

Si el QFD se aplica al proceso completo de desarrollo, desde concebir el producto o desarrollar elementos de detalle hasta planificar los procesos de fabricación o definir un sistema de producción; podemos decir entonces que es algo más que una herramienta de calidad. Cabría decir que es como un mapa conceptual de elementos, hechos y actividades que son necesarios a través del proceso de desarrollo del producto para conseguir la satisfacción del cliente. Es una técnica orientada y dirigida que utiliza sondeos, revisiones, análisis del producto, relaciones y diseño robusto, todo centrado en trasladar la voz del cliente a elementos o actividades que puedan ser fácilmente medibles, realizables y potencialmente mejorables.

En definitiva, el QFD puede utilizarse como una aproximación sistemática a la definición de los elementos característicos de diseño del producto y de los procesos de fabricación, identificando y priorizando las expectativas del cliente, y trasladando estos requerimientos en especificaciones concretas de productos y de procesos, de forma que está alineada con la filosofía de la IC.

Además, al ser una actividad que integra distintas disciplinas y que envuelve a todas las funciones organizativas de la empresa, crea espíritu de equipo y, por tanto, configura equipos muy potentes. En este sentido, podemos decir que está estructurada de forma que proporciona un marco de trabajo para la toma de decisiones basado en un equipo de diseño multidisciplinar.

El QFD tendrá los conflictos propios del trabajo en equipo, ya que los miembros del equipo necesitarán comprometerse para conseguir una solución satisfactoria basada en el consenso. Sin embargo, si se implanta el QFD apropiadamente, los requisitos planteados por los clientes pueden influenciar en las áreas funcionales de la empresa, que a menudo permanecen aisladas del conocimiento apropiado y de las reacciones de sus clientes, rompiendo así las típicas barreras internas. Por todo ello, el *Despliegue de la Función de Calidad* es una herramienta importante para facilitar la planificación y la comunicación multifuncional en entornos de desarrollo de producto basados en la IC.

3. 4. 2. Técnicas Taguchi.

Los métodos Taguchi fueron desarrollados por Genini Taguchi [Taguchi, 90], para mejorar la implantación del Control de la Calidad Total en Japón. Los métodos están basados en el diseño de una serie de experimentos, mediante los que se identificarán los posibles problemas que pueden presentarse en la producción antes de que ocurran, para proporcionar así una calidad óptima al producto. El objetivo de esta metodología es relacionar la *variabilidad de los procesos* con los objetivos de la empresa desde diferentes perspectivas.

Como es sabido, la variabilidad de los procesos provoca desviaciones de las características de calidad de un producto con respecto a sus valores objetivo, deteriorando así la capacidad de satisfacer a sus usuarios durante su vida útil. De esta forma, la falta de satisfacción del cliente se reflejará a largo plazo en una disminución de los ingresos potenciales, esto es, en una pérdida.

Taguchi ha elaborado así el concepto de la *función de pérdida*. Señala que las imperfecciones de un producto dan como resultado una pérdida para la sociedad teniendo en cuenta la necesidad de servicio o piezas de repuesto. De esta forma, argumenta que la pérdida puede cuantificarse en términos de pérdidas para el fabricante (reclamaciones de garantías, etc.) y para el cliente en pérdidas de oportunidad o costes de servicio. La función de pérdida permite que se cuantifique el coste de eliminación del fallo.

Taguchi propone como *indicador de la satisfacción del cliente* el sobrecoste que para la empresa supondrían las contramedidas necesarias para mantener el nivel de satisfacción del cliente. Con este enfoque Taguchi incluye los efectos de la pérdida futura de ingresos como componentes de la función de costes. De esta forma la empresa puede ponderar la pérdida que supone no satisfacer plenamente a sus clientes. En concreto, la función de “*pérdida de variabilidad*” relaciona la variación de las características de calidad del proceso con los objetivos de los clientes y financieros [Fowlkes, 90].

En su metodología, Taguchi propuso un modelo para simplificar el diseño conceptual antes de que se transforme en un proyecto de detalle. El objetivo es facilitar un sistema para seleccionar entre un número de especificaciones alternativas disponibles. Por ejemplo, podemos tener en consideración tres materiales diferentes, dos tratamientos superficiales diferentes para el material y tres formas estructurales distintas. Si sometemos a pruebas los prototipos de todas las variables posibles, llevaría mucho tiempo y un coste excesivo. Por su parte, el proceso de producción también puede incluir un cierto número de variables; en el caso del moldeo por inyección, por ejemplo, deben considerarse factores tales como la especificación del material, peso y temperatura de la carga, temperatura del molde o presión.

El enfoque básico de Taguchi es que el diseño debe hacerse robusto; esto es, apto para fabricarse con buena calidad a pesar de las variables inevitables en el proceso de fabricación. Por ello, el enfoque de Taguchi se denomina también “*Control de Calidad fuera de la línea*” porque traslada la principal responsabilidad del control de calidad fuera de la línea de producción. Para Taguchi la calidad incluye no sólo el diseño, sino también los procesos de fabricación, la producción y el rendimiento en servicio posventa del producto [Dean, 98b].

En otras palabras, cualquier necesidad de mantenimiento o fallo que perjudica al usuario y requiere rectificación, reduce la calidad del producto. El producto ideal debe ser aquél que nunca requiera atención, continúe rindiendo adecuadamente hasta su desgaste y pueda reciclarse cuando acabe su vida útil. Taguchi aboga por mejorar la productividad y calidad del diseño de modo que la calidad se constituya en un factor inherente del producto en vez de una disciplina agregada a la fase de fabricación.

La ventaja de esta técnica radica en que no es meramente una aplicación estadística, sino que incluye la integración del diseño estadístico de experimentos dentro de un proceso de ingeniería. La utilización de estas técnicas formales asegura un enfoque consistente sobre los problemas a lo largo de toda la organización; además, ayuda a mantener unos niveles de calidad adecuados y fomenta la cultura de la previsión asistiendo a los ingenieros poco experimentados.

En la práctica las técnicas Taguchi establecen como primer principio la definición de los *parámetros de diseño*, que son aquellos que define el cliente como requisitos. Las variables de fabricación y producción, tales como las condiciones ambientales que pueden producir defectos en lo que se fabrica, son igual de importantes [Kapur, 94] y se consideran separadamente de los parámetros de diseño. Taguchi denomina a estas variables “**ruido**”, y adopta el concepto de *índice de señal /ruido* para indicar si el resultado es, o no, aceptable. Por ejemplo, en el caso del moldeo por inyección, en la ‘resistencia de un producto’ el *índice señal/ruido* debe ser elevado; mientras que para el efecto de ‘contaminación del material’ el índice debe ser muy bajo.

Así cuando se considera el desarrollo del producto completo mediante las técnicas Taguchi, es necesario tomar en cuenta el ruido externo, los factores variables asociados al proceso y el ruido interno. El ruido interno incluye el deterioro durante el almacenaje y el desgaste del uso. Por otra parte se considera el ruido variacional que es la diferencia entre productos individuales que poseen las mismas especificaciones de diseño.

Una vez que el equipo ha establecido los parámetros y el ruido, se determinan las pruebas a realizar. El objetivo de la técnica Taguchi en esta actividad, es desarrollar un método para someter a pruebas un número de variables de forma que sean las mínimas posibles. Aquí es muy importante que toda la información disponible llegue a todos los miembros para considerar todas las combinaciones y alternativas posibles.

Las técnicas Taguchi proponen una serie de ordenaciones ortogonales, que desarrollan la idea del análisis de la varianza, frente al enfoque de factorial total que desarrollaría todas las pruebas posibles. Un número colocado detrás de la clave L en la ordenación ortogonal de Taguchi indica el número de pruebas que se requieren; por ejemplo, L4 requiere solamente 4 pruebas (Tabla 3.6).

Consideremos un caso de un producto conformado por inyección de termoplástico en el que hay cuatro parámetros con tres niveles de resistencia del producto acabado para cada uno de ellos. Los parámetros pueden ser velocidad de inyección, temperatura, presión y diferentes formulaciones de material; los niveles pueden ser baja, media y alta. Si se adopta un enfoque factorial total, se necesitarán 81 pruebas, mientras que si se emplea la ordenación L9 de Taguchi sólo se necesitará realizar 9 experimentos.

Pruebas		
<i>Combinaciones de Parámetros</i>	<i>Enfoque factorial Total</i>	<i>Ordenaciones Ortogonales Taguchi</i>
3x2 niveles	8	L4
7x2 niveles	128	L8
4x3 niveles	81	L9
11x2 niveles	2.048	L12
6x5 niveles	15.625	L25

Tabla 3.6. Ordenaciones Ortogonales Taguchi.

Esta reducción es un beneficio considerable y puede marcar la diferencia entre la serie de pruebas que realmente se hacen, y las que se evitan por ser procesos demasiado costosos. En la metodología se realizan pruebas de diversas combinaciones, y las variaciones aleatorias - el ruido Taguchi - que tienen lugar en las fábricas, tales como la humedad, lubricación, el polvo, se someten también a pruebas. Aunque puede que no se evalúe cada interacción, sí que se evalúan aquellas que podrían ser críticas; estableciendo las relaciones apropiadas entre variables. También pueden necesitarse pruebas adicionales en algunos casos que vendrán determinados de los resultados de las pruebas originales. Una vez que se han identificado los parámetros y variables más adecuados, debe realizarse una serie de ensayos para reproducir los resultados.

La empresa ITT introdujo los métodos Taguchi en 1983, y sobre el año 1987 estaban entrenados 1200 ingenieros en la utilización de las técnicas. Un total de 2000 casos fueron analizados por este método y se consiguieron unos ahorros de 35 millones de dólares [Syan, 92].

Finalmente, Taguchi aboga para mostrar los resultados por los análisis visuales mediante gráficos, que reflejan claramente las interacciones relevantes. Taguchi argumenta que es fácil ver, a partir de las curvas, dónde son significativas las variaciones y que este enfoque atrae a los ingenieros. Tiene el mérito de que todos los miembros de un grupo de trabajo pueden analizar los resultados; cuando es un estadístico el que presenta los análisis, algunos miembros pueden estimar que los resultados son ininteligibles.

3. 4. 3. Diseño para Fabricación y Ensamblaje.

En el proceso secuencial de desarrollo de producto, la actitud tradicional de los diseñadores ha sido “yo lo diseño, tú lo construyes”, forma de entender el diseño conocido como “Ingeniería sobre el Muro” (Figura 3.12). Esta filosofía indica que el diseñador está sentado a un lado del muro y lanza los diseños por encima de éste a los ingenieros de fabricación; que son los que deben solucionar los problemas que se presenten para su fabricación, pues no participan del esfuerzo de diseño.

Los dibujos se pasan a los ingenieros de fabricación y montaje, quienes tratan de optimizar los procesos a utilizar para producir el producto final. En este proceso, como ya se ha indicado, se suelen encontrar de forma frecuente problemas que requieren de cambios de diseño (*Engineering Change Orders*, ECO). Cambios que en muchos casos suelen ser numerosos y que suponen unos retrasos considerables en el lanzamiento o entrega del producto.

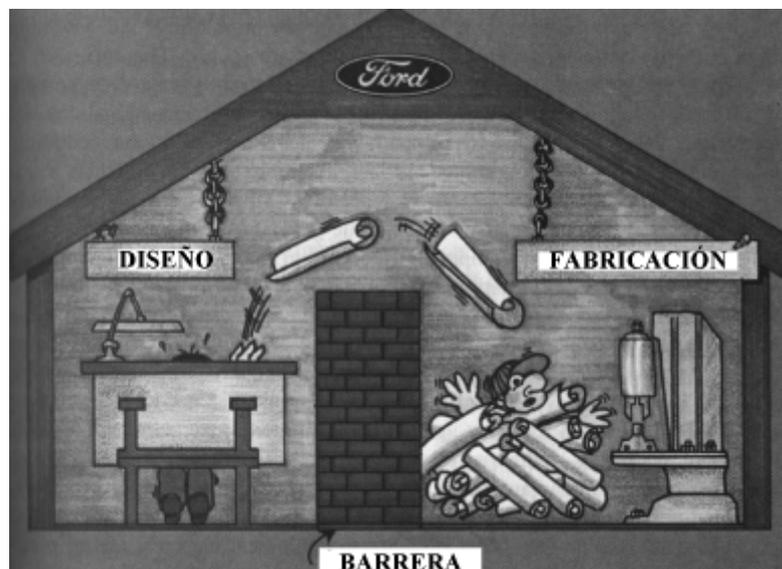


Figura 3.12. Barreras entre Diseño y Fabricación. [Boothroyd, 94]

Es pues necesario facilitar al equipo de IC una serie de metodologías y herramientas de análisis que ayuden a los diseñadores a evaluar los diseños, estudiando la dificultad de fabricación y montaje y el coste asignado. Nace entonces la metodología de Diseño para Fabricación y Ensamblaje (*Design for Manufacturing and Assembly*, DFMA) que busca considerar todas las alternativas de ensamblaje y fabricación en el diseño.

En la Figura 3.13 se resumen los pasos que se realizan cuando se aplica la metodología de diseño para fabricación y ensamblaje (DFMA) durante el desarrollo del producto. El análisis del diseño para ensamblaje se realiza en primer lugar y conduce a una simplificación del diseño. Después se puede realizar una estimación de capacidad y costes tanto para el diseño original como para los alternativos, de forma que ayude a la toma de decisiones. Durante este proceso se deben considerar los mejores materiales y procesos de conformado para las diferentes piezas. Una vez se han seleccionado definitivamente los

materiales y procesos, se realiza un posterior análisis de la ‘*fabricabilidad*’ de los diseños detallados de las diferentes piezas.

El análisis de DFMA se integra en el proceso de diseño en la forma que puede verse en la Figura 3.13, desde el desarrollo del producto pasando por el concepto inicial hasta el diseño completo. El proceso se inicia con una idea general a la que se van añadiendo detalles: características físicas de cada pieza, cómo interrelaciona con otras en el ensamblaje, los elementos de unión requeridos, etc. Si el sistema es complejo, puede dividirse en subensamblajes para su análisis.

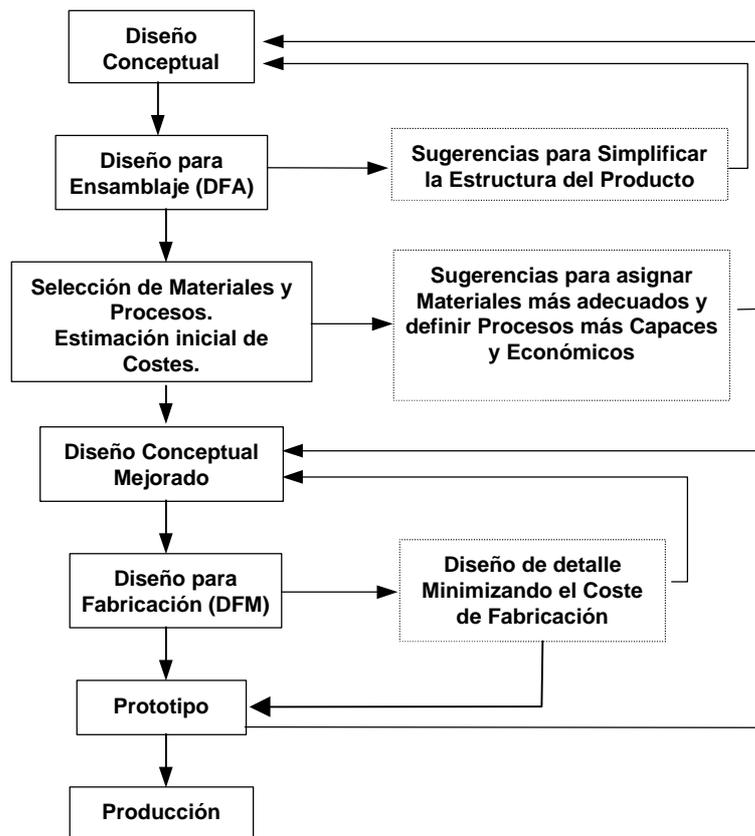


Figura 3.13. Ciclo de Desarrollo de Producto con la metodología de Diseño para Fabricación y Ensamblaje.

3. 4. 3. a. Diseño para Ensamblaje.

El diseño para ensamblaje (*Design for Assembly*, DFA) es a la vez una filosofía, un proceso y una herramienta de diseño cuyo objetivo es disminuir el coste total del producto, teniendo en cuenta los tiempos de ensamblaje, el coste de las piezas y el proceso de ensamblaje en las etapas iniciales de desarrollo del producto. El DFA permite analizar las ventajas e inconvenientes de varios diseños alternativos, valorando determinadas características como el número de piezas, la dificultad de manipulación e inserción, o el tiempo de ensamblaje.

El principal beneficio que se obtiene con la aplicación del DFA es la reducción de número de piezas del ensamblaje. Esto supone además una simplificación del ensamblaje, una disminución de los sobrecostos de fabricación, una disminución del tiempo de ensamblaje y un incremento en la calidad motivado por la disminución de la probabilidad de poder introducir un defecto.

Si los costes directos de fabricación de un producto se distribuyen entre sus principales componentes (coste de ensamblaje, de procesado y de piezas) nos encontramos que el mayor porcentaje está asociado a las piezas. El coste de ensamblaje y de procesado supone menos de la mitad del coste total del producto.

Ahora bien, el DFA, además de incidir favorablemente sobre el coste de ensamblaje y de las piezas, incide de forma importante en la disminución de los sobrecostos, componente más importante. Si se elimina una pieza en el diseño no sólo se evita el ensamblaje y el procesado, se evita también el que sea soportada, almacenada, inspeccionada, comprada, repasada o mantenida, afectando de forma drástica a las funciones que se consideran como sobrecoste.

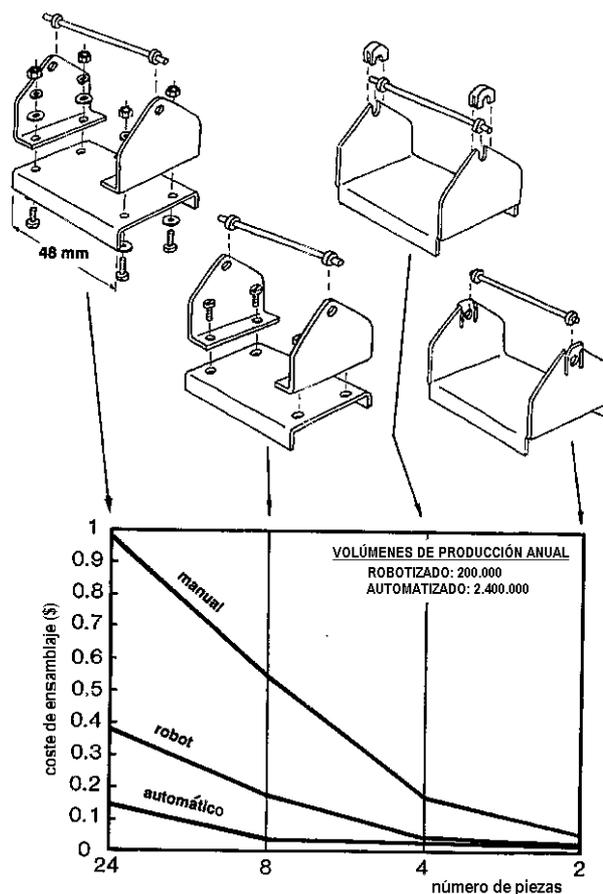


Figura 3.14. Ejemplo de aplicación de Diseño para Ensamblaje.

Conocida la importancia que el diseño del producto tiene, hay que indicar que un diseño orientado al ensamblaje no sólo disminuye los costes de fabricación y montaje del

producto sino que conlleva usualmente un aumento en la ocupación y en la productividad global. El efecto del diseño para un ensamblaje fácil es, en lo que a reducción de costes se refiere, mayor que el que se consigue con la automatización, como puede verse en el ejemplo que muestra la Figura 3.14. La modificación en el diseño, que supone la existencia de sólo dos piezas supuso una disminución de 92% en los costes con respecto al ensamblaje manual, además de posibilitar aún mayores beneficios con la posible automatización.

La experiencia acumulada de aplicar el DFA ha dado lugar a una serie de reglas y metodologías que se deben seguir cuando se diseña un producto. Como el proceso manual de diseño supone básicamente una manipulación de las piezas, una inserción y finalmente la fijación de las mismas, las recomendaciones deben hacer referencia a estas tareas. Así, estas metodologías proponen unos sistemas que permiten valorar los tiempos estándar para el ensamblaje total, calculando de esta forma la eficacia del proceso de ensamblaje y del conjunto en sí mismo. Ejemplos de estos sistemas son el método de Boothroyd y Dewhurst [Boothroyd, 94], el método Hitachi o el sistema DFMA de Lucas Industries.

Una de las mejores ideas para evaluar la ensamblabilidad es el ‘Índice de Eficiencia’ desarrollado por Boothroyd y Dewhurst. En este método parte de evaluar la estricta necesidad de que una pieza esté separada o no de un conjunto. Para ello se realizan una serie de preguntas, a las cuales si se responde a todas negativamente (NO), entonces la pieza en cuestión no tendría porqué estar separada del resto y es por tanto una candidata a combinarse con otras piezas y ser eliminada. Estas preguntas son:

- I. ¿Tiene la pieza movimiento relativo con respecto a las piezas ensambladas a su alrededor durante el funcionamiento de producto?.
- II. ¿Se debe realizar la pieza de otro material o debe aislarse del resto de piezas ensambladas a su alrededor?.
- III. ¿Es necesario que la pieza esté separada para posibilitar el montaje o desmontaje de otras piezas?.

De esta forma, la metodología permite calcular el número mínimo de piezas necesarias (N) en función de las respuestas, calculándose de esta manera el índice de eficiencia como:

$$E = \frac{N t_a}{t_{ma}}$$

Dónde t_a es el tiempo estándar de ensamblaje de una pieza y t_{ma} es el tiempo estimado para ensamblar completamente el producto. El tiempo estándar de ensamblaje es el tiempo medio para una pieza que no presenta dificultades de manipulación, inserción o fijación.

Por ejemplo, *Digital Inc.* consiguió las siguientes mejoras utilizando las metodologías de ‘Diseño para Ensamblaje’ [Boothroyd, 92].

- Reducción del tiempo total de ensamblaje en un 60%.
- Reducción del número de componentes utilizados en un 50%.
- Disminución en un 33% de las operaciones de ensamblaje.

3. 4. 3. b. Diseño para Fabricación.

Las metodologías que se utilizan para tener en cuenta las consideraciones de fabricación en la fase de diseño son conocidas como metodologías de Diseño para Fabricación (*Design for Manufacturing*, DFM). Fundamentalmente, están basadas en la utilización de reglas que se pueden encontrar en manuales, como resultado de un conocimiento empírico acumulado tras muchos años de experiencia.

La fabricabilidad, entendida como la “*facilidad con que puede fabricarse una pieza*”, se estudió inicialmente de forma independiente en diferentes campos, desarrollándose técnicas sólo válidas para determinados procesos de fabricación ([Bralla, 94], [Degarmo, 94], [Corbett, 91]).

Posteriormente se han estudiado metodologías generales que identifican una serie de parámetros críticos que afectan al diseño de cualquier producto, independientemente de los procesos de fabricación de aplicación. Shankar, por ejemplo, propone cinco aspectos fundamentales a considerar: compatibilidad, complejidad, calidad, eficacia y acoplamiento [SME, 85].

Otros enfoques tratan de mejorar la fabricación determinando las relaciones existentes entre variables de diseño (Índices de fabricabilidad), parámetros de proceso (Medidas de fabricabilidad) y requerimientos funcionales (evaluación cuantitativa).

Por su parte el DFM, al igual que otras actividades, tiene diferentes significados según el contexto y área de trabajo de quien la define, pero pueden establecerse algunas categorías de aplicación bastante amplias como:

- *DFM cuando no se conoce ningún detalle de los métodos de fabricación.* Como por ejemplo en la etapa de diseño conceptual, donde sólo son necesarias unas reglas muy generales referentes a la buena práctica, como "simplificar los diseños", etc.
- *DFM cuando puede que no se conozcan los métodos de fabricación generales.* Es decir cuando el diseñador está trabajando a nivel de detalle de cada uno de los conjuntos o piezas pero no sabe todavía si las piezas van a realizarse en casa o subcontratarse.
- *DFM cuando los posibles métodos de fabricación pueden ser conocidos.* En esta etapa se deben dar de nuevo reglas, que pueden ser mucho más detalladas, tal y como aparecen en los manuales de diseño para mecanizado o para moldeo. En esta etapa se deben considerar los métodos de representación, como por ejemplo que sistema de coordenadas o que método de acotado geométrico se utiliza para facilitar la programación de las máquinas de control numérico, etc.
- *DFM cuando los métodos de fabricación detallados deben desarrollarse.* En esta situación el diseñador está realizando el diseño de detalle de piezas, para las cuales se conocen con cierta seguridad los procesos que pueden utilizarse y los medios para producirlas. En esta última etapa muchos problemas tienen que ver con el razonamiento espacial sobre el mecanizado (acceso de herramientas y amarres).

Con la aplicación del DFM en entornos de IC, el tiempo de desarrollo de un nuevo producto puede reducirse significativamente, evitando errores y características difíciles de fabricar e influyendo favorablemente en la calidad y los costes.

3. 4. 4. Diseño para el Ciclo de Vida.

El diseño para el ciclo de vida supone considerar todos aquellos aspectos del producto durante su tiempo de vida o utilización. Estos aspectos, tales como sus características de funcionamiento, fiabilidad, mantenimiento o las interacciones del producto con el medio ambiente, no habían sido considerados de forma global hasta ahora.

Esto significa que en la fase de diseño conceptual del proceso de desarrollo de producto se van a utilizar metodologías de diseño que tendrán en cuenta no sólo su fabricación y ensamblaje sino que además incorporarán consideraciones en cuanto a la eliminación o reciclaje de sus componentes. Estas metodologías, conocidas genéricamente como ‘diseño para *x*’ incluyen a las mencionadas anteriormente y otras muchas, de las cuales describimos brevemente algunas.

3. 4. 4. a. Diseño para Fiabilidad y Mantenimiento.

Mientras las actividades de control de calidad tratan con la conformidad de las especificaciones de diseño, la fiabilidad es un atributo inherente resultante del diseño de un producto. Desafortunadamente los análisis de fiabilidad y mantenimiento se realizan demasiado tarde en el ciclo de vida de diseño, teniendo poco peso para generar un cambio en el diseño. Para ganar competitividad con un producto, son necesarios los análisis de fiabilidad y mantenimiento que sirvan como directrices de diseño en la fase inicial.

Este tópico cumple exactamente con la filosofía de la IC en cuanto al diseño para las “disponibilidades”; estas características del producto deben ser consideradas tan pronto y rápidamente como sea posible en el proceso de diseño. La metodología de despliegue de la función de calidad, también puede extenderse y ayudar en el desarrollo de los planes de análisis de fiabilidad y mantenimiento durante el proceso de diseño.

3. 4. 4. b. Estimación de Costes.

La IC también debe de tratar cuestiones sobre cómo el coste del producto puede ser estimado en la etapa de diseño, de forma que los beneficios del producto puedan ser predeterminados. Con estos análisis, si el coste proyectado del producto en diseño excede el límite del previsto, entonces el método de estimación del coste puede sugerir una discontinuidad, un futuro desarrollo o un rediseño el producto.

Estos cálculos de estimación de costes deben ser desarrollados de forma que recojan todos los datos de los análisis anteriores, y evalúen el diseño basándose en premisas de costos de material, mecanizado, sobrecostes, pruebas, ensamblaje y otros mecanismos relacionados.

3. 4. 4. c. Diseño para el Medio Ambiente.

Otro de los aspectos importantes a considerar es que durante el diseño de producto se pueden realizar pequeñas modificaciones que pueden facilitar su reciclaje. Muchas empresas han desarrollado líneas para diseñar productos para su reciclaje [ElWakil, 98]. Estas consideraciones no contemplan únicamente el reciclaje sino que también inciden en la reducción o en la minimización de desperdicios generados durante el proceso de producción.

Estas metodologías conocidas de forma genérica como Diseño para el Medio Ambiente (*Design for Environment*, DFE), también se centran en mejorar aspectos como el desensamblaje de un producto una vez realizada su retirada, la selección de materiales de forma que sean reciclables o de fácil eliminación sin perjudicar al entorno, y los procesos de unión y ensamblaje. Estos últimos procesos son los que básicamente condicionaran los materiales a utilizar y su posterior proceso de desensamblaje.

3. 4. 4. d. Modos de Fallo y Análisis de Efectos.

La metodología de Modos de Fallo y Análisis de Efectos (*Failure Mode and Effect Analysis*, FMEA), está basada en la famosa frase de la Ley de Murphy “*Todo aquello que pueda fallar, fallará*”. FMEA propone un análisis sistemático para asegurar que todos los fallos lógicos en el ciclo de vida de un producto están considerados de alguna forma.

Se enfoca principalmente hacia considerar una calidad negativa en el producto y sus potenciales iniciadores, que pueden y harán que el producto falle. El análisis FMEA se realiza durante las etapas de planificación de un producto o proceso y al final de la fase de diseño, siempre antes de que el producto falle en las manos del cliente. Esto quiere decir que antes de que se comercialice se pueden encontrar los defectos más graves. FMEA es una metodología iterativa que promueve el análisis sistemático mientras se desarrolla un producto en términos de:

- ¿Qué podría ir mal con el producto o con el proceso de desarrollo?.
- ¿Cómo de mal puede ir?.
- ¿Qué acciones se necesitan para prevenir los fallos?.

La respuesta viene a través del análisis del producto o proceso utilizando elementos clave como:

1. Definir el objetivo y función del sistema a analizar mediante la utilización de modelos como diagramas de flujo o IDEF.
2. Identificar los fallos potenciales de forma gradual (Sesiones de ‘brainstorming’).
3. Determinar la causa de cada uno de los tipos de fallos.
4. Determinar los efectos de los fallos, utilizando diagramas de causa - efecto.
5. Priorizar los fallos potenciales de acuerdo con varios aspectos como costes, seguridad, calidad, etc.
6. Seleccionar y gestionar las acciones correspondientes, con el objetivo de tener un plan de control preparado en caso de que el riesgo potencial fuera alto.
7. Observar y aprender con el fin de continuar con los objetivos y mantener los datos actualizados.
8. Documentar el proceso de forma que todo el mundo tenga acceso ahora y en el futuro.

3. 4. 5. Diseño Concurrente Integrando las distintas Metodologías.

Ninguna técnica o metodología de las expuestas anteriormente ofrece una solución universal para el desarrollo concurrente de productos. Los entornos de IC requieren ser flexibles a la hora de seleccionar y utilizar cualquiera de estas metodologías. Seleccionar y trabajar con la metodología adecuada para cada fase del proceso de desarrollo en curso es una tarea de los propios miembros del equipo de IC. Sobre el modelo de proceso de desarrollo de producto habrá que definir cuáles son las necesarias y habrá que formar al equipo en su utilización. En la Figura 3.15 se muestra, por ejemplo, cómo los equipos de *Lucas Automotive* indican las diferentes técnicas aplicadas y en qué fase lo hacen ([Syam, 94], [Brown, 95]).

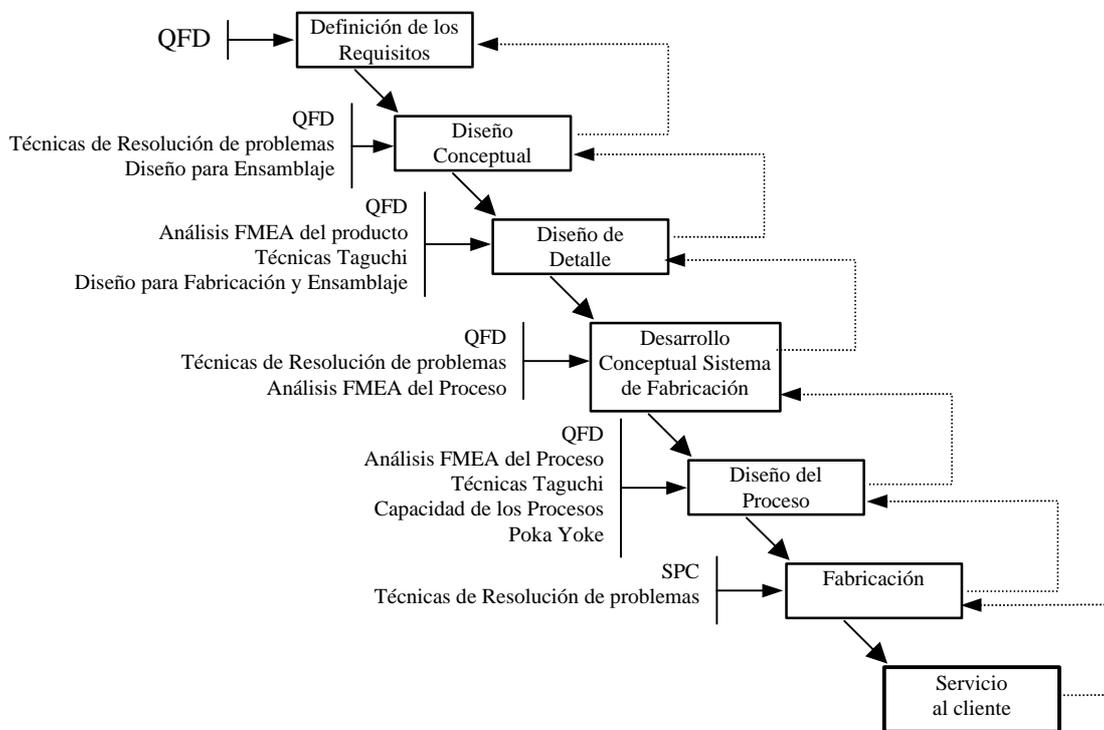


Figura 3.15. Proceso de Desarrollo de Producto integrando las distintas Metodologías según Lucas Automotive.

3. 5. Utilización de Herramientas basadas en las Tecnologías de la Información.

El apoyo de aplicaciones informáticas es el cuarto de los pilares básicos para el despliegue de la IC. Sus aplicaciones pueden llegar a cubrir todas las áreas del proceso de desarrollo del producto, desde herramientas de investigación de mercados hasta herramientas de planificación y control de la producción, incluyendo también las comunicaciones entre ellas. Básicamente, la aplicación y el desarrollo de software (o aplicaciones) para entornos de IC contemplan:

1. La adquisición y/o desarrollo de programas para el *diseño*, la *ingeniería de producto* y la *ingeniería de fabricación*.
2. La adquisición y/o desarrollo de programas para la *gestión e integración* de todos los procesos, y para facilitar *comunicación* entre diferentes ordenadores, programas y localizaciones.

Así, para el desarrollo de productos, existen diversas herramientas de última generación que ayudan al diseño en ingeniería desde distintos aspectos de su ciclo de vida, y que se deben incorporar necesariamente a los entornos de IC, pudiendo simplificar las etapas de diseño y cálculo. De la misma forma existen herramientas para la gestión de toda la información generada y para comunicar a las áreas de formas muy variadas, permitiendo la transparencia total de datos y asistiendo, a diferentes niveles y necesidades, a la empresa.

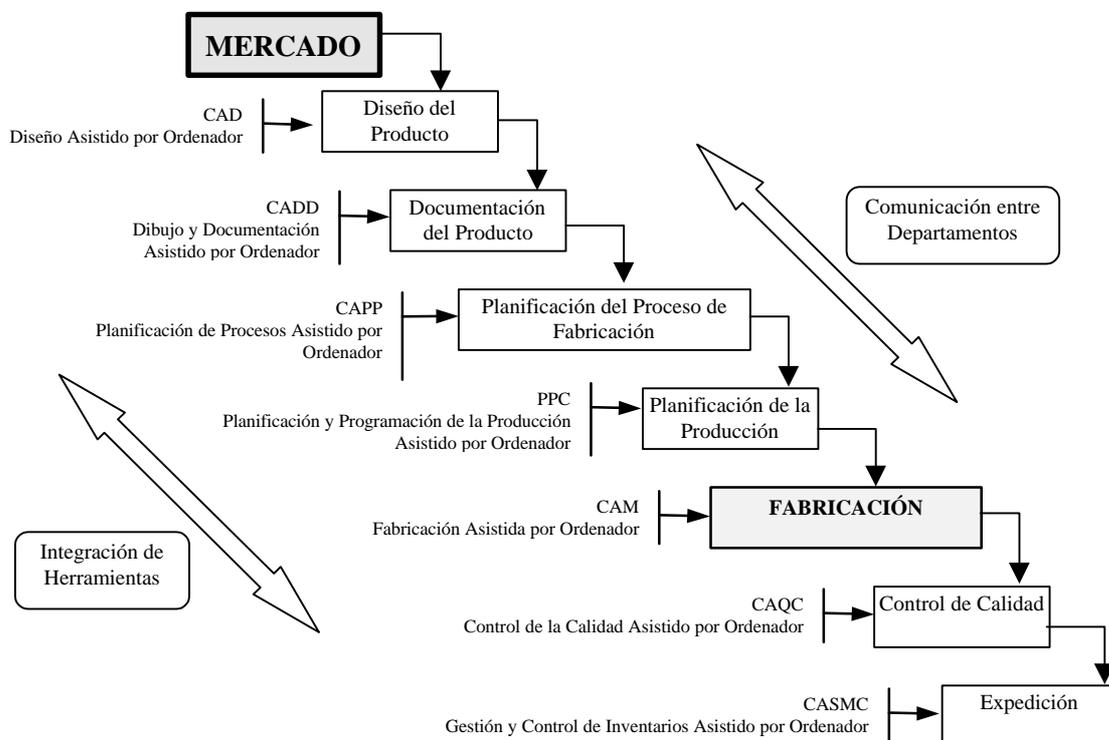


Figura 3.16. Herramientas para las fases del proceso de Diseño y Fabricación.

Existen toda una serie de herramientas basadas en las tecnologías de la información que proporcionan una ayuda inestimable a el proceso de desarrollo de producto, mejorando la integración entre las distintas fases del proceso. Estas herramientas incluyen aplicaciones en las fases de diseño, análisis de ingeniería o fabricación (*Computer Aided Design, CAD; Computer Aided Manufacturing, CAM; Computer Aided Engineering, CAE*) y abarcan campos como la mecánica, electrónica u otras disciplinas.

Aplicaciones que han ido extendiéndose cada día más contemplando actividades como la planificación de procesos, la simulación de la producción o la gestión de inventarios.

En la Figura 3.16, podemos observar como se integran las diferentes herramientas en las distintas fases del proceso de desarrollo del producto. En la etapa de **Diseño del Producto** el ordenador se incorpora a través del CAD y del CAE, que incluye aspectos del diseño relacionados con el cálculo, especialmente el estructural por Elementos Finitos (*Finite Element, FE*), el Dibujo o la Documentación (*Computer Aided Drafting and Documentation, CADD*).

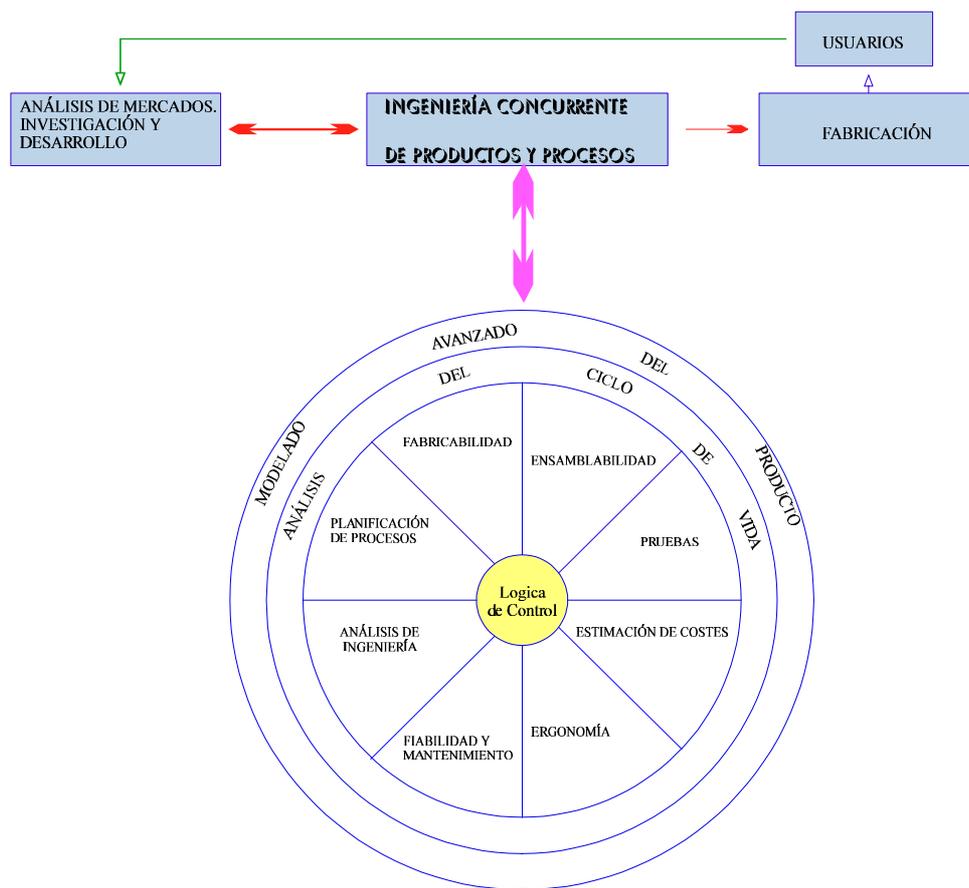


Figura 3.17. Ciclo de Desarrollo del Producto utilizando la "Rueda de INGENIERÍA CONCURRENTe".

Así pues, pueden ser necesarias o utilizarse un gran número de herramientas para el proceso de diseño del producto. De forma que es del todo necesario definir un entorno integrado en el que todas las herramientas interaccionen y cooperen para encontrar un diseño global optimizado o consensuado.

Una de las primeras propuestas se refleja en el modelo conceptual propuesto por Jo [Jo, 90] (Figura 3.17), donde podemos ver una capa global superior compuesta de modeladores avanzados del producto, que proporcionan a los diseñadores la posibilidad de llamar a cualquier herramienta de la capa inferior para evaluar u optimizar sus diseños. El núcleo de esta estructura es la lógica de control que gestiona los servicios de cada una de las herramientas para proporcionar una serie de servicios, ayudando a encontrar un diseño global satisfactorio.

Así, cabe destacar dos elementos fundamentales: el *Modelado Avanzado de Producto* y la *Gestión de Datos y Comunicaciones*.

3. 5. 1. Modelado Avanzado del Producto.

Los sistemas de modelado avanzado de producto permiten utilizar las distintas técnicas asistidas por ordenador de forma integrada para modelar productos. Este tipo de modelado, conocido como *modelado sólido* (y que integra el modelado de superficies y de alambre), tiene la capacidad de generar modelos del producto en tres dimensiones, proporcionando una ventaja para el análisis de ingeniería al posibilitar el cálculo de determinadas propiedades mecánicas como pesos, volúmenes, centros gravedad o momentos de inercia. De esta forma, asiste al ingeniero y ayuda a optimizar el diseño para cumplir sus requerimientos antes de fabricar la pieza o el conjunto.

El modelado sólido permite a los ingenieros inspeccionar visualmente la pieza diseñada y analizar el ensamble de conjuntos. De la misma forma, gracias al modelado sólido, se pueden generar datos para la fabricación, tales como los códigos de control numérico o parámetros de control en algunas máquinas. Las aplicaciones que soportan esta tecnología proporcionan oportunidades de integrar el diseño con la planificación de procesos, la planificación de la producción y la propia producción; todo ello a través de la capacidad de llevar a cabo verificaciones interactivas de fabricación, ensamblaje y prototipaje rápido de piezas. Estamos, por tanto, ante unas herramientas que consiguen acelerar enormemente el modelado completo del producto, la generación de planos y el proceso de fabricación [Conkol, 97].

También cabe reseñar que la incorporación de las Tecnologías de la Información ha introducido la posibilidad de realizar simulaciones virtuales, que permiten estimar de una forma aproximada el coste, el tiempo de producción o la calidad de una pieza; como es el caso de programas de simulación del proceso de mecanizado, de deformación plástica o de inyección de plástico.

Actualmente podemos encontrar muchas empresas de software que integran los sistemas de diseño asistido por ordenador y los sistemas de simulación de la fabricación; entre las herramientas más competitivas del mercado podemos destacar las siguientes: **Pro/ENGINEER** de *Parametric Technology Corporation* (PTC) [PTC, w3], **CATIA** de *IBM y Dassault Systemes* [IBM, w3], **IDEAS** de *Structural Dynamics Research Corporation* (SDRC) [SDRC, w3], **Unigraphics** de *Electronic Data Systems Corp.* (EDS) [EDS, w3], y **EMS** de *Intergraph* [Intergraph, w3].

Además, para procesos de fabricación concretos se han desarrollado herramientas de aplicación específicas. En este sentido, los productos plásticos son incorporados cada día más a los bienes de consumo o equipo y, especialmente para el moldeo por inyección, es fundamental disponer de una herramienta que nos ayude a optimizar tanto el diseño de la pieza como su proceso de conformado en cuanto material, presión o temperatura de inyección. Las herramientas en esta línea que cabe destacar son **MoldFlow** [Moldflow, w3] y **CMold** [CMold, w3].

El ensamblaje también es uno de los procesos más importantes en la fabricación de un producto por lo que existen herramientas de simulación donde podemos diseñar y simular entornos de ensamblaje, tanto para ensamblaje manual como para el ensamblaje robotizado.

Por otra parte, para ciertas metodologías y aunque no sean de modelado, también podemos encontrar herramientas basadas en las TI que permiten agilizar las distintas tareas. Por ejemplo, para el QFD tenemos dos sistemas, **QFD/CAPTURE** desarrollado por el *International Technegroup Inc.* [ITI, w3], y el **QFD designer** de *American Supplier Institute* [ASI, w3]. Ambos sistemas permiten al usuario construir las matrices, introducir la información en él y navegar a diferentes niveles. Existe también una herramienta para la metodología **DFMA** de Boothroyd y Dewhurst [BDI, w3], que permite analizar el ensamblaje de un producto de acuerdo a las propuestas de estudio realizadas y que también incorporan un módulo de análisis para el reciclaje (*Design for Environment*, DFE).

Sin embargo, la desconexión entre los diferentes sistemas puede restringir el potencial individual de cada uno, ya que un defecto en los parámetros de diseño, desde los sistemas CAD o desde bases de datos no puede detectar automáticamente la inconsistencia del mismo [Hyowon, 93]. Existe, por tanto, una necesidad de un sistema integrado que pueda chequear automáticamente la consistencia y permita la asociatividad a los sistemas CAD y bases de datos [Kurland, 97].

Finalmente, mientras el diseño se completa y verifica, el equipo necesita utilizar un proceso para conseguir rápidamente el prototipo, y revisarlo con el modelo tridimensional antes acordar el diseño definitivo para fabricar. Es aquí donde se necesitan tecnologías de última generación para conseguir un prototipo en el mínimo tiempo posible.

3. 5. 1. a. *Diseño basado en Features.*

La filosofía de la IC propone, entre otras cosas, que el diseño del producto y la planificación del proceso de fabricación deben desarrollarse simultáneamente. En un entorno como este, es incluso necesario evaluar todas las alternativas de procesos de fabricación como moldeo, deformación plástica o mecanizado, de acuerdo con un diseño preliminar del producto y utilizando incluso sistemas basados en el conocimiento o sistemas expertos. Este diseño simultáneo se podrá asegurar si los trabajos de diseño se convierten en modelos de fabricación, disponiendo de total libertad para añadir “features” (*elementos característicos*) al diseño o manipular el mismo desde la etapa de planificación de procesos ([Shah, 92], [Mayers, 94], [Lui, 94]).

La definición de **feature** del NIST (*National Institute for Standards and Technology*) [NIST, w3] es la siguiente: “*Un feature es un grupo de alto nivel de geometrías, topologías y primitivas funcionales que, dentro de una entidad más acorde de alto nivel, puede aplicarse para el uso en diseño, análisis, y fabricación en el modelado de sólidos. Un feature tiene su propia geometría y algunos atributos asociados como dimensiones, tolerancias e información sobre la fabricación, dependiendo de la planificación de procesos, de forma que permite coordinar las diferentes aplicaciones*”.

El desarrollo de herramientas de modelado de productos más versátiles basadas en “features”, jugará un papel importante en lo que concierne a romper las barreras entre diseño y fabricación, así como para el desarrollo de la planificación de procesos de fabricación - producción ([Romero, 94], [Shah, 95]).

3. 5. 1. b. Prototipaje Rápido y Prototipos Virtuales.

Los métodos tradicionales de fabricación de modelos y prototipos han supuesto a menudo un trabajo manual intenso; que requiere normalmente de un tiempo de espera de varias semanas a varios meses, dependiendo de la complejidad del diseño. Durante los años setenta y ochenta la utilización del CAD y del CNC, con el mecanizado en múltiples ejes, ahorró muchas horas de trabajo en la producción de prototipos, reduciendo el tiempo necesario para producir una pieza a varios días o semanas en muchos casos. Una reducción que con los recientes avances en el área de los prototipos rápidos llega incluso hasta unas cuantas horas.

La utilización del modelado sólido y del prototipaje rápido ha resultado muy beneficiosa para la ingeniería de diseño [Jacobs, 92]. Los beneficios incluyen el incremento de la capacidad de visualización, la reducción del coste y del ciclo asociado con la fabricación de piezas prototipo, el incremento de la capacidad para calcular propiedades de masas, la mejora de la capacidad de detectar defectos de diseño antes de la fabricación y la optimización de la pieza antes del prototipo definitivo.

La capacidad de visualización del modelo virtual y los prototipos rápidos permite a ingenieros, diseñadores, técnicos y gerentes discutir sobre los diseños mirando imágenes tridimensionales y piezas a escala real de plástico, y no figuras bidimensionales (Figura 3.18). Los prototipos son utilizados también para realizar análisis de mecánica de fluidos, verificar los ajustes o los métodos de ensamblaje, seleccionar las herramientas, definir hojas de ruta o realizar estudios de reducción de peso.

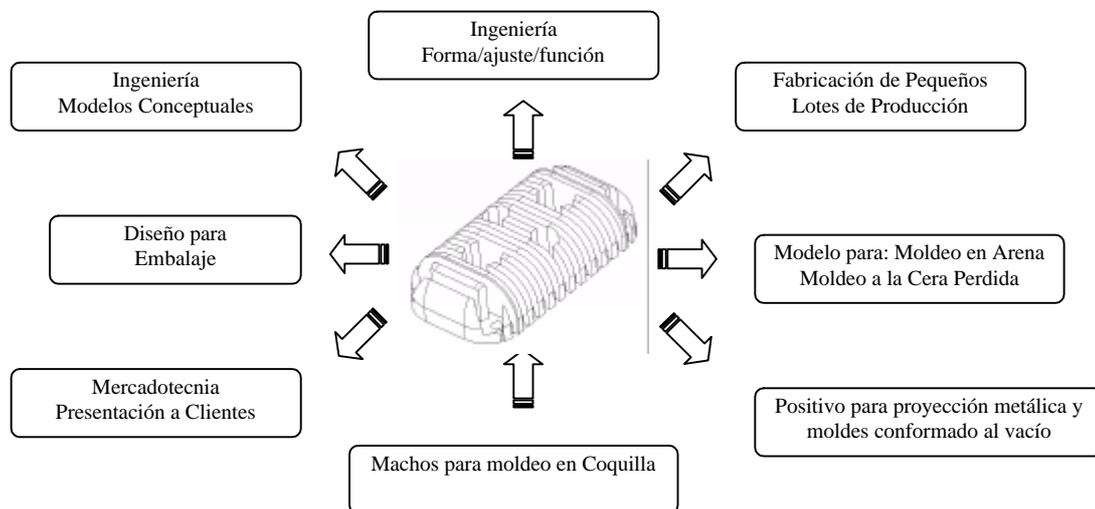


Figura 3.18. Aplicaciones del Prototipaje Rápido.

Las continuas modificaciones debidas a órdenes de cambio de ingeniería, junto con la incapacidad de verificar fácilmente la configuración y disposición de la totalidad de las piezas en un conjunto, ha contribuido a los problemas de poder definir el ensamblaje final. Así, el prototipaje rápido y la visualización permite la reducción del coste asociado con la eliminación de estos flujos de diseño en las primeras fases del proceso de desarrollo del

producto. Otro beneficio importante del prototipaje rápido es su utilización como modelo conceptual para la comunicación con el cliente.

Los *ciclos de prototipaje*, definidos el tiempo transcurrido entre la recepción de la base de datos y la fabricación completa de la pieza varían entre 2 y 10 días, dependiendo del tamaño y complejidad de la pieza.

En la Tabla 3.7 se compara el proceso de desarrollo y fabricación de modelo, por los sistemas convencionales y por prototipaje rápido.

Prototipaje Convencional	Prototipaje Rápido
Ingeniería 1.- Idea (Diseño Conceptual). 2.- Dibujo de detalle (Pieza). 3.- Diseño de utillajes. 4.- Dibujo de detalle (utillajes). 5.- Validación. 6.- Ingeniería de Procesos.	Ingeniería 1.- Idea (Diseño Conceptual). 2.- Modelo 3D. 3.- Herramientas de documentación (Detalle).
Preparación y Proceso de Fabricación 1.- Definición de herramientas para CNC. 2.- Plan de Procesos. 3.- Definición y prueba del programa de CNC. 4.- Inspección (Control de Calidad). 5.- Ajuste de pieza. 6.- Evaluación del modelo conceptual.	Preparación y Proceso de Fabricación 1.- Preparación y construcción de la pieza. 2.- Limpieza y ajuste de la pieza. 3.- Inspección de la pieza. 4.- Evaluación del modelo.

Tabla 3.7. Comparación del Proceso de Producción del Modelo Conceptual entre el Método Convencional y el de Prototipos Rápidos.

Las tecnologías de prototipaje rápido se han desarrollado fuertemente en los últimos años destacando como pionera la *Estereolitografía* de 3D Systems [3Dsystems, w3], pero a la que han seguido otras como la *Sinterización Selectiva por Láser* (SLS) de DTM [DTM, w3], el *Modelado por Deposición Fundida* (FDM) de Stratasys [Stratasys, w3], el *Proceso de Curado Sólido* (SGC) de Cubital [Cubital, w3], el *Modelado de Objetos Laminados* (LOM) de Helisys [Helisys, w3], la *Fabricación por proyección de partículas* (BPM) o el *Mecanizado a Alta Velocidad*, sobre el que están trabajando todos los constructores de máquinas herramienta.

Los modelos de diseño creados en herramientas informáticas CAD/CAM/CAE se transmiten a los sistemas de prototipos rápidos a través de un protocolo conocido como fichero *.STL. Este formato de fichero es, de hecho, el estándar actual en la industria y permite convertir un modelo CAD en un formato identificable para sistemas de prototipaje rápido.

Se puede concluir, por tanto, que el objetivo de la IC de conseguir una reducción drástica sobre los métodos convencionales de fabricación y mecanización puede verse apoyado con el modelado avanzado y el prototipaje rápido. La capacidad de los equipos multidisciplinares de visualizar, medir, inspeccionar y revisar piezas críticas y ensamblajes comprometidos en las fases iniciales del proceso de desarrollo, beneficiará en la capacidad para explorar, aceptar, rechazar o integrar nuevas ideas en el diseño existente.

3. 5. 2. Gestión de Datos del Producto y Comunicaciones.

El proceso de desarrollo de producto puede requerir gran cantidad de datos, planos y documentos, entre los que puede haber información relacionada entre sí. Una información que se genera a partir de las especificaciones del producto, del modelado sólido, de simulaciones, de pruebas, de análisis de resultados y costes, de la planificación de procesos (programas de fabricación, datos de herramientas, operaciones de fabricación y ensamblaje, etc.), procedimientos de mantenimiento y de un sin fin más dependiendo de la complejidad del producto.

Entre los datos del proceso de desarrollo del producto se incluyen básicamente dos tipos de datos, los datos de *gestión* y los *técnicos*. Los primeros se refieren a datos de ventas, financiación, planes de producción, información de personal, etc., que habitualmente sí se han manejado y almacenado en las empresas. El segundo tipo de datos, los técnicos, por el contrario no se han guardado de forma organizada habitualmente y están en los ordenadores, en los papeles y notas del personal técnico, etc.

De igual manera a como ocurre en el proceso de diseño tradicional, con los equipos multidisciplinares se generará también una gran cantidad de datos técnicos y modelos del producto, de sus procesos de fabricación y de la gestión. Información que debe ser compartida de forma que los grupos unidisciplinares puedan desarrollar los ajustes de forma integrada en las aplicaciones; de esta manera, los miembros del equipo multidisciplinar podrán trabajar de forma conjunta en el desarrollo concurrente del producto.

Es pues incuestionable la necesidad, en entornos de IC basados en las TI, de disponer de herramientas de gestión del conocimiento [Kahn, 96] entre las que están las herramientas de *Gestión de Datos de Ingeniería (Engineering Data Management, EDM)* o *Sistemas de Gestión del Flujo de Trabajo de Ingeniería (Engineering Workflow Management, EWM)*. Este nombre muestra mejor el hecho de que estos sistemas no sólo gestionan datos, sino también flujos de trabajo. Estos sistemas, denominados genéricamente **Sistemas de Gestión de la Información de Ingeniería (Engineering Information Management Systems, EIMS)**, se pueden encontrar en el catálogo de aplicaciones de diversos fabricantes como *Windchill* de PTC o *CoCreate* de HP.

A más bajo nivel, y desde el punto de vista de gestión de datos, tenemos fundamentalmente los sistemas de *Gestión de Bases de Datos del Producto (Product Data Management, PDM)*. A diferencia de lo que suele ocurrir en el manejo de datos tradicional, en la que aparecen datos dispersos en diferentes ficheros, en diferentes versiones, repetidos, etc., los sistemas de información PDM manejan bases de datos en las que los datos son únicos, accesibles por diferentes aplicaciones y modificables por todas aquellas personas con permiso [Dikerson, 97].

Estos sistemas permiten ahorrar mucho tiempo en actualizaciones y revisiones de datos y evitan errores al almacenar la información en un único sitio y facilitar un acceso inmediato a todas las aplicaciones, evitando errores y ahorrando tiempo y espacio físico. Como consecuencia, los PDM sirven de elemento integrador, acomodando herramientas variadas para que interaccionen y cooperen con el objetivo de encontrar un diseño global optimizado y de compromiso, función que realizan a través del *Intercambio Electrónico de Datos (Electronic Data Interchange, EDI)*.

Para realizar la tareas de intercambio electrónico de datos (EDI) se requiere de tres tipos de procesos destinados a:

- **La Gestión** de las **Bases de Datos** de productos, materiales, inventarios y órdenes de producción.
- **La Importación y Exportación** de **ficheros** de Bases de Datos CAD, resultados de análisis de Ingeniería de Producto, de programas de control numérico, etc.
- **La Distribución de Datos en Red** de forma transparente, con una rápida transmisión de los mismos e integrando las distintas aplicaciones.

Un buen manejo de estos datos utilizando sistemas PDM implicará una mejora en la coordinación entre actividades y en la productividad, factores que repercutirán en una mayor competitividad.

Ahora bien, antes de desarrollar un entorno de IC y determinar el sistema PDM, es recomendable realizar una auditoría de diseño y fabricación, como punto de comienzo, que desembocará en la selección de las herramientas de EDI y del sistema de ordenadores de la empresa. Como veremos posteriormente, la auditoría sobre la utilización de estos sistemas deberá determinar los siguientes puntos:

1. Cómo opera realmente el proceso de desarrollo del producto dentro de la organización.
2. Cómo de secuencial y repetitivas son estas etapas.
3. Qué herramientas de diseño están instaladas y cómo se integran con otros sistemas.
4. Qué sistemas individuales se utilizan en la actualidad en los departamentos y cómo de útiles pueden ser si se comparten.
5. Cómo de accesible es la utilización de herramientas en el momento del proceso de desarrollo del producto.
6. Cómo de difícil es obtener y mantener la información de los productos después de finalizar el desarrollo del producto.

Aunque las aplicaciones CAD/CAM/CAE y los sistemas de gestión de datos de ingeniería son ayudas importantes en la IC, el intercambio electrónico de datos no debe ser un sustituto de los encuentros. Podría pensarse que no es necesario mantener reuniones presenciales entre los miembros del equipo, y que los datos se podrían sustituir o intercambiar a través del acceso a una base de datos central. En cualquier caso se trataría de una aproximación que cambiará la “Ingeniería sobre el Muro” por otro nombre. El diseñador sentado en su terminal se mostrará receloso de mandar los datos hasta que no haya terminado; el ingeniero de fabricación no querrá mandar a los suministradores datos incompletos, y así la ingeniería secuencial será inevitable.

En consecuencia, los equipos de IC deben desarrollarse utilizando niveles tecnológicos superiores, no sólo en cuanto a herramientas de diseño y metodologías, sino también en cuanto a comunicaciones.

Para el desarrollo de estos entornos de diseño concurrente necesitamos de unas herramientas que mantengan la comunicación continuamente viva entre los distintos miembros del equipo. En este sentido, cabe indicar que existen distintos niveles de

comunicación para mantener el espíritu de IC; desde las meras notificaciones vía post-it®, memorándums o correo interno, hasta las vídeo - conferencias, pasando por distintas tecnologías multimedias.

En cualquier caso, conviene tener presente que la incorporación de nuevas tecnologías debe ser progresiva, en función del nivel detectado en la empresa y acorde con las necesidades de desarrollo y comunicaciones del producto.

3. 5. 2. a. Ingeniería Colaborativa.

El segundo enfoque para la implantación de equipos de IC está basado en la utilización de las Tecnologías de la Información como estilo de trabajo y medio de comunicación entre los diferentes miembros, compartiendo los datos electrónicos del producto. En este caso más vanguardista el equipo multidisciplinar de IC se conoce como *Equipo Virtual de IC*.

Este Equipo Virtual trabaja utilizando una red de comunicaciones informáticas que enlazan los distintos departamentos implicados en el proceso de desarrollo concurrente de un producto. Con ella se deben conseguir equipos de trabajo dinámicos, que no encuentren restricción alguna en cuanto a comunicaciones al no existir ningún tipo de barrera, y que se muestran más ágiles a la hora de solucionar problemas conflictivos.

La propuesta de proporcionar apoyo tecnológico para poder operar un equipo virtual partió de la iniciativa DICE [Londono, 92], que se planteó el objetivo de potenciar grandes equipos, compuestos por muchas personas con distintas perspectivas, distribuidas geográficamente, dotándolos de los recursos de información necesarios para que obtuvieran los mismos beneficios de que disfrutaban los pequeños equipos cuando trabajan en estrecha proximidad. En este caso la iniciativa se dirigía a grandes proyectos dónde entran en juego muchas empresas tecnológicamente avanzadas. Los equipos multidisciplinarios trabajan así con herramientas y tecnologías integradas (Figura 3.19).

Una iniciativa inicial que hoy se ha concretado con la utilización de herramientas multimedia y que se designa como *Ingeniería Colaborativa*. Estos equipos de IC utilizan herramientas digitales que se pueden clasificar en dos categorías: **herramientas de anotación y transferencia**, que utilizan la multimedia para anotar un dibujo, que posteriormente se pasa a otros miembros para su revisión; y **herramientas en tiempo real**, con las que pueden trabajar simultáneamente varios ingenieros y hacer a la vez anotaciones [Potter, 95].

Imaginemos una sesión de revisión del diseño de un producto en la que los participantes no abandonan sus despachos, utilizando para ello herramientas en tiempo real. La revisión se haría de la misma forma que en la revisión tradicional, todos evalúan el diseño, hacen sugerencias y deciden qué modificaciones hay que realizar mirando los planos que estarían dispersos en su propia pantalla. Sin embargo, con las herramientas de anotación y transferencia sólo puede trabajar una persona con la versión activa, mientras los demás miembros del equipo trabajan con versiones no actualizadas o con copias de la versión activa sobre la cual no pueden hacer modificaciones.

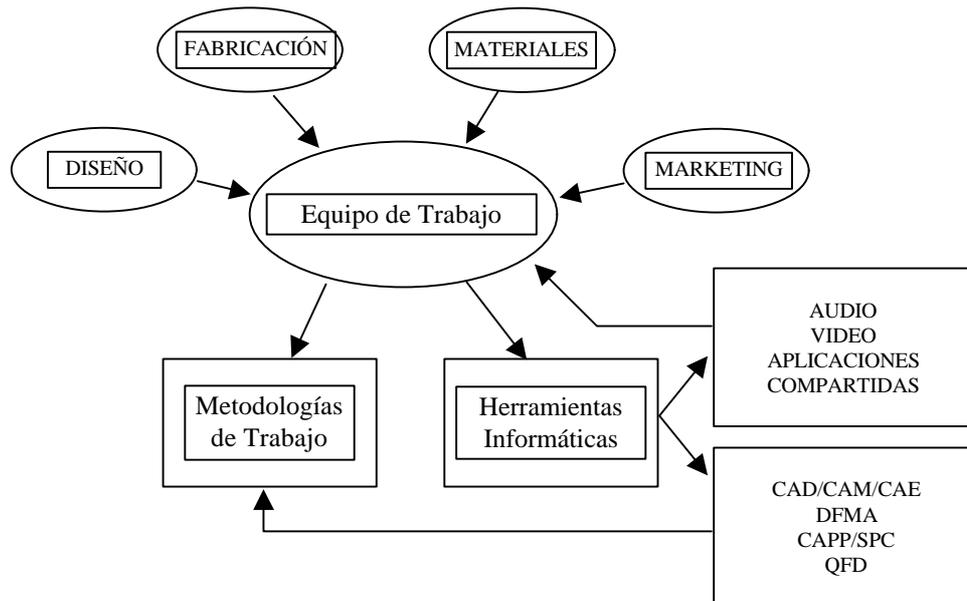


Figura 3.19. Despliegue de las herramientas en un entorno concurrente.

Existen tres tipos de herramientas en tiempo real que permiten este método de revisión virtual del diseño: *Conferencias con Documentos*, *Conferencias de Aplicación* y *Vídeo Conferencia*.

A) Conferencias de Documentos. También se conoce como *Conferencia de Diseño Asistido por Ordenador* o *Pizarra Electrónica* y es la más ampliamente implantada de las tres formas de conferencia, permitiendo que varias personas visualicen un modelo CAD simultáneamente. Este modelo de participación, que suele utilizar ficheros en formatos DXF o IGES, permite que los participantes tengan durante la conferencia la oportunidad de marcar el modelo. Son sistemas fáciles de utilizar, especialmente útiles para aquellos que no tienen entrenamiento en sistemas CAD, que suele ser lo más probable en equipos multidisciplinares. Aquí la revisión gráfica se puede hacer simultáneamente, mientras que la comunicación hablada debe realizarse mediante teléfono. Entre las herramientas comerciales para *Ingeniería Colaborativa* podemos encontrar: **Linkage Concurrent Engineering** de *Cimlinc Inc.* [CIMLINC, w3], **TALKShow** de *FutureLabs Inc.* [FutureLabs, w3] y **Look>>In** de *C-TAD Systems* [CTAD, w3].

B) Conferencias de Aplicación. Con este tipo de herramientas los participantes ven el modelo dentro de la misma aplicación que lo ha creado en sus pantallas (incluso en aquellas que no tienen licencia individual). Si se realiza alguna operación sobre el modelo se hace con la misma herramienta que lo creó. En este caso los participantes que no sean usuarios del sistema CAD no podrán utilizar la herramienta tan fácilmente como en la configuración anterior. Entre las herramientas comerciales tenemos **Shared X** de *Hewlett Packard* [HP, w3] y **TeamConference** de *Spectragraphics* [Spectra, w3].

C) **Herramientas de vídeo conferencia.** Este es el tercer tipo de conferencias que pueden incluirse en el diseño virtual. Las herramientas de captura y transmisión de vídeo que trabajan con ordenadores personales y estaciones de trabajo no son nuevas, pero sus aplicaciones a la ingeniería todavía parecen ser el objeto de nuevas adaptaciones. Las empresas que están desarrollando este tipo de herramientas se encuentran todavía con la dificultad de que las transmisiones tienen que hacerse a través de la red ethernet lo cual dificulta la posibilidad de conseguir una buena vídeo-conferencia entre departamentos separados geográficamente por mucha distancia y en horas de mucha demanda de la red. En esta modalidad existen herramientas como **NetMeeting** de MicroSoft , **Showme** de *Sun Microsystems* [Sun, w3], **Communique!** de *Insoft, Inc.* [Insoft, w3], **InPerson** de *Silicon Graphics* [SG, w3] y **MONET** herramienta desarrollada por el *Centro de Investigación de Ingeniería Concurrente* de West Virginia University [CERC, w3].

3. 5. 2. b. *Coordinación de los Equipos Virtuales.*

Es obvio el hecho de que las TI proporcionan a los equipos de trabajo la base inicial para desarrollar sistemas de ingeniería que soporten un amplio acceso a herramientas compartidas y bases de datos; pero, además, proporcionan la posibilidad de trabajar con comunicaciones multimedia, facilitando las reuniones virtuales de equipos de ingenieros distribuidos geográficamente.

Sin embargo, estos equipos de trabajo, pertenecientes a ambos enfoques, requieren algo más que canales de comunicación de última generación; el desarrollo del producto no puede ser llevado a cabo simplemente como un diálogo desordenado utilizando la computadora, obviamente requiere **coordinación**.

La información que envuelve al producto debe ser gestionada eficientemente, para así permitir una toma de decisiones correcta. La información adecuada debe ser visible a la gente apropiada en el momento requerido. Sin una coordinación efectiva el trabajo se puede duplicar, las decisiones pueden tomarse sin la información correcta y los conflictos pueden mantenerse ocultos, induciendo un aumento del coste y una pérdida de tiempo [Takumei, 92].

La coordinación requiere un espacio de trabajo común, que permita que todo aquello que está relacionado con el diseño sea visible a todos los miembros del equipo y que desarrolle la capacidad de **detectar conflictos** mientras las decisiones de diseño se debaten en común. Por otra parte, también sería deseable que una vez que los conflictos se han detectado, se pueda disponer de un mecanismo que apoye a la **resolución** de los problemas. Finalmente, también es clave el capturar la **historia** del producto en la compañía, recogiendo todos los datos que nos indican cómo se ha creado un producto y guardando toda la información para que pueda servir de referencia a los equipos de trabajo. Conseguir todo esto no es sencillo, por lo que ciertos autores realizan propuestas para su gestión por medio de programas basados en restricciones [Bowen, 91].

Para asegurar que el diseño converge hacia el producto deseado por el cliente debe controlarse el progreso del diseño y debe gestionarse el trabajo llevado a cabo por el equipo, de manera que todos tengan acceso a todas las herramientas y a toda la información. Conceptualmente, el espacio común de trabajo es equivalente a esa mesa alrededor de la cual los ingenieros del producto empiezan a discutir y a encontrar consenso en un entorno tradicional de ingeniería.

3. 6. Determinación de la Arquitectura de los Sistemas Informáticos.

Para desarrollar entornos de IC basados en las tecnologías de la información necesitamos establecer una arquitectura de referencia para los sistemas informáticos. Una arquitectura que definirá los componentes, las funciones y las interacciones entre los distintos componentes del sistema ([Nanua, 96], [Lim, 97]).

La mayoría de las empresa disponen de sistemas aislados que es necesario conectar o sistemas conectados pero que utilizan distintas plataformas; por tanto, el problema fundamental es conseguir todo un sistema integrado donde las herramientas asistidas por ordenador para el desarrollo de producto, interaccionen y cooperen para obtener un diseño optimizado.

Un entorno que necesita, en la práctica, de la posibilidad de compartir datos libremente entre aplicaciones, usuarios y organizaciones, y que requiere de unas necesidades básicas que podemos agrupar en tres ejes de actuación dirigidas a:

- Disponer de una **infraestructura** de hardware y software que permita compartir datos en red y comunicarse, indicando la distribución de los miembros del equipo multidisciplinar.
- Conseguir que las **aplicaciones** actúen de forma **integrada** y cooperativa, permitiendo una óptima coordinación del equipo y una gestión de la documentación de todo el proceso de desarrollo del producto.
- Adoptar una **representación estándar de la información del producto** a lo largo de su ciclo de vida, con modelos que permitan interpretar el producto desde diferentes puntos de vista.

El Conseguir un equilibrio en cada una de estas líneas de aplicación será crucial para el desarrollo de entornos de IC basados en las TI. Es importante destacar que de nada sirve disponer de una infraestructura de hardware y software de última generación, si no disponemos de una representación estándar de producto de forma que sea única y pueda ser distribuida en toda la empresa.

Asimismo, una buena infraestructura y unas herramientas que trabajen con una representación estándar de producto no conseguirán establecer un entorno de IC si no están integradas, esto es, si no podemos coordinar las aplicaciones y reflejar en tiempo real cualquier cambio realizado ([Rembold, 93], [Scheer, 94]).

3. 6. 1. Infraestructuras de Comunicaciones.

Debemos conseguir que los miembros del equipo, distribuidos físicamente, estén conectados mediante una red de comunicaciones informáticas y para ello deberemos agrupar una serie de estaciones de trabajo, de ordenadores personales y de servidores, de forma que configuren una gran máquina virtual.

Las diferentes plataformas, localizadas en varios departamentos, deberán tener acceso transparente de unas a otras, independientemente de su configuración. De esta forma la comunicación entre los distintos expertos implicados en el proceso de desarrollo del producto será fluida y, por lo tanto, se verá reforzada la colaboración.

Además, la infraestructura debe proporcionar la base para unificar los sistemas de ficheros, las bases de datos, los procesos y las interfaces de usuarios. Asimismo, tal y como vimos, debe ser capaz de soportar utilidades de conferencia en red para compartir electrónicamente datos en pantalla, texto o gráficos entre usuarios y sus aplicaciones; y para todo ello, serán necesarios protocolos para convocar, coordinar y revisar las conferencias electrónicas.

La configuración de la infraestructura propuesta por la mayoría de los autores [Stark, 92] es la del tipo cliente - servidor (Figura 3.20) con la topología de anillo.

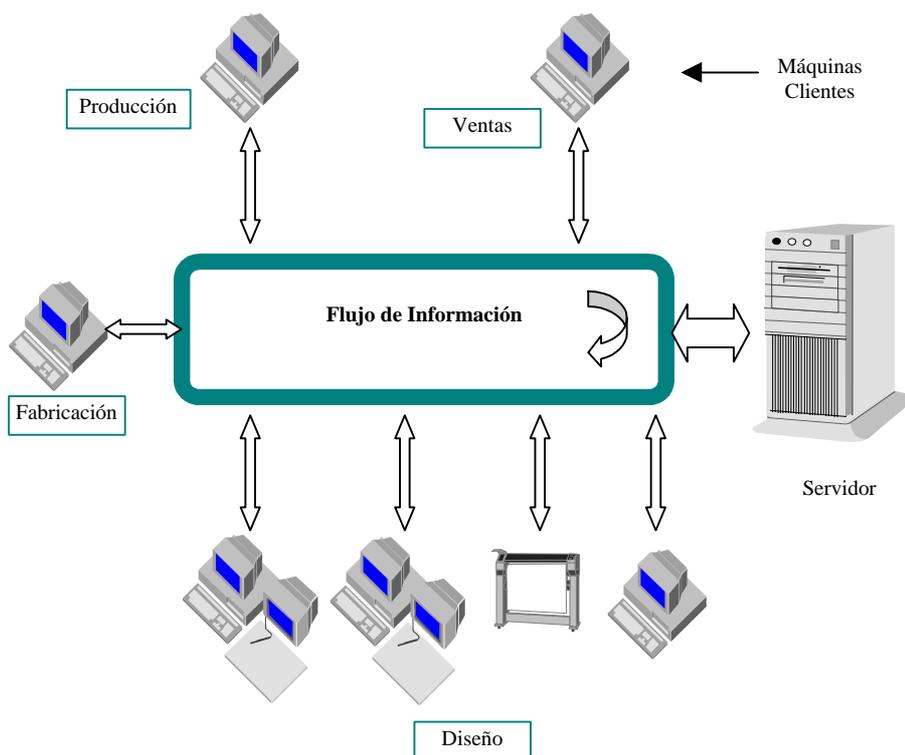


Figura 3.20. Arquitectura Cliente Servidor.

3. 6. 2. Integración de Aplicaciones.

Como ya se ha comentado, el proceso de diseño generará toda una secuencia de modelos del producto. Estos modelos serán implementados en múltiples sistemas operativos y esquemas de representación, que a su vez se almacenarán permanentemente en múltiples ficheros, formatos estructurados de ficheros y bases de datos. Cada aplicación empleada por cada grupo, utilizará diferentes esquemas para los datos del modelo que luego se compartirán; esto es, cada aplicación o herramienta utilizará diferentes representaciones para esos modelos y cada una implementará esos modelos de maneras diferentes.

Estos datos significativos del modelo, deberán ser compartidos de forma que los grupos individuales puedan ajustarlo con sus propias aplicaciones, por lo que todas las herramientas deberán trabajar de forma integrada; de esta manera, los miembros del equipo trabajarán concurrentemente en el desarrollo de productos [Jagannathan, 91].

Básicamente, los tres tipos de procesos requeridos por un sistema, para conseguir una integración total de las aplicaciones en entornos de IC asistida por ordenador, son los siguientes:

- **Importación y exportación de modelos desde bases de datos CAD**, y demás transacciones alrededor del proceso de Diseño.
- **Distribución a alta velocidad de los datos**, por medio de la red e integración de herramientas.
- **Procedimientos para la transacción de datos** hacia bases de datos de materiales, inventarios y programación.

Es obvio que, para conseguir la integración de aplicaciones, son necesarias las Bases de Datos distribuidas tipo Cliente - Servidor. Las funciones y la gestión de dichas bases de datos deben permitir los procesos anteriormente expuestos, y para ello se requieren que estos sistemas incluyan:

- Modelos de Información (esquema y tipo de datos y su campo o dominio) y la posibilidad de trasladarlos a otras aplicaciones.
- Capacidad de compartir los datos simultáneamente.
- Accesos y Control de Accesos, así como localizaciones alternativas de datos.
- Coordinación y Control de la versión de los datos.
- Consistencia de los datos históricos de la empresa.

La necesidad de un modelo de información, viene dada porque sin un modelo conceptual la gente no podría comunicarse entre sí de una manera coherente. El modelo de información y su dominio define una estructura formal para conseguir esos conceptos comunes y hacer su significado explícito de forma que se obtenga el consenso.

Por otra parte, es necesario proporcionar acceso controlado a los datos del producto; esto es, controlar las acciones que cualquier miembro del equipo tiene permitidas realizar sobre los datos del producto: modificar, visualizar, eliminar, compartir, etc. Estos permisos pueden variar durante las diferentes etapas del proceso de desarrollo del producto en función de la actividad predominante (diseño, análisis de producto, fabricación, etc.).

La gestión del flujo del desarrollo de producto supondrá también determinar la secuencia de herramientas necesarias o la utilización de metodologías específicas. Así la coordinación del equipo trabajando contra una base de datos es una de las tareas más difíciles de la IC asistida por ordenador y en este caso es fundamental obtener toda la historia de la empresa, recogiendo todos los datos de cómo se ha creado un producto y documentar toda la información. Los datos almacenados pueden facilitar la generación del histórico y, en principio, son suficientes para registrar ese conocimiento y racionalizar la toma de decisiones durante el proceso de desarrollo del producto.

Una buena *Gestión del Conocimiento* que vaya más allá de los simples datos y de sus versiones, con un alcance más allá de la mera información de los datos del producto contemplando el porqué de las acciones, puede beneficiar a la integración del proceso de desarrollo y, por tanto, al desarrollo de la IC.

3. 6. 3. Representación estándar de Datos del Producto.

Una de las premisas principales de los entornos de IC consiste en asegurar la *comunicación entre las distintas áreas de la empresa y también con los clientes y suministradores*. Requisito que supone que los sistemas basados en las tecnologías de la información sean compatibles entre sí.

Dentro de una organización esto puede ser fácil de conseguir si se adopta un único sistema, aunque ello pueda ser limitativo por cuanto áreas distintas pueden necesitar aplicaciones distintas. En cuanto a clientes y suministradores, la opción de un único sistema sólo puede darse cuando se trata de grandes compañías que pueden presionar para que lo adopten. Sin embargo, este enfoque supondría que los suministradores necesitarían un sistema para cada cliente y de esta forma verían multiplicadas sus herramientas innecesariamente.

Por tanto, una opción puede consistir en optar por un único suministrador, pero esto podría atar a la empresa y resulta muy arriesgado. Una segunda opción para asegurar el intercambio de información radica en la creación de estándares para hardware y software que hagan que todos los sistemas sean compatibles.

Esta necesidad de transmisión de la información entre diferentes sistemas CAD/CAM/CAE, dio lugar al establecimiento de estándares de intercambio, basados en los denominados ficheros de formato neutro. En la actualidad, los ficheros de formato neutro están disponibles en diferentes sistemas comerciales, siendo los más conocidos:

- IGES, *Initial Graphics Exchange Specification*.
- SET, *Standar d'Exchange et de Tranfert*.
- VDA, *Verband Der Automobilindustrie Flachenschnittstelle*.

Desafortunadamente, mientras el número de sistemas se incrementa, también lo hace el número de ficheros de formato neutro, por lo que estos estándares no han podido proporcionar el soporte que la IC necesitaba. La Figura 3.21 muestra el papel que juegan estos fichero de intercambio. Una constatación que refuerza la necesidad de conseguir que los diversos formatos de intercambio de información sean compatibles y que impulsó la iniciativa CALS (Computer Aided Logistical Support) [CALS, w3], que perseguía proporcionar apoyo a la IC por medio de un estándar internacional que pudiera compartir los datos del producto.

Proyecto que en 1984 se concreta en la propuesta de elaboración de un estándar internacional que proporcionara un mecanismo neutro capaz de describir los datos asociados al producto a lo largo de su ciclo de vida. Iniciativa que se materializó con la publicación en 1994 del núcleo básico de la norma **ISO 10303**, también conocida como **STEP**.

La norma ISO 10303 es un estándar internacional para la representación informática de los datos de un producto, una representación que no es ambigua y que es independiente de cualquier sistema particular de ordenador [Owen, 93]. La norma establece junto a una representación de la información del producto, los mecanismos necesarios para que los datos de un producto sean intercambiables. Intercambio que debe ser posible entre

diferentes sistemas y entornos asociados con el diseño del producto, su fabricación, su utilización, su mantenimiento, etc. La progresiva implantación de la norma STEP va a suponer a medio plazo una autentica revolución en el campo del CAD/CAM/CAE ([Davis, 91], [Romero, 95]).

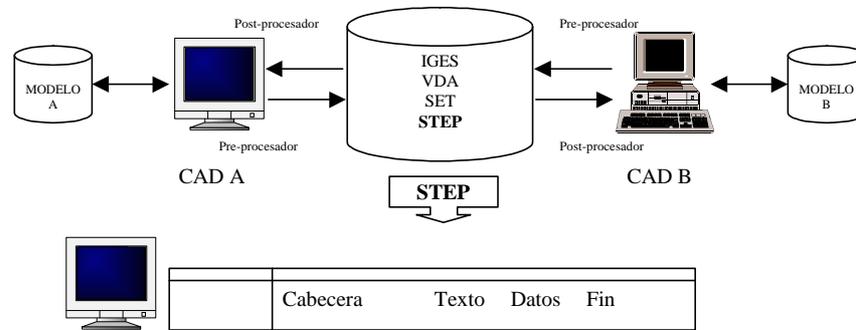


Figura 3.21. Intercambio de Información.

ISO 10303 aporta una representación común y unos protocolos de aplicación específicos para cierto tipo de herramientas asistidas por ordenador utilizadas en el desarrollo de productos (Tabla 3.8). Además incluye un lenguaje de especificación de datos, que permite establecer la información sobre el producto (EXPRESS), y unos métodos de implementación necesarios para el intercambio de los datos, incluso para los comprendidos en los protocolos de aplicación. La norma distingue entre la información necesaria para la definición del producto y la implementación necesaria para realizar el intercambio de información.

Es pues necesario disponer de herramientas que permitan definir la información asociada al producto [Helpenstein, 93]. Unas herramientas que se definen en la serie denominada “Métodos de descripción”, en la que se presenta el lenguaje “EXPRESS” (Parte 11), que es un lenguaje formal de especificación de datos, que tiene además una representación gráfica asociada (el lenguaje “EXPRESS-G”) [Gida, 95] y un lenguaje de ejemplificación “EXPRESS-I” (Parte 12) [Schenck, 94].

Para evitar los problemas que han existido con otros estándares de intercambio de información, como IGES, los diferentes fabricantes de sistemas CAD han implementado únicamente parte de la norma. ISO 10303 establece una serie de “protocolos de aplicación” que, apoyándose en los “recursos integrados” y mediante una adaptación o especialización de los mismos, establecen las necesidades relativas a datos del producto en un campo específico de aplicación.

Los protocolos de aplicación se desarrollan en la serie 200 de la norma, y entre estos que cabe citar, por la importancia que puede tener en la integración CAD/CAM, y por tanto para la IC, el protocolo 224 (“Definición de productos mecánicos para planificación de procesos utilizando elementos característicos de forma”) que establece los requerimientos para la representación e intercambio de la información necesaria para la planificación de procesos de piezas mecánicas utilizando elementos característicos de forma.

ISO 10303		
VISIÓN GENERAL (ACTUALIZADO A 8 DE FEBRERO DE 2000)		
1 IS Visión general y principios fundamentales W Enmienda 1		
MÉTODOS DE DESCRIPCIÓN	RECURSOS GENÉRICOS	RECURSOS DE APLICACIÓN
11 Manual de referencia del lenguaje IS EXPRESS 11 Manual de referencia del lenguaje IS EXPRESS : 2ª edición 12 Manual de referencia del lenguaje IS EXPRESS-I 13 Manual de referencia de la W arquitectura y metodología	41 Fundamentos de la descripción del IS producto y apoyo 42 Representación geométrica y IS topológica 43 Estructuras de representación IS 44 Configuración de la estructura IS del producto 45 Materiales DIS	101 Dibujo IS 103 Conectividad jerárquica eléctrica C 104 Análisis por elementos finitos DIS 105 Cinemática IS
MÉTODOS DE IMPLEMENTACIÓN	46 Presentación visual IS 47 Tolerancia de variación de la forma IS 48 Elementos característico de forma. C 49 Propiedades y estructura del proceso. IS	ESTRUCTURA Y METODOLOGÍA DE LAS PRUEBAS DE CONFORMIDAD
21 Codificación en texto claro de IS la estructura del intercambio 22 Interface de acceso a los datos estándar (SDAI) IS 23 Especificación SDAI en el lenguaje de programación C++ DIS 24 Especificación SDAI en el lenguaje de programación C. CD		31 Conceptos generales IS 32 Requerimientos sobre los laboratorios de pruebas y los clientes IS 33 Series de pruebas abstractas C 34 Métodos de pruebas abstractos DIS WD Métodos de pruebas abstractos para la parte 22
PROTOCOLOS DE APLICACIÓN		
201 IS 202 IS 203 IS 204 CD 205 CD 206 C 207 IS 208 W 209 DIS 210 DIS 211 C 212 DIS 213 DIS 214 DIS 215 W 216 W 217 W 218 W 219 W 220 W 221 CD 222 C 223 W 224 IS 225 IS 226 W 227 DIS 228 C 229 C 230 W 231CD	Dibujo explícito Dibujo asociativo Diseño controlado de la configuración Diseño mecánico utilizando la representación de fronteras. Diseño mecánico utilizando la representación de superficies Diseño mecánico utilizando la representación alámbrica Diseño y planificación para matricería Proceso de los cambios en el producto en su ciclo de vida Diseño y análisis de estructuras compuestas Datos para el diseño de producto con ensamblaje de circuitos impresos Test electrónico, diagnósticos y fabricación Instalación y diseño electrotécnico Planes de proceso de control numérico para piezas mecanizadas Núcleo de datos para los procesos de diseño mecánico para automoción Organización interna del buque Piezas moldeadas para buques Sistema de tuberías en los buques Estructuras de buques Planificación de procesos de inspección dimensional Planificación de la fabricación de ensamblajes de circuitos impresos Datos funcionales y representación esquemática de plantas de proceso Fabricación y diseño de estructuras compuestas Intercambio de información de diseño y fabricación para piezas de fundición Definición de productos mecánicos para planificación de procesos utilizando elementos característicos de forma Elementos estructurales en la edificación utilizando representaciones explícitas de la forma Sistemas mecánicos en buques Configuración espacial de una planta Instalaciones en edificios : Calefacción, ventilación y climatización Intercambio de información de diseño y fabricación para piezas de forja Elementos estructurales en la edificación : Estructuras de acero Datos en la ingeniería de proceso : diseño del proceso y proceso de especificación del equipo principal	

Tabla 3.8.- Estado de elaboración de la norma ISO 10303. Claves : IS, estándar internacional; DIS, borrador de estándar internacional; CD, borrador de comité; W, fase inicial de elaboración; C, cancelado.

3. 6. 4. Arquitecturas de Referencia.

Entre las arquitecturas de referencia que han facilitado el desarrollo de entornos de IC enfocados hacia las Tecnologías de la Información cabe destacar las siguientes: Iniciativa marco para CAD (*CAD Framework Initiative*, CFI), Sistema de Información de la Ingeniería (*Engineering Information System*, EIS), Arquitectura de Sistema Abierto para la Fabricación Integrada por Ordenador (*Computer Integrated Manufacturing - Open System Architecture*, CIM-OSA), Iniciativa DARPA en Ingeniería Concurrente (*DARPA Initiative in Concurrent Engineering*, DICE) y Arquitectura de Integración de Sistemas del *Agile Aerospace Manufacturing Research Center*.

La **Iniciativa marco para CAD** (*CAD Framework Initiative*, CFI), nació en 1988 para desarrollar unas guías aceptables por la industria para enmarcar la automatización del diseño que facilitase la coexistencia y cooperación de una gran variedad de herramientas [CFI, 95]. El objetivo de CFI consistía en desarrollar una estructura para los datos de modelos CAD que marcase el camino para un estándar al cuál se incorporasen los formatos de herramientas comerciales de diseño facilitando así los entornos de IC.

El programa **Sistema de Información para Ingeniería** (*Engineering Information System*, EIS) fue iniciado por el Departamento de Defensa de los EE.UU. para solucionar problemas en la gestión de la información en ingeniería [EIS, w3]. EIS pretendía proporcionar mediante otro estándar el intercambio consistente de información entre múltiples organizaciones compuestas a su vez por equipos multidisciplinares que utilizaban sistemas de información, herramientas y estilos de trabajo diferentes. De esta forma se conseguiría la integración deseada para el desarrollo de la IC no sólo dentro de la empresa sino también entre diferentes empresas.

La **Arquitectura de Sistema Abierto para la Fabricación Integrada por Ordenador** (CIM-OSA, *Open System Architecture for Computer Integrated Manufacturing*) es el objetivo del proyecto ESPRIT nº 688 [CIMOSA, 96] desarrollado por el consorcio CIMOSA integrado por 21 compañías de 7 países europeos. Este proyecto no entiende explícitamente de IC, pero incluye la integración de una infraestructura y de un modelo de empresa, lo cual puede ser visto como palanca para la IC.

El objetivo de CIMOSA es desarrollar una arquitectura de referencia de propósito general, que defina las estructuras genéricas para la descripción completa de la empresa, incluyendo los comportamientos dinámicos de sus procesos de fabricación, de información y de gestión [Bogdanowitz, 95]. CIMOSA identifica el modelado de la empresa como una de las facetas centrales de su arquitectura y utiliza los modelos para gestionar las diversas actividades de la planta.

El consorcio se formó para corregir los problemas de las industrias manufactureras relacionados con las tecnologías de la información, por lo que se centra más en la fabricación automatizada que en el propio proceso de diseño (Figura 3.22).

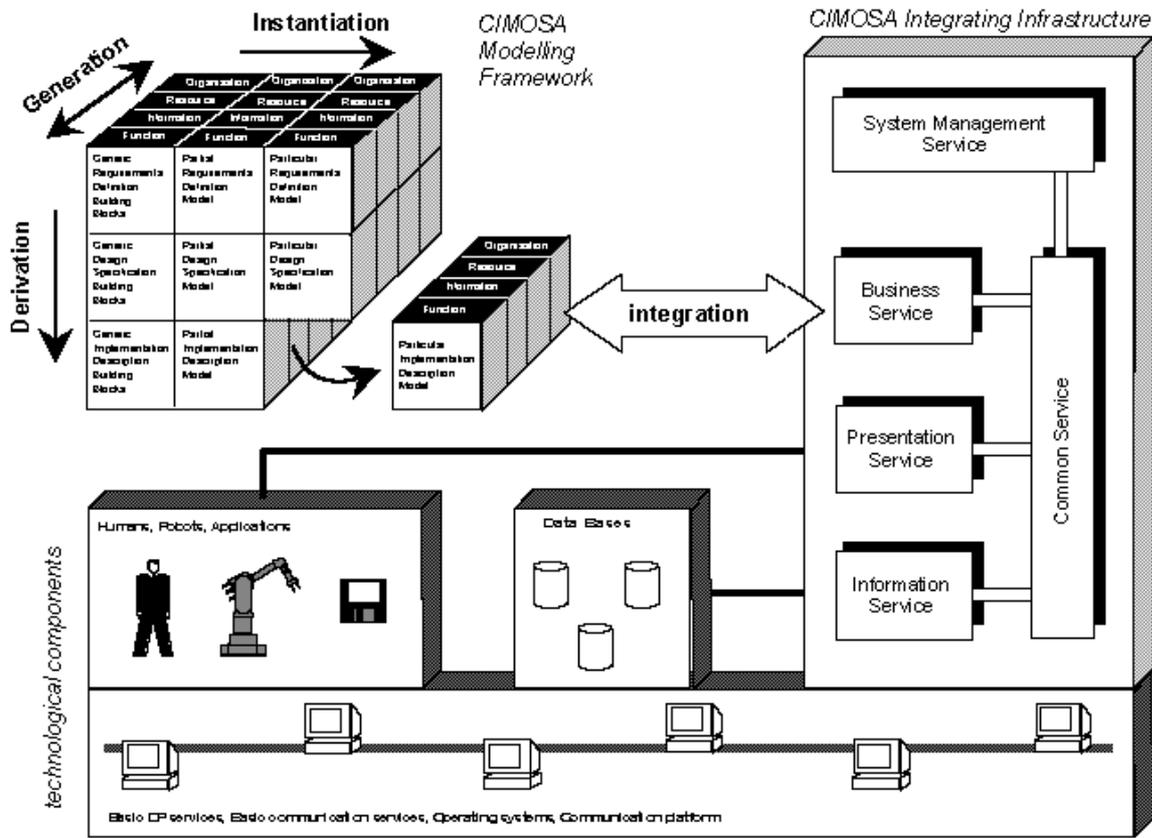


Figura 3.22. Arquitectura CIM-OSA.

La iniciativa **DARPA** en Ingeniería Concurrente (*DARPA Initiative in Concurrent Engineering, DICE*) ([Reddy, 93], [Jagannathan, 91]), también propuso una arquitectura de referencia que pudiera integrar todas las aplicaciones ([Lewis, 90a,b,c], [Sum, 92a,b], [Lewis, 94]).

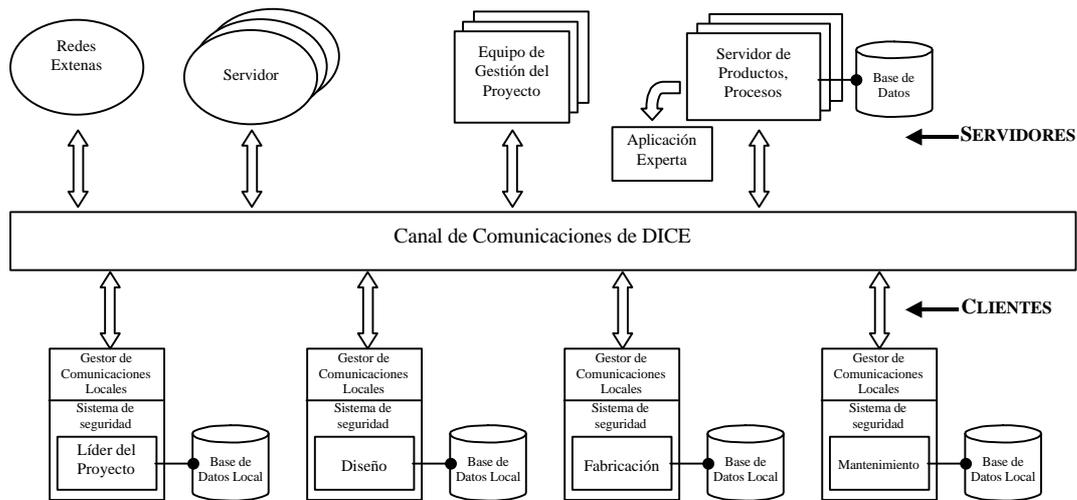


Figura 3.23. Arquitectura DICE.

DARPA desarrolló para ello el concepto de “aplicaciones servidor” y “aplicaciones cliente”. En este modelo se introdujo la necesidad de bases de datos globales y locales, y de aplicaciones de coordinación y gestión, que incluían un sistema de seguridad para la transmisión de datos.

Finalmente, la **Arquitectura para la Integración de Sistemas** (Systems Integration Architecture, SIA) ha sido propuesta por el *Agile Aerospace Manufacturing Research Center of the Automation & Robotics Research Center at University of Texas at Arlington* [Mills, 95] y es una de las más aceptadas por el modelo NGM. Con su enfoque pretende aportar un esquema básico que sirva para el desarrollo de una infraestructura que proporcione los servicios básicos de identificación, creación y modificación para cada una de las aplicaciones de la empresa.

La propuesta define cuatro módulos que proporcionan los tres tipos principales de servicios (Figura 3.24). El primer servicio es el de comunicaciones (Módulo de Comunicaciones); el segundo es el de gestión de datos de las aplicaciones incluidos aquellos de usuarios y proyectos (Módulo de Documentación); el tercero es el de accesos, ejecución de aplicaciones y control (Módulo de Aplicaciones).

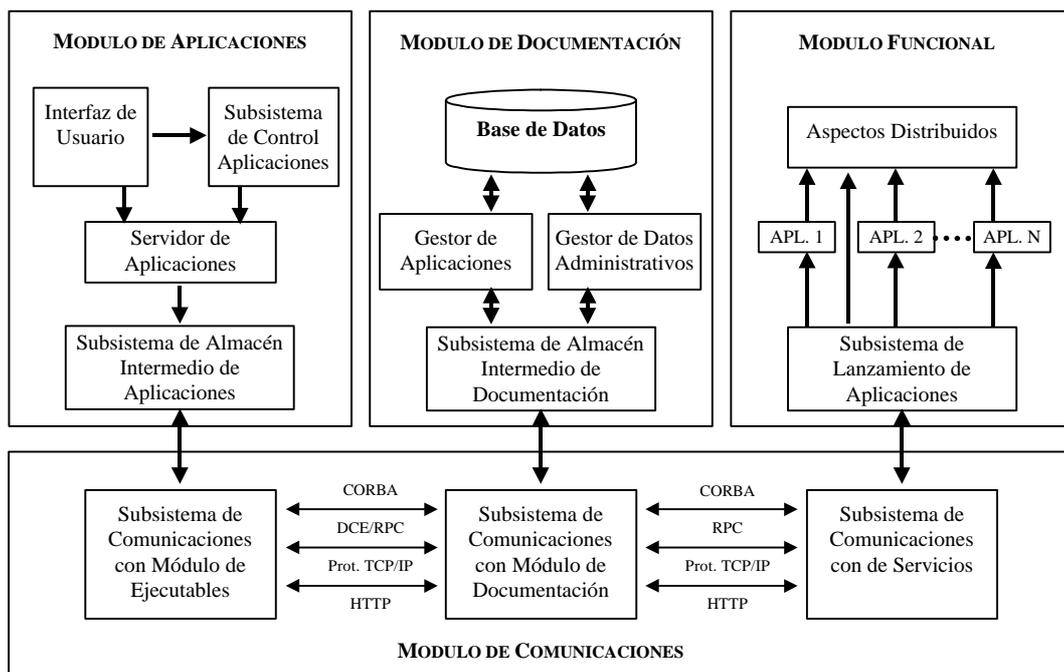


Figura 3.24. Arquitectura de Integración de Sistemas del Agile Aerospace Manufacturing Research Center.

Por su parte, el Módulo Funcional contiene todas las aplicaciones necesarias para la ayuda en el proceso de desarrollo de producto como sistemas CAD, CAM, CAE o herramientas de ayuda al diseño basadas en el QFD o diseño para fabricación y ensamblaje de las que cuales se puede disponer en función de la necesidad.

La principal aportación de esta arquitectura de referencia es la modularidad de cada uno de los subsistemas. Así, por ejemplo, el módulo de Interfaz de Usuario puede ser desarrollado o sustituido por un producto comercial que proporciona las funciones necesarias. El módulo de comunicaciones puede utilizar diversos protocolos como TCP/IP, OLE, CORBA o HTTP.

La similitud entre los dos últimos modelos, DICE y SIA, queda constatada por cuanto proponen una base de datos común y un sistema de comunicaciones distribuido. Mientras DICE proporciona un modelo en el que podemos observar cómo interaccionan las distintas áreas distribuidas geográficamente, SIA propone un esquema conceptual con los elementos mínimos que debe tener la arquitectura (servicios) para satisfacer la práctica de la IC basada en las tecnologías de la información.

El modelo DICE servirá de base para la implantación de entornos de IC a la metodología RACE que analizaremos posteriormente. Sin embargo, el modelo SIA nos permitirá adoptar una referencia de arquitectura de sistemas informáticos para nuestra propuesta de entorno de IC.

Capítulo 4

página en blanco

Cómo Transformar el Proceso de Desarrollo de Producto

Reingeniería de Procesos

4. 1. La Innovación de Procesos como Metodología del Cambio.

La implantación de un entorno de Ingeniería Concurrente supone un cambio radical que alcanza en lo fundamental a los procesos tradicionales de diseño y preparación de la fabricación de la empresa. Por ello, la estrategia de implantación debe encuadrarse dentro de modelos existentes que plantean el cambio de las actividades de la empresa y, más concretamente, en aquellas teorías sobre Innovación de Procesos (*Process Innovation*) [PROSCI, w3].

En muchas empresas ya existían modelos previos de Innovación de Procesos que, en algunos casos a través de las nuevas Tecnologías de la Información, pretendían mejorar las actividades desarrolladas. Con este objetivo surgieron las teorías de evaluación, mejora y rediseño de sistemas, tales como la *Reingeniería (Business Reengineering)* o *Reingeniería de Procesos (Business Processes Reengineering)*, que pretende establecer el marco para mejorar los procesos de la empresa, tal y como podemos observar en la Figura 4.1 ([Prasad, 96]).

En esta línea la implantación de nuevas tecnologías en el ámbito del desarrollo del producto, y de acuerdo con la filosofía de la IC, supone un cambio revolucionario dentro de la organización, tal y como expresan las teorías de Reingeniería, por lo que encontramos que este proceso debe ser coherente con estas propuestas básicas [Dicesare, 93a].

Sin embargo, la innovación de procesos únicamente puede llevarse a cabo en aquellas empresas que hayan adoptado una filosofía de gestión por procesos. Según el Departamento de Defensa de los EE.UU. [ECPI, 94] la mejora o innovación de procesos nace y está restringida por los procesos existentes, las estructuras organizativas y las tecnologías de base. Según Umeda [Umeda, 98] las empresas gestionadas de forma funcional tendrán difícil desarrollarse alrededor del concepto de la *Cadena de Valor*, que es la esencia de la mejora de procesos (Figura 1.1). Para que la innovación de procesos sea eficiente el centro de la mejora debe ser el cliente no la gestión funcional.

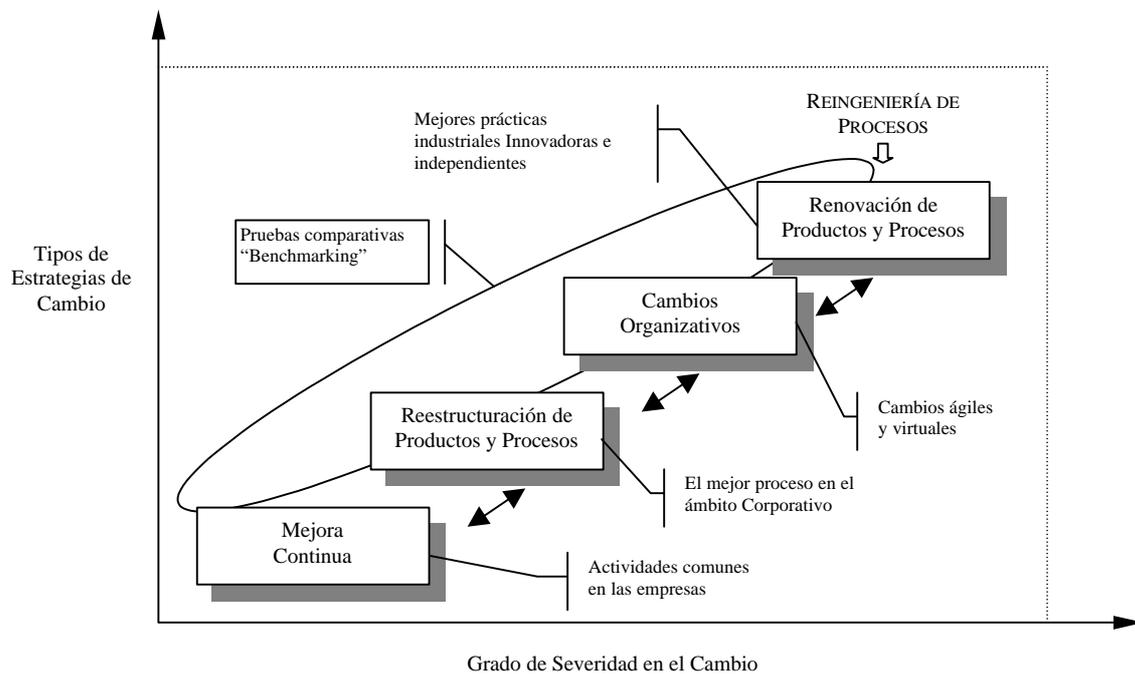


Figura 4.1. Grados de severidad en la gestión del cambio (fuente: [Prasad, 96]).

Según Schumacher [Schumacher, 97] los principios de la reingeniería, desarrollados fundamentalmente al inicio de la década de los años 90, podemos resumirlos de una forma general en:

- Externamente, centrarse en el cliente final y en la incorporación de mayor valor al producto.
- Dar a los clientes y usuarios un punto de contacto a través del cuál puedan exponer sus necesidades e intereses.
- Identificar las actividades que añaden valor al cliente y mejorarlas.
- Pensar y ejecutar horizontalmente el mayor número de actividades, concentrándose en los procesos y flujos a través de la organización.
- Implantar equipos de trabajo en toda la organización.
- Potenciar la participación e implicación de los empleados.
- Potenciar el aprendizaje y el desarrollo de nuevos productos, estableciendo entornos de trabajo creativos.
- Establecer actividades y trabajo utilizando las Tecnologías de la Información.
- Evitar las sofisticaciones excesivas. No reemplazar el trabajo creativo con herramientas de software.
- Eliminar actividades, concentrándose más en los resultados que en las entradas.

- Dar prioridad a la delegación de responsabilidades en los empleados, más que mantener el control sobre los mismos.
- Asegurar que los empleados están equipados, motivados y con la delegación de autoridad necesaria para hacer lo que se espera de ellos.
- Donde sea posible, la gente debe asumir una completa responsabilidad para gestionarse y controlarse a sí mismo.
- El trabajo debe ir ampliándose, sin sobrecargar demasiado a los expertos de las principales áreas o departamentos.
- Minimizar el número de procesos principales.
- Establecer bucles de realimentación basados en el aprendizaje y la renovación de los procesos.
- Asegurar que se realiza la mejora continua dentro de las soluciones ya implantadas. En este sentido, la Gestión de la Calidad Total (TQM) constituye un complemento natural de la reingeniería.

Como podrán comprobar, todos estos principios enlazan con la mayoría de los propuestos por la filosofía de la IC, por lo que existe sintonía entre esta metodología de cambio y las propuestas que pretendemos plantear en esta tesis. Asimismo los planteamientos de la SME (*Society of Manufacturing Engineers*) y del proyecto NGM, coinciden con las propuestas de reingeniería, resaltando especialmente en este último un imperativo denominado *Gestión del Cambio*.

Debido a que nuestra estrategia de implantación de entornos de IC pretende mejorar un proceso clave en la empresa, como es en lo fundamental el Diseño y la Ingeniería de Fabricación de Productos, consideramos que las pautas propuestas por las metodologías de reingeniería de procesos deben servirnos de guía. Así pues, consideramos de interés exponer las metodologías básicas existentes para la reingeniería, para basarnos en aquella que consideremos la más apropiada para nuestro objetivo.

Entre las distintas metodologías de reingeniería podemos destacar las propuestas de Hammer y Champy, Davenport, Manganelli y Klein, y finalmente la metodología que establece la compañía Eastman Kodak. Metodologías que expondremos en sus aspectos clave.

Finalmente, en el estudio de las metodologías de reingeniería también parece importante el identificar las barreras a la innovación de procesos y concretar aquellas que puedan aparecer a la IC, junto con como los fallos más comunes que se producen en los procesos de implantación.

4. 1. 1. Metodología de Hammer y Champy.

Hammer y Champy [Hammer, 93] son, de alguna manera, los precursores de la reingeniería y la definen como un “*replanteamiento fundamental y un rediseño radical de los procesos críticos de la empresa para conseguir mejoras radicales en las prestaciones de aquellos elementos actuales de interés tales como coste, calidad, servicio y velocidad*”. Hammer y Champy detectan como principales problemas para el éxito de la reingeniería: la mala gestión de la empresa y que los objetivos no estén definidos claramente. Además, reconocen la resistencia al cambio de las personas como el mayor obstáculo a una implantación con éxito. La metodología de Hammer y Champy propone que cualquier proyecto de reingeniería debe asumir las siguientes etapas (Tabla 4.1).

Etapas del proyecto	Descripción
<i>Introducción a la Reingeniería</i>	La alta dirección inicia el proyecto. Se analiza la situación actual para empezar las acciones.
<i>Identificación de los Procesos</i>	Se identifican gráficamente las interacciones de los procesos, dentro y fuera de la empresa.
<i>Selección de los Procesos</i>	La tercera etapa sirve para seleccionar los procesos que, una vez aplicado el cambio, permitirán relanzar la empresa frente a sus clientes y competidores.
<i>Conocimiento de los Procesos seleccionados</i>	Esta etapa se concentra en el estudio de las prestaciones de los procesos actuales y los compara con lo que se espera de ellos en el futuro.
<i>Rediseño de los Procesos Seleccionados</i>	Esta etapa es la más creativa, pues se caracteriza por la imaginación y la generación de nuevas ideas.
<i>Implantación de los Nuevos Procesos</i>	Esta última etapa cubre la fase de implantación. Hammer y Champy no profundizan en la misma, aunque opinan que se tendrá éxito si las fases anteriores se han realizado adecuadamente.

Tabla 4.1. Metodología de Hammer y Champy.

4. 1. 2. Metodología de Davenport.

Davenport, otro de los autores más relevantes [Davenport, 93] defiende que debe distinguirse la *Innovación de Procesos* de la *Mejora de Procesos*. Según Davenport, si la Innovación de Procesos significa mejorar una actividad de una manera radical, la Mejora de Procesos implica trabajar sobre los mismos procesos con un ligero incremento de la eficacia y de la eficiencia. Además, existen otras importantes diferencias, como por ejemplo: el distinto nivel de participación en el cambio organizativo, la importancia de estabilizar todo el proceso, la naturaleza del cambio o el grado de riesgo. En la Tabla 4.2 podemos observar esas diferencias resumidas.

Como podemos observar, la diferencia entre innovación y mejora queda perfectamente delimitada para Davenport. A la vista de la Tabla 4.2, la implantación de un entorno de IC supone una innovación en el proceso de diseño y fabricación, tal y como habíamos adelantado.

	Mejora	Innovación
<i>Nivel de Cambio</i>	Incremental	Radical
<i>Punto de comienzo</i>	En una etapa del proceso existente	Desde el principio hasta el final
<i>Frecuencia del cambio</i>	Una vez / continua	Una vez
<i>Tiempo requerido</i>	Corto	Largo
<i>Participación</i>	Abajo-arriba	Arriba-abajo
<i>Objetivos Típicos</i>	Estrechos, sin funciones	Amplios, interfuncionales
<i>Riesgo</i>	Moderado	Alto
<i>Palancas primarias</i>	Control Estadístico	Tecnologías de la Información
<i>Tipo de Cambio</i>	Cultural	Cultural y Estructural

Tabla 4.2. Mejora de Procesos frente a Innovación de Procesos (Davenport).

Para Davenport la Innovación de Procesos debe realizarse a través de la reingeniería y establece un marco básico, que podemos ver en la Figura 4.2 y en la Tabla 4.3.

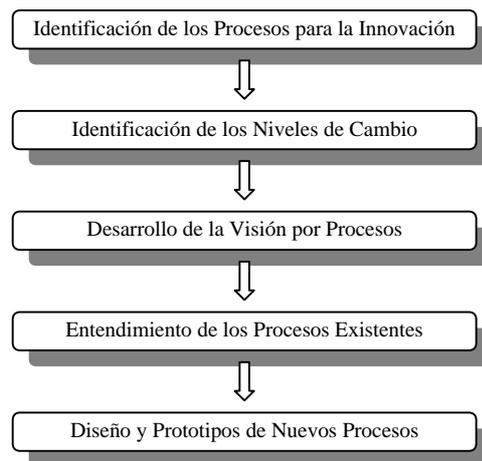


Figura 4.2. Enfoque de niveles para la Innovación de Procesos según Davenport.

En sus teorías sobre la innovación de Procesos, Davenport sitúa la Tecnología de la Información como palanca para la Reingeniería de la empresa.

Etapas del proyecto	Descripción
<i>Identificación de los Procesos para la Innovación</i>	Identificación de los procesos sobre los que se debe aplicar la reingeniería.
<i>Identificación de los Niveles de Cambio</i>	En esta segunda etapa se deben determinar cuáles son los niveles de cambio necesarios para la empresa.
<i>Desarrollo de la Visión por Procesos</i>	En esta etapa se deben centrar todas las acciones de la empresa para conseguir sus objetivos. La reducción de costes se considera como un objetivo importante.
<i>Entendimiento de los Procesos Existentes</i>	Estudio del funcionamiento exacto y de las prestaciones de los procesos seleccionados. Esta etapa diferencia a Davenport de Hammer y Champy, ya que Davenport quiere asegurarse de que durante la reingeniería las prácticas actuales no se están "reinventando".
<i>Diseño y Prototipos de Nuevos Procesos</i>	Esta etapa cubre el diseño de un prototipo funcional de los procesos de la empresa. Aquí se estudian las aplicaciones de las Tecnologías de la Información en el diseño de nuevos procesos. Los empleados analizan un nuevo proceso prototipo, desarrollan ideas para mejorarlo y comienzan a sentirse cómodos con el rediseño de sus procesos de trabajo. El último paso sirve para implementar el prototipo en la empresa. Davenport considera esta etapa crucial para el éxito del proceso de innovación.

Tabla 4.3. Metodología de Davenport.

4. 1. 3. Metodología de Manganelli y Klein.

Por otra parte, los autores Manganelli y Klein [Manganelli, 94] proponen concentrarse en aquellos procesos de la empresa que apoyan directamente los objetivos estratégicos de la compañía y los requisitos de los clientes. Según los autores, el desarrollo de productos (un proceso conocido) debe ser el proceso principal para la empresa. Los autores ven en el impacto organizativo, el tiempo, el riesgo y el coste los principales obstáculos al éxito. Cabe destacar que Manganelli y Klein (ver Tabla 4.4) proponen una primera etapa de preparación para definir los objetivos, seguida de una segunda etapa de identificación de procesos y que distinguen en la etapa de rediseño entre las cuestiones técnicas y las sociales.

Etapas del proyecto	Descripción
<i>Preparación</i>	La primera etapa, trata de definir los objetivos y el proyecto de reingeniería de la empresa, por medio de todas aquellas personas implicadas en los distintos procesos de la empresa.
<i>Identificación</i>	En esta etapa se define un modelo de proceso de la organización orientado al cliente y se seleccionan los procesos clave para el rediseño.
<i>Visión</i>	La tercera etapa sirve para definir en qué nivel de prestaciones se encuentra el proceso y a qué nivel se desea llegar en el futuro.
<i>Rediseño</i> <i>Diseño Técnico</i> <i>Diseño Social</i>	En esta etapa tenemos dos subetapas paralelas. El Diseño Técnico trata de buscar la aplicación de las Tecnologías de la Información para apoyar a los nuevos procesos. El Diseño Social sirve para diseñar los nuevos entornos de trabajo, tanto organizativos como de desarrollo personal.
<i>Transformación</i>	La última etapa consiste en la implantación de los procesos rediseñados y de los nuevos entornos de trabajo dentro de la organización.

Tabla 4.4. Metodología de Manganelli y Klein.

4. 1. 4. Metodología de Eastman Kodak.

La compañía Eastman Kodak desarrolló a principio de los años 90 una metodología de reingeniería [Lester, 94], que está siendo aplicada en sus empresas en todo el mundo. Similar a otros enfoques prácticos, la metodología se ha basado en las ideas iniciales de Hammer y Champy y trata de unificar los distintos proyectos de mejora que se estaban desarrollando por aquella época en la propia empresa.

La metodología, que describe una serie de actividades (Figura 4.3) que han probado su contribución al éxito del proyecto, puede definirse como un “conjunto de prácticas organizadas de manera que aseguran un orden y la repetibilidad en el trabajo”. La metodología de Kodak aporta básicamente:

- Una Estructura para gestionar tareas complejas.
- Unas Técnicas que son útiles en el desarrollo de actividades.
- Una Terminología común, que facilite la comprensión de la reingeniería de procesos a través de toda la empresa.

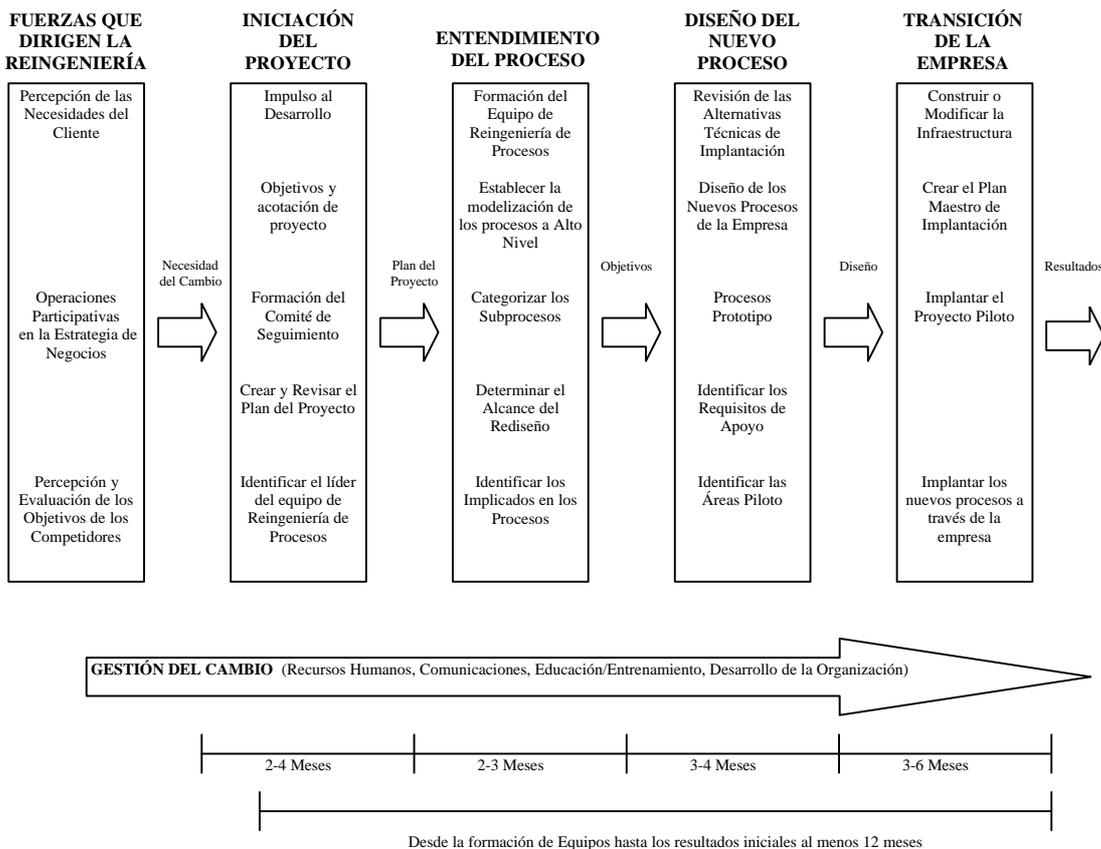


Figura 4.3. Estrategia de Implantación de Eastman Kodak.

Aunque cada una de las etapas contiene un conjunto de actividades lógicas, no pueden considerarse distintas o separadas. Las etapas pueden solaparse y el equipo del proyecto puede volver atrás y adelante iterativamente, el proceso que contempla todos estos aspectos se conoce como 'Gestión del Cambio'. En la Tabla 4.5 podemos ver una breve descripción de cada etapa para poder compararla con las metodologías anteriormente expuestas.

Etapas del proyecto	Descripción
<i>Fuerzas que dirigen la Reingeniería</i>	Etapa inicial que identifica las causas de la necesidad de cambio.
<i>Iniciación del Proyecto</i>	Etapa considerada clave, cubre la planificación del proyecto y la definición de los procedimientos.
<i>Entendimiento del Proceso</i>	En esta etapa se establece el equipo del proyecto, se diseñan procesos completamente nuevos dentro de la organización y se asignan gestores a los procesos, que serán los responsables de su posterior implantación.
<i>Diseño del Nuevo Proceso</i>	Rediseño de los procesos seleccionados, con apoyo de las Tecnologías de la Información. Planificación de la implantación del proceso rediseñado.
<i>Transición de la Empresa</i>	Implantación de los nuevos procesos dentro de la organización. Parte de esta etapa consiste en la adaptación de las infraestructuras de la organización hacia los requisitos de los nuevos procesos.
<i>Gestión del Cambio</i>	El último paso se desarrolla paralelamente a las etapas anteriores. Consiste en la superación de barreras

Tabla 4.5. Metodología de Eastman Kodak.

4. 1. 5. Metodología Básica.

Tras el análisis de las principales metodologías de reingeniería podemos afirmar que presentan una estructura básica común, compuesta por los siguientes tres grandes ámbitos: *Preparación del Proceso de Reingeniería* (identificación del cambio y entendimiento de los procesos), *Rediseño de Procesos* (modificaciones y mejoras de los procesos) e *Implantación* (proyectos piloto y transformación de los procesos de la empresa).

Así cualquier marco sobre el que establecer un cambio en el proceso de Desarrollo de Productos debería contemplar las siguientes etapas:

- 1ª . **Identificación de las Necesidades del Cambio;** la realización de esta etapa requiere el desarrollo de una visión por procesos de las actividades de la empresa y seleccionar aquellos que deben innovarse.
- 2ª . **Entendimiento de los Procesos;** imprescindible para detectar las interrelaciones, dependencias y carencias de los mismos y así poder plantear las mejoras necesarias.
- 3ª . **Rediseño de los Procesos;** con el fin de alcanzar la estrategia de empresa, se debe definir y establecer un nuevo proceso de desarrollo de producto basado en la filosofía de la IC. Los nuevos procesos deben utilizar las nuevas metodologías de diseño y las herramientas de las Tecnologías de la Información.
- 4ª . Desarrollo de **Proyectos Piloto;** supone un camino cauto y que no modifica la estructura empresarial. A partir de estos proyectos podremos sacar experiencias que nos llevarán hacia el desarrollo de una implantación robusta.
- 5ª . **Transformación de los Procesos en la empresa;** consiste en el despliegue de los nuevos procesos en toda la empresa con un cambio más profundo de la organización.

Nuestra propuesta se basará fundamentalmente en este marco, apostando fuertemente por las Tecnologías de la Información como palanca del cambio. Ahora bien, la organización puede partir de dos supuestos para iniciar el proceso de reingeniería en función de su estructura.

En el primer supuesto la organización tiene que definir su estrategia corporativa y a partir de esta enlazar con las unidades de negocio donde quiere realizar una transformación. Para la unidad de negocio seleccionada se inicia entonces el proceso de reingeniería propuesto en la Tabla 4.6, realizando el análisis estratégico en el ámbito de la unidad de negocio (*Identificación de las Necesidades de Cambio*) y con posterioridad en el ámbito de procesos (*Entendimiento de los Procesos*).

Sería pues necesaria una etapa previa en la cual la organización analizaría y formularía su estrategia corporativa para trasladarla posteriormente a las unidades de negocio.

Etapas de Reingeniería de Procesos	Objetivos
<i>Identificación de las Necesidades de Cambio</i>	<p>En esta etapa se deben determinar cuáles son los <i>niveles de cambio</i> necesarios para la empresa, a partir de las nuevas exigencias de los mercados globales.</p> <p><i>Objetivos parciales:</i></p> <p>Determinar la Estrategia de Negocios de la empresa y concretarla en objetivos y acciones.</p> <p>Analizar los Indicadores Estratégicos.</p> <p>Desarrollar una Visión por Procesos. A partir de aquí se identifican los procesos sobre los que se debe aplicar la reingeniería.</p> <p>Priorizar las Mejoras.</p>
<i>Entendimiento de los Procesos</i>	<p>En esta etapa se estudian con profundidad los procesos sobre los cuales se quiere realizar un cambio radical.</p> <p><i>Objetivos parciales:</i></p> <p>Analizar los Procesos seleccionados, modelándolos y comprendiendo su funcionamiento exacto e interrelaciones entre las actividades.</p> <p>Definir los Sistemas de Indicadores para evaluar los procesos (Indicadores de Evaluación), cuyo fin es:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Evaluar la Situación Actual. 2) Evaluar el Estado Deseado.
<i>Rediseño de los Procesos</i>	<p>En esta etapa se proponen los nuevos modelos de proceso y se trabaja sobre las mejoras necesarias.</p> <p><i>Objetivos parciales:</i></p> <p>Realizar un Nuevo modelo del proceso seleccionado.</p> <p>Utilizar nuevas Metodologías de Trabajo.</p> <p>Utilizar las Tecnologías de la Información en el nuevo proceso.</p> <p>Definir un Sistema de Indicadores para controlar el Proceso (Indicadores de Proceso). Incluye operativos y de resultados.</p> <p>Identificar las Barreras y Planificar el Cambio.</p>
<i>Desarrollo de Proyectos Piloto</i>	<p>En esta etapa se ponen en práctica los nuevos modelos establecidos, se analizan y se proponen ideas para mejorarlos. Esta etapa se considera crucial para el éxito del proceso de innovación y en la misma se aplicarán los distintos pilares de la IC.</p> <p><i>Objetivos parciales:</i></p> <p>Formar al personal en las nuevas metodologías y técnicas.</p> <p>Prever los posibles modos de Fallo en la implantación.</p> <p>Realizar un proyecto piloto con el nuevo proceso.</p>
<i>Transformación de los Procesos en la Empresa</i>	<p>En esta etapa se realiza la transformación definitiva del proceso seleccionado en toda la organización.</p> <p><i>Objetivos parciales:</i></p> <p>Analizar los resultados del proyecto piloto.</p> <p>Definir Planes de implantación globales</p> <p>Adaptar la Cultura de la Organización</p> <p>Mejorar las estructura organizativa y las infraestructuras para alcanzar el cambio.</p>

Tabla 4.6. Metodología Básica para la Reingeniería de Procesos.

El segundo supuesto parte de que la empresa no posee unidades de negocio diferenciadas y, por lo tanto, no necesita realizar el primer análisis estratégico corporativo para determinar sobre qué unidad desea actuar.

Se realizaría el análisis de la unidad de negocio y se determinarían los procesos sobre los que se pretende realizar el cambio (etapas 1ª y 2ª), de la misma forma que en el primer supuesto.

De esta forma, y para ambos casos, la primera etapa comprende el ámbito de la unidad de negocio y las cuatro etapas restantes el ámbito de cualquiera de los procesos de la empresa.

Centrándonos en la implantación de la IC en el proceso de desarrollo de producto, la etapa de *Entendimiento de los Procesos* supondría el análisis estratégico del mismo, mientras que la etapa de *Rediseño de los Procesos* implicaría la formulación de la estrategia y la planificación del cambio.

Finalmente, las etapas de *Desarrollo de Proyectos Piloto* y de *Transformación de los Procesos de la Empresa* supondrían la propia implantación de la estrategia de desarrollo concurrente de productos.

4. 2. El Problema de la Innovación de Procesos.

El éxito de cualquier proyecto de innovación de procesos debe medirse por la consecución real de los objetivos planteados. Como las empresas buscan a través de la reingeniería mejoras drásticas en los resultados de ciertos procesos, esto supone asumir un riesgo potencial que va unido a la intensidad del cambio.

Riesgo que autores como Clemons, Thatcher y Row [Clemons, 95] categorizan en cinco clases: *Financieros*, *Técnicos*, *Generales del Proyecto*, *Funcionales* y *Políticos*; y que básicamente están asociados a las posibles barreras al cambio, que dificultan cualquier transformación en la empresa. Estas barreras incrementan, en mayor o menor medida, los factores de riesgo y pueden conducir a un fracaso en el proceso de reingeniería.

En este sentido, es importante conocer y tener presente cuales son las barreras genéricas a la reingeniería, para así minimizar los riesgos en el proceso de implantación. Si conseguimos identificarlas y eliminarlas antes del proceso de cambio se perderán menos esfuerzos, que podremos dedicar al propio éxito del proyecto.

4. 2. 1. **Barreras a la Reingeniería de Procesos.**

Casi todos los autores coinciden en la existencia de dos tipos de barreras claramente diferenciadas: las *fuertes* y las *débiles*. Las **barreras fuertes** son aquellas que se refieren a la forma de hacer las cosas y modos preestablecidos de trabajar, los procedimientos. Las **barreras débiles** se refieren a los problemas de las relaciones humanas y todo aquello que afecta a la organización.

Autores como Schumacher [Schumacher, 97] identifican entre las barreras fuertes más relevantes las propias tecnologías de la información, que son necesarias para desarrollar el enfoque por procesos, junto con la falta de recursos y los obstáculos legales que pueden impedir la flexibilidad en el trabajo. En cuanto a las barreras débiles, podemos destacar la típica resistencia al cambio del personal, bien de forma individual o de forma colectiva, a la que podemos añadir la resistencia de los propios clientes y suministradores.

Para poder superar ambos tipos de barreras es importante detectar sus orígenes, que Schumacher agrupa en cuatro ámbitos causales principales (Figura 4.4):

- **Proyecto.** El ámbito del proyecto y su gestión es una de las causas de las barreras que aparecerán en el proceso de reingeniería.
- **Personas.** Las personas afectadas por el cambio constituyen la causa principal, sobre todo si pone en riesgo su puesto de trabajo.
- **Organización.** La propia estructura de la organización es una barrera, por la rigidez que introduce.
- **Entorno.** Todo el entorno de la organización puede generar una serie de barreras que implican tanto a los vendedores como a los clientes o socios.

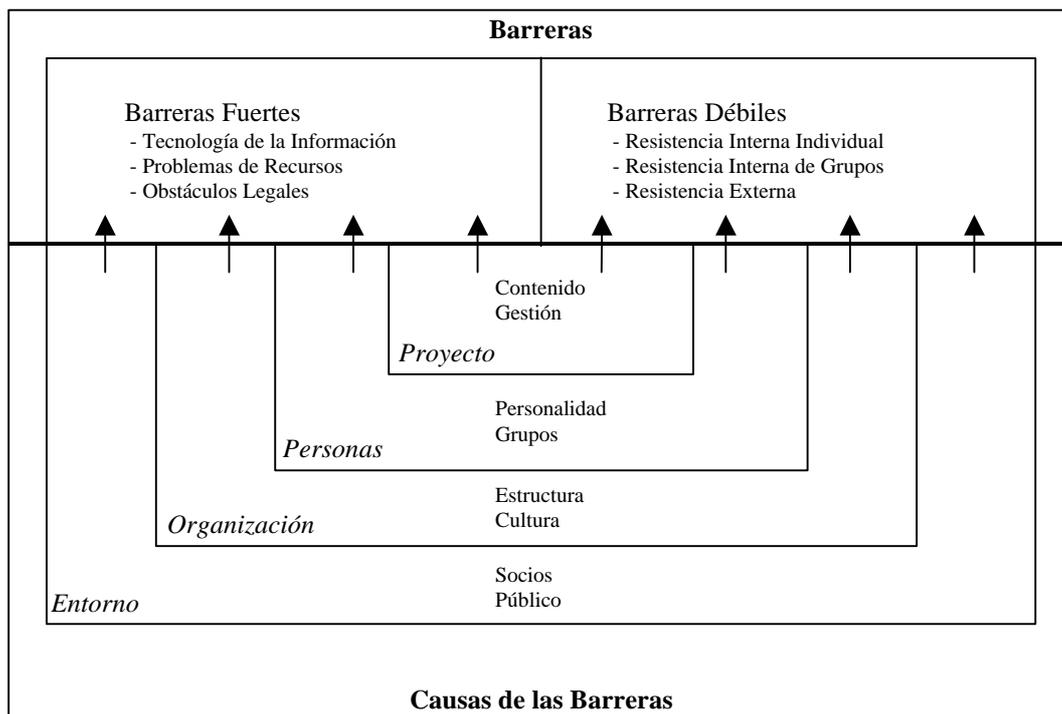


Figura 4.4. Barreras a la reingeniería (fuente Schumacher).

Estas barreras, y sus causas, deberán tenerse en cuenta al determinar la estrategia a seguir en la reingeniería del proceso de desarrollo de producto que nos conducirá a establecer un entorno de Ingeniería Concurrente.

4. 2. 2. Barreras a la Ingeniería Concurrente.

A partir de la identificación de las barreras a la reingeniería cabría ahora concretar las barreras particulares que afectan a la IC.

El hecho de que no todas las empresas traten de implantar la Ingeniería Concurrente puede buscarse en el rechazo natural a cualquier proceso de cambio de la organización. Aunque muchos de los conceptos de la IC son lógicos y coherentes, nos encontramos con que la implantación de estas ideas en una organización se enfrenta a la mentalidad tradicional del diseño secuencial del producto y se percibe como un cambio imposible o difícil de realizar ([Mukherjee, 94], [Swink, 96]).

Es obvio que se van a encontrar enormes barreras para convertir el proceso de diseño secuencial clásico, con funciones claramente diferenciadas, en otras que impliquen a varias unidades organizativas de dentro y fuera de la empresa.

La incidencia de estas barreras sobre la implantación de la IC puede apreciarse en un estudio sobre el desarrollo de productos industriales realizado por Maddux y Souder [Parsaei, 94]. La Tabla 4.7 refleja el hecho de que cerca del 60% de los proyectos con éxito tuvieron algunos problemas de desarmonía que impidieron la colaboración interdepartamental. El estudio muestra que el despliegue fue más difícil debido a los pocos deseos de colaborar entre los departamentos.

Estado	Porcentaje de experiencias de proyectos en este estado
Desarmonía severa.	
Falta de apreciación.	26,9
Desconfianza.	11,8
Subtotal.	38,7
Desarmonía media.	
Falta de interacción.	7,6
Falta de comunicación.	12,9
Subtotal.	20,5
Armonía total.	
Subtotal.	40,8

Tabla 4.7. Porcentaje de Proyectos (fuente Souder).

En cuanto a los procesos de implantación que fracasaron, según la Tabla 4.8 podemos observar que la mayoría fue debido a una desarmonía total, ocasionada quizás por la falta de conocimiento de la IC o desconfianza en ella.

Estado	Resultados de los proyectos (porcentajes)		
	Éxito	Éxito parcial	Fallo
Armonía	52	35	13
Desarmonía Media	32	45	23
Desarmonía severa	11	21	68
Total	100	100%	100%

Tabla 4.8. Evaluación del éxito de los proyectos (fuente Souder).

Para alcanzar los objetivos planteados en esta investigación es imprescindible derrumbar las barreras que pueden darse en la reingeniería del proceso de desarrollo de producto y que podemos clasificar de forma más concreta como barreras técnicas y barreras organizativas.

Las **barreras técnicas** implican falta de apoyo o de facilidades a la adquisición y despliegue de nuevas tecnologías. Por ejemplo, la falta de facilidades CAD/CAM puede ser una barrera significativa para la implantación de la Ingeniería Concurrente.

Las **barreras organizativas** se refieren a los estilos de gestión, políticas de la empresa, cultura organizativa, comportamientos personales, reacciones preestablecidas a la hora de hacer las cosas y predisposición a tomar riesgos.

4. 2. 2. a. Barreras Técnicas.

El despliegue de la IC supone la adopción de unas técnicas y metodologías de desarrollo de producto. Entre las barreras técnicas más significativas cabe destacar:

- Falta de Recursos basados en las Tecnologías de la Información.
- Desconocimiento de la implicación de las Nuevas Tecnologías.
- Utilización de metodologías de diseño no integradas.

Falta de Recursos basados en las Tecnologías de la Información.

La falta de recursos basados en las tecnologías de la Información puede suponer una gran barrera para la implantación de la IC, sobre todo si se desea acceder al nivel de ICAO (Ingeniería Concurrente Asistida por Ordenador).

Cualquier empresa que desee cambiar hacia una visión por procesos debe basarse en estas tecnologías, debido a que la cantidad de información y la complejidad de la misma puede hacer su gestión inviable.

Con las herramientas necesarias, utilizadas correctamente, los ingenieros pueden trabajar simultáneamente en el diseño, comunicándose constantemente uno con el otro con los mismos conjuntos de especificaciones y parámetros. Este conjunto común de datos no releva a los ingenieros de la interacción personal y de la comunicación requerida para la IC, es más, sirve para reforzarla. Sin embargo, la carencia de estos recursos puede suponer una barrera a desarrollo eficiente de la IC.

Desconocimiento de la Implicación de las Nuevas Tecnologías.

Uno de los principales requisitos técnicos para ayudar al desarrollo de la IC es establecer propiamente un Sistema de Diseño y Fabricación Asistido por Ordenador (CAD/CAM/CAE). En este sentido, ciertos autores como Hartley [Hartley, 95] afirman que la IC estaría perdida sin estas herramientas.

Con este escenario, una de las típicas barreras técnicas viene de entender erróneamente que una empresa puede conseguir su transformación hacia la IC simplemente comprando las herramientas y el software adecuado.

Aunque obviamente el hardware y el software son necesarios en un entorno de IC basado en las nuevas tecnologías, su simple adquisición no asegurará la implantación con éxito de la IC. La tendencia a comprar tecnología sin entender primero cómo utilizarla y sus implicaciones pueden confundir a la alta dirección sobre sus beneficios y hacer que se centre en otra estrategia más fiable; por lo que deben identificarse primero las necesidades reales antes de adquirir el remedio.

Utilización de Metodologías de Diseño no Integradas.

Si la empresa ha trabajado hasta ahora con metodologías de diseño totalmente secuenciales e independientes, el cambio a nuevas maneras de trabajar, con unas metodologías preestablecidas y orientadas hacia el trabajo en equipo, requerirá invertir en la formación técnica del equipo.

De la misma manera que en el uso de las herramientas CAD/CAM/CAE, la falta de experiencia en la utilización de estos métodos integrados de diseño supondrá una barrera técnica [Kahn, 96]. La incorporación de estas herramientas y metodologías puede suponer beneficios, pero si esta no se realiza gradualmente y de una manera integrada no se obtendrán los beneficios que proporciona el intercambio de información entre expertos de distintas áreas.

La utilización de equipos integrados de diseño puede conseguir beneficios significativos e incrementar aquellos generados de forma aislada por otras herramientas. Cualquier metodología que contemple las consideraciones de todas las restricciones del proceso se verá reforzada por el propio intercambio de información.

4. 2. 2. b. Barreras Organizativas.

Aunque Schumacher la considera como débiles, las barreras organizativas pueden ser las más difíciles de superar debido a que son complejas e interrelacionadas [Siemieniuch, 93]. Por ejemplo, un cambio en el estilo de la alta dirección afecta a la capacidad de tomar decisiones arriesgadas. Por su parte, las barreras organizativas también están interrelacionadas con las barreras técnicas, ya que una política que restrinja la disponibilidad de recursos para algunos miembros de la organización puede suponer un escalón difícil de superar. Entre las barreras organizativas podemos citar las más significativas:

- Falta de Apoyo de la Alta Dirección.
- Clima Inadecuado.
- Directores Excesivamente Protectores.
- Sistemas de Recompensas Inadecuados.
- Falta de Cooperación con el Cliente.
- Falta de Cooperación con el Suministrador.
- Temor a la Pérdida de Creatividad.

Falta de apoyo de la Alta Dirección.

Sin el apoyo de la Dirección cualquier intento de acometer un cambio positivo dentro de la organización está llamado al fracaso. Cualquier intento de mejora de la calidad (bien sea a través del diseño, de la fabricación o de los servicios) debe recibir la adhesión total de la Alta Dirección si quiere tener éxito. Es necesario que la transformación de la empresa hacia la IC se realice desde la cúspide de la organización y desde ahí bajar a los siguientes niveles organizativos.

La Dirección debe permitir el tiempo suficiente para que la nueva filosofía genere beneficios, ya que llevará un tiempo conseguir que departamentos que nunca habían sido requeridos a trabajar juntos cooperen para optimizar un diseño. Por ejemplo, el establecimiento de los requisitos del cliente y del suministrador es una actividad que lleva años de conseguir. Esperar a que la IC transforme la empresa de la noche a la mañana es un error de las expectativas creadas a corto plazo por la Alta Dirección, no una debilidad propia de la IC.

Clima Inadecuado.

El clima dentro de la organización afecta directamente a la implantación de la IC, es obvio que un clima desfavorable retrasará la implantación y que un clima favorable la promocionará. Una definición aceptable de clima o ambiente organizativo podría ser “*una actitud, atmósfera u orientación prevaleciente en la organización*”. El clima será pues el reflejo del ejemplo que la alta dirección establezca a través de sus acciones, políticas y decisiones.

Básicamente podemos decir que existen tres factores ambientales que la Alta Dirección puede controlar para estimular la cooperación interfuncional, la colaboración interdepartamental y la adopción de nuevas técnicas. Estos factores ambientales son: el *grado de incertidumbre* de la asignación de las tareas, el *grado de flexibilidad* en los papeles y el *nivel de verdad y apertura* percibido. Cuando todas las asignaciones de tareas y responsabilidades son claramente establecidas y conocidas por todas las partes, la cooperación será fluida y las nuevas ideas y técnicas serán implantadas rápidamente.

Directivos Excesivamente Protectores.

Una de las claves para implantar con éxito una cultura organizativa compatible con la filosofía de la IC se apoya en conseguir la cooperación entre las distintas áreas funcionales. Los miembros de numerosos departamentos como diseño, fabricación, ventas, compras y mercadotecnia deben compartir la información y detalles del producto. Un cierto impedimento a este requerimiento puede venir del director funcional, que puede ser excesivamente protector con los miembros de su área.

Los directores que muestran esta característica a menudo lo hacen por temor o inseguridad, más que por una discrepancia o lucha contra los objetivos de la organización. Este temor puede ser motivado por la falta de confianza en el propio talento personal o el temor a ser superado por algunos colegas. Este temor debe ser eliminado con cualquier tipo de estímulo con el fin de implantar con éxito cualquier filosofía de mejora. El intercambio abierto de ideas y de información debe favorecerse en un entorno distendido, esperando a que exista una cooperación total.

Sistemas de Recompensa Inadecuados.

El sistema tradicional de recompensas empleado por muchas organizaciones puede ser una barrera significativa para conseguir la cooperación requerida para la implantación de la IC. En particular, los sistemas de recompensa basados en objetivos departamentales, más que en objetivos de toda la organización, pueden llevar a no optimizar los recursos y las prestaciones de la organización [Goldratt, 93].

Cuando los departamentos persiguen un número limitado de recursos basados en el conseguimiento de algún objetivo numérico, la cooperación no es la mejor manera de crecer. Si la dirección de un departamento entiende que el resto de las áreas son los adversarios dentro de la organización, será menos propensa a compartir la información necesaria para el diseño con éxito del producto.

Un ejemplo puede ser la asignación de incentivos para el departamento de compras basados en el ahorro. Normalmente muchos de los departamentos de compras seleccionarán el suministrador de menor precio que cumple las especificaciones. Si el equipo de diseño sabe que el *suministrador A* no sólo cumple las especificaciones sino que, además, consigue una calidad significativa, entonces el equipo preferirá elegir al *suministrador A*.

El encargado de compras puede rehusar la recomendación del equipo en favor del precio más bajo ofertado por el *suministrador B*. La calidad del producto se ve afectada porque el sistema de objetivos no se ha optimado existiendo un conflicto de intereses.

Así pues, la organización debe asegurarse de que el sistema de recompensas para sus empleados no sea contradictorio con los esfuerzos cooperativos requeridos en la IC ya que la filosofía de la IC tiene como objetivo la optimización del todo.

Falta de Cooperación con el Cliente.

Aunque la IC sugiere la implicación y la interacción en el diseño desde todas las perspectivas presentes en el ciclo de vida del producto, el factor más importante y determinante del éxito o fracaso de un producto es el usuario final o el cliente. Tan es así que la falta de cooperación con el cliente ha llevado históricamente a fallos en el diseño.

Algunos clientes saben exactamente qué es lo que necesitan, y pueden explicar esas necesidades con el nivel de detalle requerido para el diseño. Otros, sin embargo, pueden suministrar informaciones que son incompletas o incorrectas. El diseño basado en estas especificaciones erróneas se convierte al final en un producto inútil. Souder [Souder, 88] se refiere a esto como “rediseño causado por el cliente”, por esta razón el cliente debe ser un miembro del equipo, pero las especificaciones del cliente deben analizarse para determinar las correcciones oportunas.

De esta forma Souder ha propuesto el modelo mostrado en la Tabla 4.9 como una ayuda para determinar el tipo de relación Cliente - Elaborador del Servicio. La clave para determinar el nivel de intensidad de las relaciones requeridas es un problema del grado de sofisticación de ambos.

Nivel Tecnológico del Elaborador	Nivel de Sofisticación del Cliente		
	Conoce sus propias necesidades y puede trasladarlas en especificaciones del producto	Conoce sus propias necesidades pero no puede trasladarlas en especificaciones del producto	NO conoce sus propias necesidades.
Conoce las especificaciones del producto y las técnicas para desarrollar nuevos productos.	A	B	C
Conoce los medios técnicos para desarrollar los nuevos productos pero no entiende las especificaciones del producto.	D	E	F
Conoce las especificaciones del producto pero no entiende los medios técnicos para desarrollarlo	G	H	I
No conoce ni los medios técnicos ni las especificaciones del producto.	J	K	L

Tabla 4.9. Modelo de Relación Cliente - Fabricante (Fuente Souder).

Por ejemplo, si las condiciones que caracterizan la situación son las descritas en la *celda A* de la Tabla 4.9, no es necesario establecer una relación cliente - elaborador muy estrecha. El elaborador simplemente desarrolla las especificaciones conocidas ya por el cliente.

En el otro extremo o situación tenemos las condiciones de la *celda L*; en esta situación de completa incertidumbre es esencial que elaborador y cliente colaboren estrechamente para definir las necesidades del usuario y sus especificaciones, la naturaleza del producto a desarrollar, las tecnologías a emplear y los medios técnicos para desarrollar el producto. Para ello se deben suceder toda una serie de actividades entre las que caben discusiones intensas, intercambio de percepciones, recogida de datos de prestaciones en productos similares o pruebas del producto conceptual y de prototipos contando con el cliente. Los suministradores apropiados también deben verse implicados a colaborar en estas actividades.

Muchas de las situaciones podrán situarse entre los extremos de las celdas A y L; por ejemplo, las condiciones en la *celda E* se encuentran a menudo en muchos productos industriales. En estos casos, es necesaria una rápida cooperación con los clientes, con el fin de asistir al desarrollo óptimo de los medios técnicos (materiales, componentes). Más tarde, cuando el prototipo se haya desarrollado, las opiniones del cliente serán nuevamente requeridas para confirmar esta eficiencia.

Falta de Cooperación con el Suministrador.

Una vez realizado el diseño es necesario contar con expertos para la selección de los materiales, componentes o equipos apropiados necesarios para su construcción. En la relación suministrador - fabricante, el suministrador se integra en las operaciones del cliente o de la empresa, y esto requiere de una serie de cambios muy importantes en la forma de operar de la empresa.

Según Deming en sus “catorce puntos de filosofía de la gestión” [Deming, 89] se debe seleccionar un número mínimo de suministradores, y la relación con los suministradores debe ser transparente para conseguir la cooperación y el intercambio de información necesario. De esta manera se minimizarán las barreras ya que el suministrador se involucrará en la cultura de la propia organización.

Esta relación ha permitido que en los últimos años se vieran disminuidos los costes a partir de exigir menores precios a los suministradores. Sin embargo, esta relación es adversa pues se puede obtener un menor precio por materiales de inferior calidad y romper así la verdadera cooperación necesaria en la filosofía de la IC.

Temor a la Pérdida de Creatividad.

Una de las áreas de resistencia a la IC es todo aquello que impone una estandarización al Ingeniero de Producto. Cuando se diseña un producto, si aplicamos por ejemplo técnicas como el QFD, estamos restringiendo la creatividad, porque está obligado a cumplir con la ‘voz del cliente’.

Sin embargo, si se acostumbra al Ingeniero de Producto a utilizar técnicas ya maduras y a cooperar con otras personas de la empresa, los beneficios de la mejora del diseño superarán las restricciones ocasionadas por la posible falta de creatividad.

La creatividad y la innovación que llevan a la mejora de un diseño no están restringidas por la IC; ahora bien, la creatividad que tiene como base para la mejora de un producto el incremento de su coste, sin aumentar sus prestaciones para el mercado, está limitada justificadamente por la IC.

4. 2. 3. Acciones para Superar las Barreras.

Las barreras descritas, y otras que aparecerán al tratar de ejecutar el proceso de transformación, pueden ser superadas si planificamos la implantación incluyendo una serie de acciones de ámbito general que podemos agrupar en:

- Definir los Objetivos de la Transformación.
- Realizar gradualmente la Transformación Cultural.
- Conseguir el Cambio Organizativo.
- Establecer los Equipos para la Ingeniería Concurrente.
- Proporcionar el Apoyo adecuado a las Nuevas Tecnologías
- Definir claramente el Papel de cada miembro y las Interacciones.

4. 2. 3. a. Definir los Objetivos de la Transformación.

Para realizar la transición hacia la IC es necesario definir claramente cuál es el grado de la misma y qué se pretende con ella. En todo proceso de reingeniería y, por tanto, en la implantación de la IC debe quedar perfectamente definido el objetivo que se pretende [Byrd, 92].

Así pues, el primer paso es determinar qué mejoras se pretenden obtener con la IC y quién se verá implicado en las mismas, clarificando de esta manera los objetivos del proyecto.

4. 2. 3. b. Realizar la Transformación Cultural.

Una de las apreciaciones más importantes sobre la IC es que es una cultura y no sólo un programa. De hecho, algunas organizaciones han reconocido esto en su definición de IC, que de alguna manera se puede sintetizar en que “*la IC es una cultura donde equipos de diseño multidisciplinares conducen el diseño simultáneamente de un producto y de un proceso requerido para producirlo*” ([McKnight, 89]).

Los medios para cambiar la cultura pasan, en primer lugar, por la formación. Se debe empezar la educación a través de la alta dirección, todos los miembros de la organización deben estar advertidos de los beneficios de la filosofía de la IC y qué actuación se requiere exactamente de ellos. Desde el inicio del proceso de transformación cada nivel de la organización y cada individuo debe estar totalmente advertido de lo que es y de lo que no es la IC; y la implantación no puede ni debe continuar hasta que no esté claro este primer paso.

4. 2. 3. c. Conseguir el Cambio Organizativo.

La utilización de equipos multidisciplinares es crítica en el éxito de la IC. La dirección debe entender fácilmente que gestionar equipos multidisciplinares es un excelente método para romper las barreras departamentales, especialmente en empresas que han sufrido tensiones internas en el pasado.

Para ayudar al proceso de formación de equipos multidisciplinares es recomendable integrar estructuralmente a las personas pertenecientes a todas aquellas áreas implicadas en el proceso de desarrollo de producto. Estos equipos informarán únicamente a una persona de la alta dirección de la empresa que será el interlocutor válido.

Este cambio estructural en la organización puede potenciar la cooperación entre los jefes de los departamentos, reforzando la idea de que la fabricación de un producto debe ser el resultado de un único equipo más que del proyecto resultante del trabajo de varios departamentos.

4. 2. 3. d. Establecer los Equipos para la IC.

Los miembros del equipo de IC no sólo deben representar a cada uno de los departamentos requeridos para el diseño del producto sino que, además, deben desempeñar ciertas funciones. Entre éstas cabe destacar la habilidad de exponer adecuadamente el conocimiento para el cual han sido requeridos dentro del equipo y, posteriormente, obtener el consenso de su área una vez se ha tomado la decisión. Cada miembro del equipo debe conseguir la aprobación sobre el diseño por su propio departamento una vez que esté realizado, en caso contrario no existirá la cooperación y los esfuerzos habrán sido en vano.

Una vez que se han superado las barreras dentro de la organización los suministradores y los clientes deben incluirse en el equipo y en el proceso de implantación. Esto supone abordar una serie de conflictos que pueden venir por la decisión de reducir el número de suministradores o si es conveniente incluirlos en actividades confidenciales, que suponen una ventaja competitiva para la empresa.

El establecimiento de los equipos de IC puede realizarse de diversas maneras, sin embargo, un procedimiento efectivo podría realizarse de la siguiente manera:

1. Cada departamento o área funcional asigna los miembros más adecuados por su experiencia y capacidad de trabajo en equipo.
2. Los miembros del equipo deben estar conectados en un entorno de red o espacio virtual común.
3. El equipo debe incluir un líder con una base técnica fuerte que reúna las aptitudes básicas de liderazgo, comentadas en el capítulo anterior, y estar capacitado para coordinar todas las tareas y esfuerzos.
4. El equipo debe disponer de una financiación suficiente para todo el proyecto de implantación y debe poder controlar la programación del mismo.
5. El equipo debe desarrollar y plasmar concurrentemente las especificaciones del producto y de los procesos de fabricación - producción relacionados.
6. El equipo informará directamente al responsable de la alta dirección que previamente ha sido designado como interlocutor válido.

4. 2. 3. e. Proporcionar el Apoyo Adecuado a las Nuevas Tecnologías.

En el proceso de implantación de IC es crucial el proporcionar las suficientes tecnologías de apoyo sobre todo si se pretende desarrollar equipos de IC basados en las tecnologías de la información.

Como vimos anteriormente existe un gran número de herramientas y tecnologías que apoyan a la IC: CAD/CAM, prototipaje rápido y otras técnicas asistidas por ordenador. Asimismo disponemos de las metodologías que pueden utilizarse para apoyar a la implantación e utilización de la IC como por ejemplo, el Despliegue de la Función de Calidad, los métodos Taguchi y las metodologías de Diseño para fabricación y ensamblaje que tienen sistemas de ayuda asistidos por ordenador.

Es importante conseguir que los miembros menos habituados a estas herramientas pierdan el miedo a su utilización, por lo que se les debe proporcionar el entrenamiento adecuado para que las utilicen inteligentemente.

4. 2. 3. f. Definir Claramente el Papel de Cada Miembro y las Interacciones.

Otra de las posibles barreras a la transformación hacia la IC radica en una mala definición de los papeles que desempeñan los miembros del equipo y cuándo y cómo se programan las interacciones. En una serie de estudios empíricos, ciertos investigadores encontraron que debía involucrarse a los miembros apropiados en el momento adecuado para así romper las barreras a la utilización de técnicas avanzadas de diseño y fabricación, desempeñando el papel correcto que le correspondía ([Port, 89a],[Port, 89b]).

Esto implica que deben especificarse detalladamente las tareas de cada miembro y acotar su papel orientándoles hacia la consecución de los beneficios esperados; además, es necesario definir los indicadores oportunos para evaluar el progreso hacia esos beneficios. Por ejemplo, el papel de los mandos directivos es asumir la implantación de las técnicas más apropiadas dentro de sus áreas de responsabilidad, mientras que el papel de los responsables de recursos humanos es servir de unión entre la tecnología y la organización para asegurar que la implantación se realiza desde los niveles inferiores. Por su parte, el papel de cada miembro del equipo vendrá determinado por su capacidad técnica y dependerá de las actividades a desarrollar en el proceso, que a su vez dependerán del tipo y complejidad del producto.

4. 3. Dificultades en el Proceso de Implantación.

Identificar y superar las posibles barreras a la Ingeniería Concurrente no es suficiente, la transformación que va a sufrir la empresa hacia la nueva forma de trabajar llevará consigo una serie de dificultades que pueden hacer fracasar el propio proceso de implantación. Para una buena planificación, organización y gestión del cambio también es conveniente prever los posibles fallos que pueden suceder en el proceso de implantación, estimando cuáles pueden ser provocados por las barreras y cuales por el desconocimiento de estas nuevas filosofías de trabajo.

Los fallos en el proceso de implantación son también una serie de barreras que surgen dinámicamente conforme se va desarrollando la estrategia y, por tanto, debemos contemplarlos para volver a encauzar el cambio hacia el camino correcto.

La experiencia de implantación de la IC en muchas empresas prueba que la *calidad del plan de implantación* es mucho más importante que la propia filosofía en sí misma. El amplio abanico de herramientas y metodologías disponibles puede inducir a suponer que tenemos un gran catálogo donde elegir la que consideremos más adecuada e instalarla. En la práctica la implantación de cada herramienta individualmente, y la forma de hacerlo, puede variar enormemente los beneficios conseguidos, según se comprueba en distintos estudios de implantación [Burns, 97].

Así pues, si logramos comprender los modos de fallo más comunes, y determinar en qué punto pueden ocurrir, podrán desarrollarse técnicas para superarlos y la empresa se moverá más rápidamente hacia la IC. Los modos de fallo comunes se centran en actividades que las empresas pueden ejecutar erróneamente y en todo aquello que puede tener un impacto negativo en el proceso de implantación.

Según Evans [Evans, 96] todo proceso de implantación de nuevas tecnologías puede dividirse básicamente en tres fases que implican a todos los niveles jerárquicos de la organización. La primera fase, “*Empezar*” comienza con el reconocimiento del deseo radical de mejorar el proceso de desarrollo del producto y termina cuando la empresa decide investigar o implementar la IC. La fase de “*Preparar*”, incluye la recopilación de la información y su análisis, y termina cuando se presenta y aprueba un plan completo de IC. La fase final, “*Hacer*”, empieza con el primer proceso de cambio.

La Figura 4.5 muestra estas fases de la implantación propuestas por Evans a lo largo del tiempo con la mayoría de los pasos y actividades; en ella se pueden observar desde fallos propios de las fases iniciales (análisis y formulación de la estrategia) hasta fallos en la fase de ejecución (implantación de la estrategia) y que pueden darse en cualquier nivel de la organización, desde la dirección hasta el personal básico.

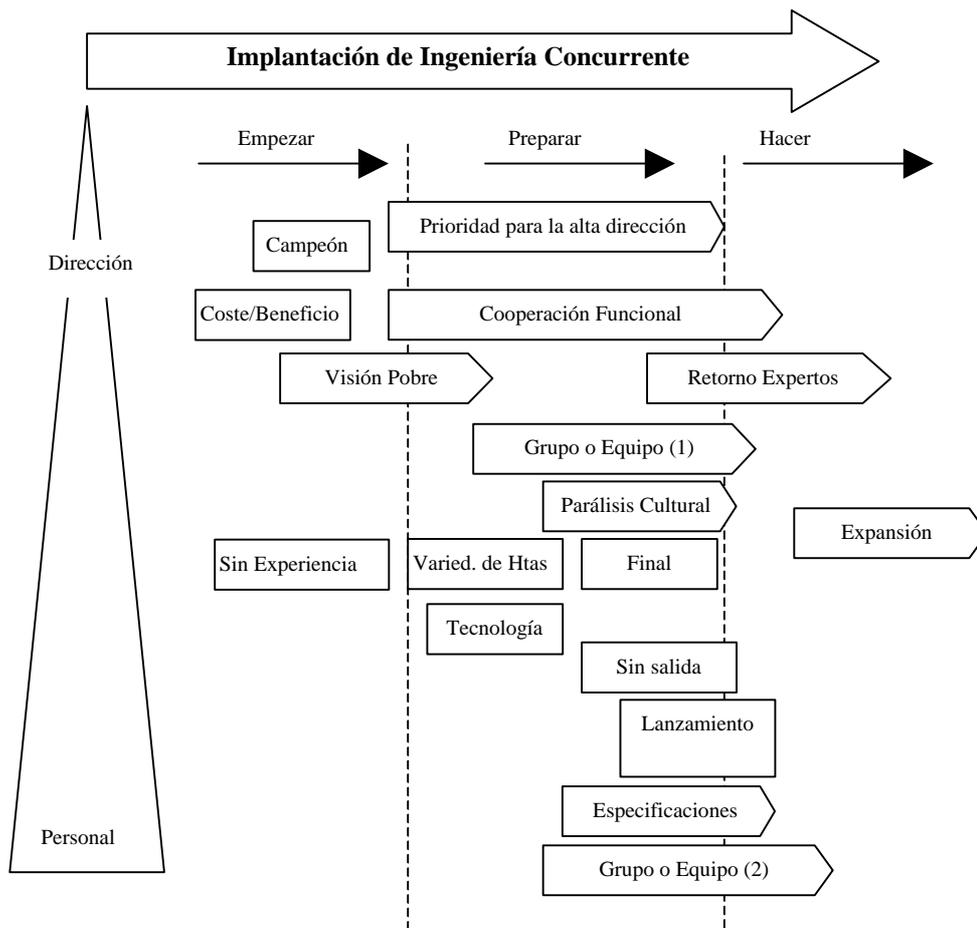


Figura 4.5. Modos de Fallo más comunes en la implantación de Ingeniería Concurrente. (fuente Evans [Evans, 93b]).

Coste / Beneficio.

Antes de llegar a aceptar la implantación de la IC es necesario que todos los individuos y grupos de la empresa creen que realmente existe un beneficio. La mayoría de las veces se falla al tratar de llamar la atención en las maravillosas herramientas de la IC sin centrarse en conseguir detectar la verdadera necesidad que la empresa tiene de un entorno de IC.

En este sentido, los costes de la implantación son difíciles de predecir y el retorno de inversiones en formación de equipos y de su gestión es más difícil de calcular que la propia adquisición de un sistema CAD. Por todo ello, si la implantación se percibe como un retorno de una inversión podremos obtener al menos ciertos resultados parciales, aunque ello no signifique la obtención de una mejora permanente del proceso de desarrollo del producto.

Campeón.

Las primeras actividades de implantación de la IC suelen recaer sobre los directivos intermedios, pero ellos no son los que realmente deben llevar a cabo la implantación. Para conseguir el éxito del proyecto es necesario implicar desde el principio a un miembro de la alta dirección que debe convencer al resto de la necesidad del cambio y de los beneficios [Peters, 92]. Esta persona identificada como “*campeón*” debe emplear un tiempo considerable para aprender la filosofía de la IC y a desarrollar técnicas para trabajar con equipos multidisciplinares.

Visión pobre.

El equipo que desarrolle el plan de implantación de IC debe tener los objetivos claros, delimitando perfectamente que es lo que pueden y lo que no pueden cambiar, tanto desde el punto de vista de mercado - rango de productos o planes para nuevos productos - como en lo que respecta a métodos de diseño o estructuras. También necesita tener claros los objetivos a conseguir con las mejoras en el proceso de desarrollo del producto, por ejemplo conseguir el menor tiempo en la entrega del próximo producto, y una fecha tope a corto plazo para la implantación. Sin estos objetivos las opciones de implantación de planes de la IC se elegirán únicamente basándose en experiencias previas, que no tienen porqué coincidir con la IC. En resumen se necesitan *indicadores de proceso*, tal y como habíamos avanzado.

Sin experiencia en IC.

En las primeras fases de la implantación de IC no suele existir experiencia previa de trabajo colaborativo dentro de la organización. Si esta nueva forma de trabajar es desconocida puede ser imposible el generar la confianza suficiente para el proceso de implantación. La experiencia externa puede ser de gran ayuda, pero se requiere de una aplicación en la empresa. Un síntoma típico de este modo común de fallo es una búsqueda constante de material externo - visitas, conferencias, etc., - sin ningún progreso obvio.

Prioridad para la Alta Dirección.

El impacto de la IC en la empresa alterará sustancialmente la forma de actuar de muchos departamentos, por ello la alta dirección deberá tomar parte activa en la planificación si es que quiere controlar hacia dónde va la empresa. Si no se realiza una buena planificación por parte de la alta dirección la implantación puede resultar poco comprensible y podemos volver a caer en un simple proceso de mejora, centrado en un único departamento debido a la falta de interés de los demás.

Los beneficios de la IC pueden verse reducidos dramáticamente por esta situación, ya que debe llegar a adoptarse un enfoque diferente. La alta dirección debe participar en la planificación y asegurar, desde sus funciones, que el apoyo está llegando a la IC. Para conseguir que se involucre en la planificación y apoye la IC es vital un programa de educación para la alta dirección.

Cooperación funcional.

Uno de los problemas que puede tener el grupo multidisciplinar, nombrado por la alta dirección y encargado del plan de implantación, quizá sea el que no tenga claro lo que la alta dirección quiere, lo que puede hacer o cómo saber que ha tenido éxito.

Así pues es determinante el definir un *indicador del objetivo final* (**indicadores de resultados**), un objetivo común que deberá conseguir la cooperación entre las distintas disciplinas. Deberían establecerse unos valores para objetivos de calidad, coste y tiempo de entrega de nuevos productos teniendo en cuenta la fecha fijada para el desarrollo del plan de implantación, incluyendo análisis de costes, beneficios y riesgos. Sólo si todos los miembros del equipo tienen indicadores frente a estos objetivos comunes, ocurrirá la *cooperación funcional* requisito esencial para mejorar en el proceso de desarrollo del producto.

Grupo o Equipo (1).

Los equipos multidisciplinarios son la espina dorsal de la IC pero, sin embargo, puede resultar difícil obtener el máximo beneficio de este nuevo entorno. La falta de experiencia en la utilización de equipos multidisciplinarios lleva a muchas empresas a implementar grupos multidisciplinarios que trabajan en el mismo producto pero sin utilizar la filosofía de trabajo cooperativo, y que no podemos considerar como equipo.

Los miembros de un grupo asisten a las reuniones sobre el nuevo producto y representan sus funciones en las discusiones; sin embargo, tendrán otras muchas tareas y un jefe que básicamente les exigirá otros objetivos parciales. Para evitar crear esta situación se debe reconocer primero que un equipo es un grupo de profesionales que comparte un objetivo común y que se dispone del esfuerzo de todos y cada uno de sus miembros para conseguirlo.

Parálisis Cultural.

Cualquier empresa que trate de implantar la IC se encontrará con los términos, nombrados anteriormente, de “Gestión del cambio”, “Cultura del cambio” o “Cultura de equipo”. Estos y otros muchos términos suponen un lenguaje extraño para muchas de las empresas manufactureras, un lenguaje que tienen que aprender y comprender y que puede causar retrasos en la implantación.

Variedad de herramientas.

Se podría citar una lista de, al menos, cien o más herramientas de aplicación en la IC. Esto implica que aquellas empresas que desean o han decidido explorar totalmente la IC deben asesorarse para seleccionarlas, pues puede llevar a un retraso considerable investigar cada herramienta mientras se diseña el plan de implantación. Este retraso es malo, pero el problema principal radica en el riesgo de cometer errores en la selección, de ahí que muchas empresas acumulen un retraso excesivo hasta que consiguen un conocimiento suficiente que les permite asumir el riesgo de seguir adelante.

Tecnología.

Una de las apuestas más fuertes de la IC radica en la utilización de las tecnologías más avanzadas para mejorar los procesos y productos. La utilización del modelado sólido de forma integrada se sitúa como una parte esencial para la creación de grupos de trabajo virtuales. Estas herramientas de alta tecnología pueden, y deben, llevarnos a mejorar las prestaciones del proceso de desarrollo del producto.

Sin embargo, el retorno directo de este tipo de inversiones es más pobre que el efectuado con otras herramientas y su implantación es muy compleja. La evaluación de estas herramientas no debe presentarse como un punto crítico para la implantación, pues podría suponer un gran obstáculo para ciertos miembros del equipo.

Final Aparente.

Generalmente, se asume que el proceso de implantación empieza con la aprobación del proyecto y posteriormente se comunica al equipo de planificación de IC, por lo que los planes de implantación tienden a tratarse sólo en las últimas partes del proceso de desarrollo del producto. Es importante contemplar todos los procesos de desarrollo del producto en el análisis de la situación actual; de esta forma se pueden reconocer nuevas técnicas de mejora y se pueden incluir en las primeras etapas del plan de implantación, sin precipitar el final de la implantación.

Por lo menos la mitad del tiempo total del proceso de implantación se podría haber consumido en la definición de los requisitos del cliente antes de que llegemos a desarrollar realmente la IC. Podemos incluso perder la oportunidad de considerar las diferentes restricciones posteriores que pudieran afectar al producto.

Sin salida.

Los temores a los grandes cambios que conlleva la IC hace que los responsables de la implantación de la IC duden en empezar la implantación. El deseo de planificar cuidadosamente y con detalle para ganar el máximo apoyo actúa como un freno. Estos temores sobre lo desconocido pueden superarse si la alta dirección establece objetivos ambiciosos pero específicos, conociendo que el camino es complejo, que se pueden cometer errores y que debe discutirse abiertamente incorporando cualquier lección aprendida.

Especificación.

Este modo de fallo es similar al anterior, ya que muchas de las implantaciones de IC están dirigidas únicamente para asumir las especificaciones del diseño de un producto. La implantación falla en la debilidad de poder determinar un producto todavía en fase conceptual, ya que en las primeras fases las especificaciones carecen de contenido suficiente para orientar las decisiones sobre el diseño o detallarlas, hasta el punto de describir cómo trabajará el producto. El proceso de implantación puede fallar por no considerar todas las especificaciones del ciclo de vida del producto, por lo que es importante incluirlas en la fase de análisis para que el equipo de planificación de IC pueda identificar las debilidades del proceso actual de desarrollo del producto.

Lanzamiento.

Muchas de las empresas utilizan proyectos piloto para introducir y aprender de la IC, los miembros del equipo son seleccionados por la dirección y requeridos para trabajar en un producto determinado. Se les da una especificación del producto con fechas de lanzamiento y costes, una presentación sobre la IC y luego se les deja que afronten el problema. El lanzamiento del proyecto es un suceso de vital importancia y la dirección debe apoyar explícitamente el método de trabajo y delegar el poder y la responsabilidad suficiente para conseguir los objetivos.

Retorno de expertos exigido por Mandos Intermedios.

Cuando se utiliza un equipo multidisciplinar, la posición de los jefes de cada departamento implicado se altera dramáticamente porque han cedido gente al proyecto, pero a corto plazo el cambio real ha sido relativamente pequeño, por lo que prefieren volver a recuperar a la persona para solucionar los problemas inmediatos. Esto significa reducir la responsabilidad real del equipo y ralentizar el proceso de implantación; de esta manera se vuelve a caer en la alineación funcional de los miembros del equipo en perjuicio de lo multidisciplinar.

El retorno de los expertos obligado por las necesidades de los mandos intermedios es un modo de fallo común en todas las implantaciones de la IC, sólo varía en extensión e impacto. Es conveniente tratar previamente este tema antes del lanzamiento del proyecto, pero en cualquier caso se requiere una constante vigilancia de la dirección.

Grupo o Equipo (2).

Los miembros que trabajen por primera vez en un equipo de IC encontrarán el nuevo papel ambiguo y desconcertante. Aunque no interfieran los mandos intermedios, los miembros individuales del equipo volverán a su manera previa de trabajar (como por ejemplo esperar a los planos, reclamar los cambios de ingeniería y no contribuir en el diseño conceptual). De esta manera se pierde la oportunidad de considerar todas las restricciones y aprovechar todos los recursos del equipo para asegurar el progreso en el diseño del producto.

Esto puede ser causado por la presión de un retorno exigido por mandos intermedios, por no haber definido claramente las responsabilidades y los papeles, por trabajar con equipos sin expertos reales, por encuentros demasiado largos o por líderes del equipo que tratan de centralizar la toma de decisiones. La solución requiere de un replanteamiento del proyecto y realizar reuniones cortas, junto con formación en la resolución de problemas en grupo.

Expansión.

La mejora de todo el proceso desarrollo del producto es el objetivo final de cualquier implantación de la IC. El fallo en esta fase es no consolidar la IC como una norma antes de tratar de extenderla a otras personas. La implantación tiene una fase de aprendizaje, y la empresa debe adoptar la experiencia para cambiar hacia equipos multidisciplinarios y metodologías de trabajo que progresivamente tienen que convertirse en el método normal de desarrollo del producto.

4. 4. Consideraciones sobre el Análisis y la Formulación de la Estrategia.

El hecho de que consigamos identificar las posibles barreras en la transición hacia la IC no es suficiente para conseguir el éxito en su implantación. La implantación de estos entornos supondrá afrontar ciertos obstáculos derivados de la cultura y prácticas actuales en el desarrollo de producto.

Estos obstáculos, conocidos como amenazas internas o contingencias, se transformarán en fallos del proceso de implantación si no somos capaces de superarlos. Fallos potenciales que también deben quedar contemplados en cualquier estrategia de innovación del proceso de desarrollo.

En este sentido, y conforme a la metodología básica de reingeniería (Tabla 4.6), se hace necesario realizar ciertas consideraciones generales para el proceso global de implantación.

En primer lugar, es necesario determinar claramente la estrategia de la empresa, de manera que se pueda identificar las necesidades de cambio, justificando porqué debería utilizarse la IC como mejora de la competitividad.

Por tanto, en la **primera etapa** será necesario establecer un sistema de indicadores estratégicos, partiendo de la perfecta definición de la visión y misión, para cada uno de los procesos de la unidad de negocio (*Análisis Estratégico de la Unidad de Negocio*). Con ello seremos capaces de definir las acciones necesarias para establecer su alineación con la estrategia de la empresa, concretando así los objetivos de la transformación. Esto permitirá romper la primera de las barreras organizativas (*falta de apoyo de la alta dirección*) ya que se creará una conciencia de la necesidad del cambio.

Obviamente para abordar la IC la alta dirección debe entender la necesidad de innovar el proceso de desarrollo de producto, esto implica que este proceso debe encontrarse entre aquellas mejoras a las cuales se ha dado prioridad. Esto nos permitiría desplegar el proceso de reingeniería orientado a conseguir la concurrencia en el proceso de desarrollo de producto, iniciando así la segunda etapa.

En la **segunda etapa** es necesario analizar en detalle el proceso actual de desarrollo de producto y determinar cuál es el cambio necesario para conseguir ese nuevo entorno, a la vez que alineamos la estrategia general con aquellas del ámbito operativo relacionadas con la creación de productos (*Análisis Estratégico del Proceso*).

En este sentido, el modelo NGM establece una serie de estrategias en el ámbito operativo que son de interés general para las empresas (Figura 4.6), y que nos permiten identificar dónde debemos actuar para conseguir los objetivos generales de la empresa a través de los niveles inferiores.

La cuestión ahora es determinar si los imperativos planteados por NGM pueden proporcionar realmente una mejora de las estrategias operativas, logrando así los objetivos estratégicos planteados por la alta dirección.

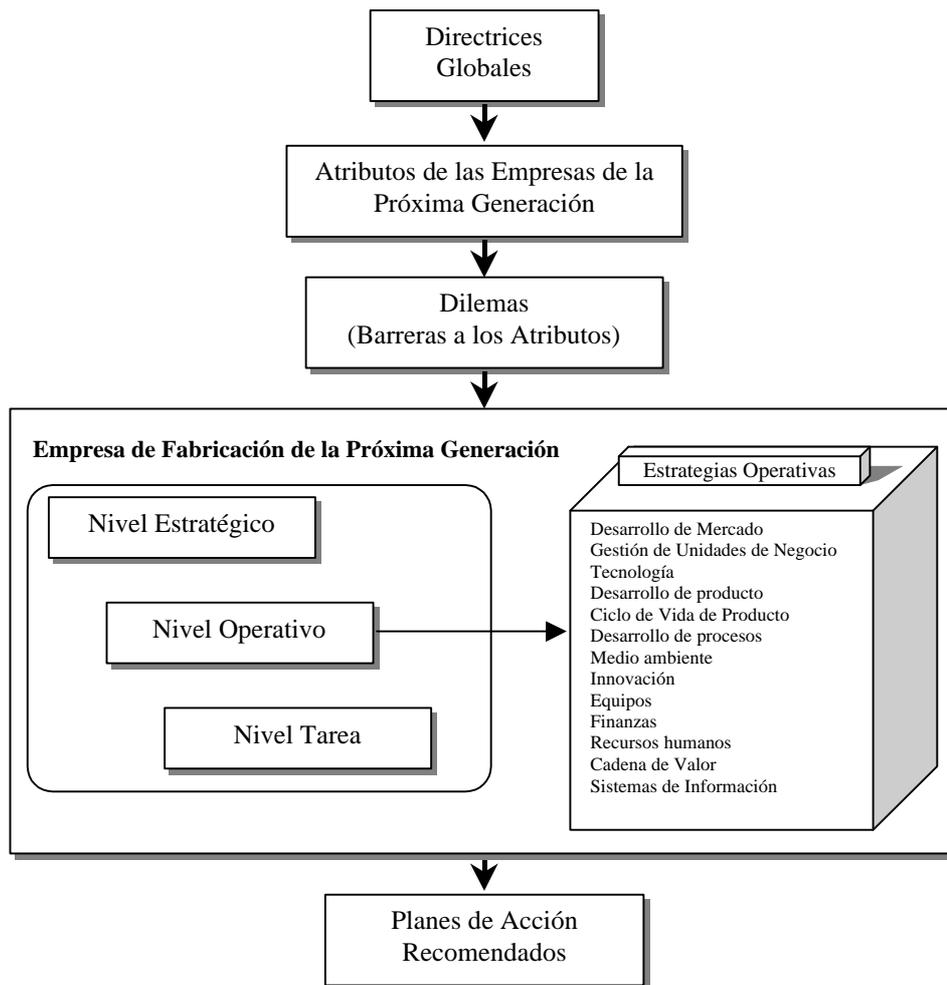


Figura 4.6. Estrategias Operativas según NGM.

Según el modelo NGM los imperativos están directamente relacionados con varias de estas estrategias operativas. Esta relación (Tabla 4.10) permite identificar qué estrategia operativa conseguiremos potenciar gracias al desarrollo del imperativo.

Como podemos observar en la misma tabla el imperativo de *Realización Rápida de Productos y Procesos* influye en casi todas las estrategias operativas. Así que innovarlo y desarrollarlo a través de la Ingeniería Concurrente debe ser claramente una de las acciones prioritarias de la Alta Dirección en sus iniciativas de transformación.

Estrategias Operativas →	Desarrollo del Mercado		Gestión de las Unidades de Negocio		Tecnología		Desarrollo de Producto		Ciclo de Vida de Producto		Desarrollo de Procesos		Medio Ambiente		Innovación		Equipos		Finanzas		Recursos Humanos		Cadena de Valor		Sistemas de Información		
Imperativos																											
Flexibilidad en el Trabajo			X		X	X							X	X			X	X			X	X					
Conocimiento de la Cadena de Valor	X	X		X	X	X							X	X	X		X	X	X	X	X	X					
Realización Rápida de Productos y Procesos	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gestión de la Innovación	X	X	X	X	X	X							X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gestión del Cambio	X			X	X								X	X			X	X			X						X
Procesos y Equipos			X				X	X									X										X
Modelización y Simulación		X	X	X	X	X																			X	X	
Sistemas de Información																		X									X
Colaboración empresarial	X	X	X	X		X							X	X	X		X	X	X				X	X			X
Integración Empresarial	X	X	X	X	X	X							X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 4.10. Relación de los Imperativos de NGM con las Estrategias Operativas.

En la segunda etapa debemos de ser capaces de transmitir la posibilidad de mejora mediante la integración en el proceso de cada uno de los departamentos, rompiendo así las barreras de la excesiva hermeticidad de los responsables de cada departamento (*clima inadecuado, directivos excesivamente protectores*) y buscando crear el clima adecuado para iniciar el proceso de reingeniería (transformación cultural).

En esta etapa será imprescindible definir una serie de indicadores para evaluar el proceso de desarrollo de producto. Este sistema de *Indicadores de Evaluación* nos permitirán determinar el nivel de integración tecnológica y humana de la organización para conseguir la concurrencia. Indicadores que se deberán utilizar para evaluar los procesos actuales de la empresa y poder definir el cambio necesario para conseguir un entorno de IC.

La determinación de estos indicadores ha supuesto uno de los principales objetivos en las investigaciones para la implantación de la IC. Determinar con precisión las fuerzas y debilidades de las empresas en el proceso de desarrollo de producto no es tarea fácil y no sirven modelos genéricos para todas las empresas. En este sentido es necesario centrar los indicadores de evaluación en un tipo de empresas que, por sus características, entiendan el proceso de desarrollo de producto como un elemento estratégico para competir, y que paralelamente permitan evaluar el cumplimiento de los imperativos de NGM.

Según Cleetus [Cleetus, 92c] los indicadores para evaluar el proceso de desarrollo de la IC, deben estar basados en la propia definición de IC, que remarca aspectos como:

- Respuesta a las expectativas del cliente.
- Desarrollo integrado del producto.
- Valores de Equipo.
- Trabajo en paralelo durante largas etapas.
- Sincronización de tareas
- Decisiones basadas en el consenso.

Sin embargo, a estos aspectos habrá que añadir aquellos derivados de la exposición realizada hasta ahora en esta disertación sobre la IC y que deben contemplar, entre otros, el nivel de innovación de producto que se pretende conseguir con la implantación. Indicadores que vendrán derivados de una nueva propuesta de definición de Ingeniería Concurrente que contemplan los últimos avances tecnológicos y modelos de excelencia.

En la **tercera etapa** el rediseño del proceso deberá tener en cuenta la situación actual detectada y el nuevo estado deseado, estableciendo así el camino para la transformación. Mientras se diseña el nuevo proceso se deben identificar las barreras tecnológicas y organizativas restantes y proponer las acciones adecuadas para superarlas, eliminando así los cuellos de botella del proceso actual (*Formulación de la Estrategia*).

Mantener la alineación de los objetivos estratégicos con los objetivos parciales debe ser la máxima del rediseño del proceso en esta etapa, por lo que será necesario establecer un *sistema de indicadores del proceso* que permita evaluar los resultados de la nueva filosofía de trabajo.

El rediseño del proceso debe permitir construir correctamente los equipos y definir exactamente el papel de cada uno, estableciendo un sistema de recompensas adecuado a los nuevos objetivos globales que buscan el desarrollo integrado.

En esta etapa se deben contemplar la mayoría de las acciones encaminadas a superar las barreras al cambio, consiguiendo el apoyo de la alta dirección para su ejecución y el compromiso de todos los departamentos para adoptar la nueva estructura organizativa. Debe tenerse absolutamente claro que la implantación de la IC es un desafío para la alta dirección y esta debe aceptar el cambio sin importar lo que dure pues está alineado con su estrategia corporativa.

La **cuarta etapa** consiste en la propia ejecución de la implantación y en ella se adquirirá la experiencia necesaria en las prácticas de Ingeniería Concurrente. El esfuerzo dedicado en esta etapa estará basado principalmente en la gestión del proceso del cambio, por lo que no es ninguna sorpresa que el posible fracaso de la implantación sea consecuencia de una gestión inadecuada. En esta etapa debemos tener en cuenta los posibles modos de fallo comentados anteriormente que pueden producirse, siendo deseable anticiparse a los mismos.

Por ejemplo, la falta de objetivos claros durante la etapa anterior de preparación y planificación del proceso de implantación puede llevar a confundir lo que es necesario y qué herramientas utilizar. La gran cantidad de material existente sobre la utilización de las

Tecnologías de la Información puede llevar a complicar extremadamente su incorporación a una organización, concentrándose sobre la tecnología y evitando los aspectos no técnicos como la formación o las relaciones humanas.

Otro de los fallos más destacables en la implantación es la tendencia a dejar problemas sin plantear y resolver en algún punto del proceso sin especificar posteriores acciones. De esta forma se diversifican los recursos hacia aquellos problemas típicos con los que se está más habituado, como problemas meramente relacionados con las Tecnologías de la Información, y no aquellos relacionados con el trabajo en equipo como puede ser el compartir la información. Si no logran superarse estas situaciones se puede llegar a tomar una decisión tan radical como no implantar al final un entorno de IC.

Como consecuencia esta etapa debe llevar implícita un buen plan de formación continua, potenciando que los equipos multidisciplinares trabajen de forma integrada, para evitar que el proyecto piloto derive en un simple curso de aprendizaje de nuevas herramientas abandonando el objetivo real del proyecto de implantación.

La **quinta etapa** consistirá en la expansión del proyecto piloto a toda la empresa y un cambio radical de toda la cultura. Esta etapa supondrá evaluar de forma global la cultura de la empresa como primera acción para analizar su interacción con la filosofía de la IC. La alta dirección deberá compartir y vender ahora su nueva visión de los procesos y su estrategia global, transmitiéndola a los niveles inferiores.

Esta etapa es la más problemática del proceso de reingeniería pues supone el cambio real de la empresa comprendiendo cinco fases de aplicación general: *evaluar la cultura, facilitar la comunicación, compartir y vender la nueva misión, conseguir la confianza y motivar a las personas de la organización*. En esta última etapa aparecerán nuevas barreras y nuevos modos de fallo que será necesario volver a superar.

En resumen, como aspectos a considerar en nuestra propuesta de implantación de entornos de IC, podemos resaltar aquellos que pensamos deben permitir el éxito de cualquier proceso de transformación:

- Determinar que la IC supone un camino para conseguir los objetivos estratégicos de la empresa.
- Identificar previamente las posibles barreras y poner solución las mismas antes del propio proceso de implantación
- No percibir la IC como un proyecto de mejora de las infraestructuras con objetivos financieros sino como una transformación.
- Reconocer la falta de experiencia en el trabajo en equipo y planificar un sistema de aprendizaje progresivo.
- La Alta Dirección debe considerar entonces el proceso de implantación prioritario.
- El equipo debe representar la mayoría de las funciones de desarrollo de producto de la empresa.
- Definir un sistema de indicadores orientado a evaluar las actividades de trabajo en equipo.

página en blanco

Capítulo 5

página en blanco

Implantación de Entornos de Ingeniería Concurrente

Estado del Arte

5. 1. Introducción.

Existen diferentes trabajos que plantean la transformación del proceso de desarrollo de producto, mediante la implantación de entornos de Ingeniería Concurrente; todos ellos elaborados a finales de los años ochenta y principios de los noventa. Básicamente, todas las investigaciones orientadas a la implantación de entornos de Ingeniería Concurrente, para la mejora de la competitividad en industrias manufactureras, se apoyan en los principios de la *Reingeniería de Procesos*.

La primera de las propuestas la encontramos en uno de los estudios iniciales sobre la IC desarrollado en el programa del IDA [Winner, 88]. Esta metodología de implantación elaborada en el “Centro de Investigación de Ingeniería Concurrente” (*CERC, Concurrent Engineering Research Center*), que se denominó **RACE** [Karandikar, 92], trata de establecer un marco global de transición hacia la IC definiendo, por vez primera, todos los elementos necesarios para desarrollar estos nuevos entornos de trabajo y proponiendo un sistema de evaluación del proceso de desarrollo del producto, desde una perspectiva integradora, al igual que el modelo NGM.

Sobre esta propuesta se han realizado diversas aportaciones que contemplan ciertas mejoras o modificaciones en distintos ámbitos. Por una parte, está la propuesta conocida como **RACE II**, elaborada por Robert de Graaf (*Eindhoven University of Technology, Holanda*) [Graaf, 96], que realiza un análisis del sistema de evaluación y propone ciertos cambios. Por otra parte, encontramos la metodología desarrollada en el “Centro para Estudios y Desarrollos Emprendedores” (*CESD, Center for Entrepreneurial Studies and Development*) de *West Virginia University* [Companion, 96], que no sólo realiza aportaciones al sistema de evaluación sino que también propone un cambio en la metodología general.

Paralelamente a las investigaciones que se realizaban en el CERC, Carter y Baker (de *Mentor Graphics Corporation*), realizaban otra propuesta interesante [Carter, 92]. Su metodología plantea un análisis de la situación del proceso de desarrollo del producto en la empresa, desde un punto de vista que valora el esfuerzo de comunicación que requiere el trabajo en equipo.

Otra aportación, también de interés, se encuentra en la metodología *FAST CE* que propone el Instituto de CIM de Cranfield (*Cranfield CIM Institute*) [Evans, 93a]. Su propuesta se centra en el desarrollo de unas jornadas de trabajo que tienen por objetivo el presentar la Ingeniería Concurrente a la alta dirección de la empresa, para que esta pueda determinar si la IC es el camino adecuado para alcanzar los objetivos estratégicos de calidad empresarial.

Finalmente, indicar que existen toda una serie de proyectos de investigación en marcha dentro del programa Europeo ESPRIT - IiM [ESPRIT, 98], de entre los que cabe destacar el proyecto PACE [PACE, 93].

En este capítulo analizaremos cada una de las propuestas desde el punto de vista de definición de una metodología general. Análisis que permitirá definir una estrategia de implantación de la IC adaptada a las necesidades de la empresa. Asimismo, compararemos las propuestas para evaluar el proceso de desarrollo de producto respecto del modelo NGM, que permiten determinar el nivel de transformación necesario en la empresa.

5. 2. Metodología RACE.

La metodología RACE (*Readiness Assessment for Concurrent Engineering, Evaluación de la Situación para la Ingeniería Concurrente*) fue desarrollada inicialmente por el Departamento de Defensa de los EE.UU., en el “Centro de Investigación de Ingeniería Concurrente” (*CERC, Concurrent Engineering Research Center, West Virginia University, EE.UU.*) [DARPA, 91]. El objetivo de RACE fue establecer una estrategia de implantación de entornos de IC, que permitiera realizar una transición adecuada de la empresa hacia los nuevos modelos de desarrollo de producto.

La metodología se basó en los modelos evaluación de la calidad - como el criterio Malcom Baldrige [Baldrige, 99] -, en los modelos de evaluación del proceso de desarrollo integrado del producto - como la iniciativa CALS/CE [CALS, 92] - y en el modelo del “Instituto de Ingeniería de Software” (*Computer Engineering Institute, CEI*) de Carnegie Mellon University ([Humphrey, 89a], [Paulk, 93]).

Para RACE la implantación [Karandikar, 92a] requiere valorar el estado actual de las prácticas de gestión en la organización, la cultura organizativa y el soporte tecnológico para el desarrollo de productos. Por esta razón la metodología propone realizar una evaluación de la situación de la tecnología y los procesos, que repercutirá en el cambio de las prácticas actuales. La propuesta de RACE se basa en una **estrategia propia de transformación** ([Karandikar, 92b], [Karandikar, 93]) que comprende cuatro etapas que conducen a la Ingeniería Concurrente: **Conocimiento, Análisis de la Situación, Despliegue y Mejora** (Figura 5.1).

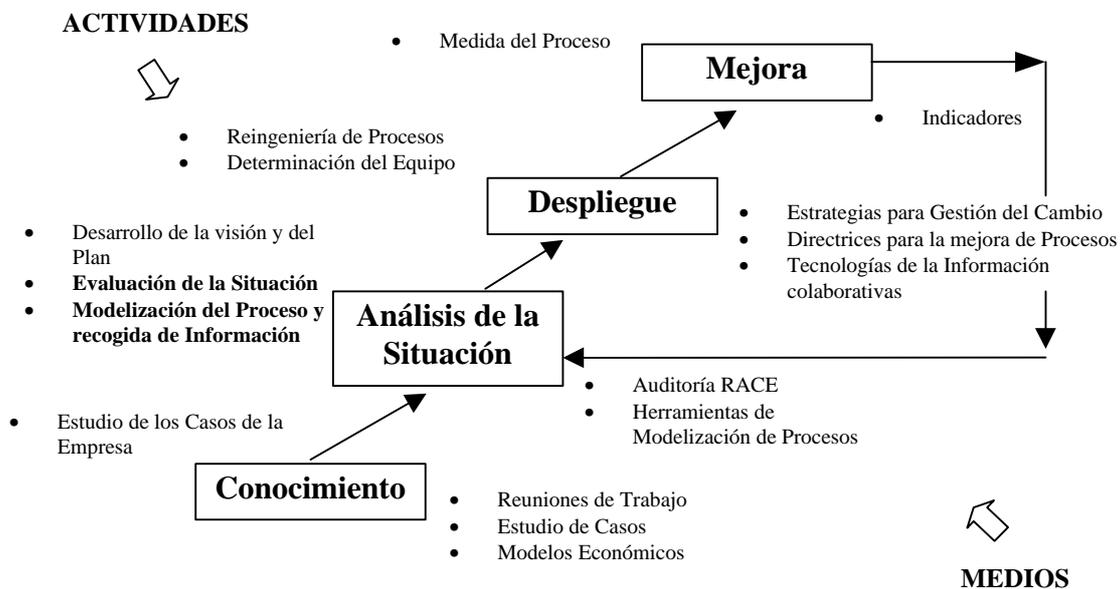


Figura 5.1. Etapas propuestas por RACE para la transformación.

Dentro de cada etapa se desarrollan toda una serie de actividades que, utilizando los medios apropiados, buscan conseguir la transformación deseada.

1. *Conocimiento.* La Dirección determina las directrices que van a guiar a la empresa; es decir, su estrategia a largo plazo. En esta etapa se definen los planes de implantación, identificando las necesidades de formación y de nuevas tecnologías colaborativas. Asimismo, se detectan las posibles barreras al cambio que pudieran existir en la empresa.
2. *Análisis de la Situación.* Revelará el estado actual del proceso de desarrollo de producto, en un gráfico en forma de radar (Figura 5.3). Posteriormente, la dirección transformará las estrategias operativas de la empresa en un estado deseado. En esta etapa también se identifican los puntos críticos (cuellos de botella) del proceso de desarrollo del producto a través de un modelo, que permitirá el entendimiento compartido del mismo.
3. *Despliegue.* Realización del cambio aplicando las bases de la reingeniería de procesos y gestionando el nuevo proceso de manera eficiente.
4. *Mejora.* Selección sistemática de Iniciativas de Mejora basada en aquellas que están más en la línea de las directrices de la empresa. De estas resultarán unas pocas iniciativas de mejora que nos acercarán al estado deseado. Para controlarlas se definirán indicadores que permitan evaluar el proceso de desarrollo del producto.

De forma más concreta, el procedimiento definido por RACE para desarrollar las dos primeras etapas de *Conocimiento* y *Análisis de la Situación* puede sintetizarse de la siguiente manera (Figura 5.2):

1. Entrevistar a la dirección para establecer la estrategia y las directrices de la empresa.
2. Estudiar los documentos internos, para conocer con profundidad el proceso de desarrollo del producto dentro de la empresa.
3. Entrevistar a todas aquellas personas relacionadas con la ingeniería de producto, para identificar los cuellos de botella que obstaculizan la consecución de los objetivos estratégicos de la empresa.
4. Realizar sesiones de trabajo en grupo, utilizando la Técnica de Grupo Nominal [Brassad, 94], para identificar, encuadrar y establecer la eliminación de los actuales cuellos de botella.
5. Completar el cuestionario de RACE para establecer el estado actual en un gráfico en forma de radar.
6. Entrevistar a la dirección para establecer el estado deseado en el gráfico radar de RACE.
7. Relacionar las directrices de la empresa, el estado deseado y las iniciativas de mejora en una matriz doble - matriz de relaciones -, para seleccionar posteriormente las mejoras en el proceso.

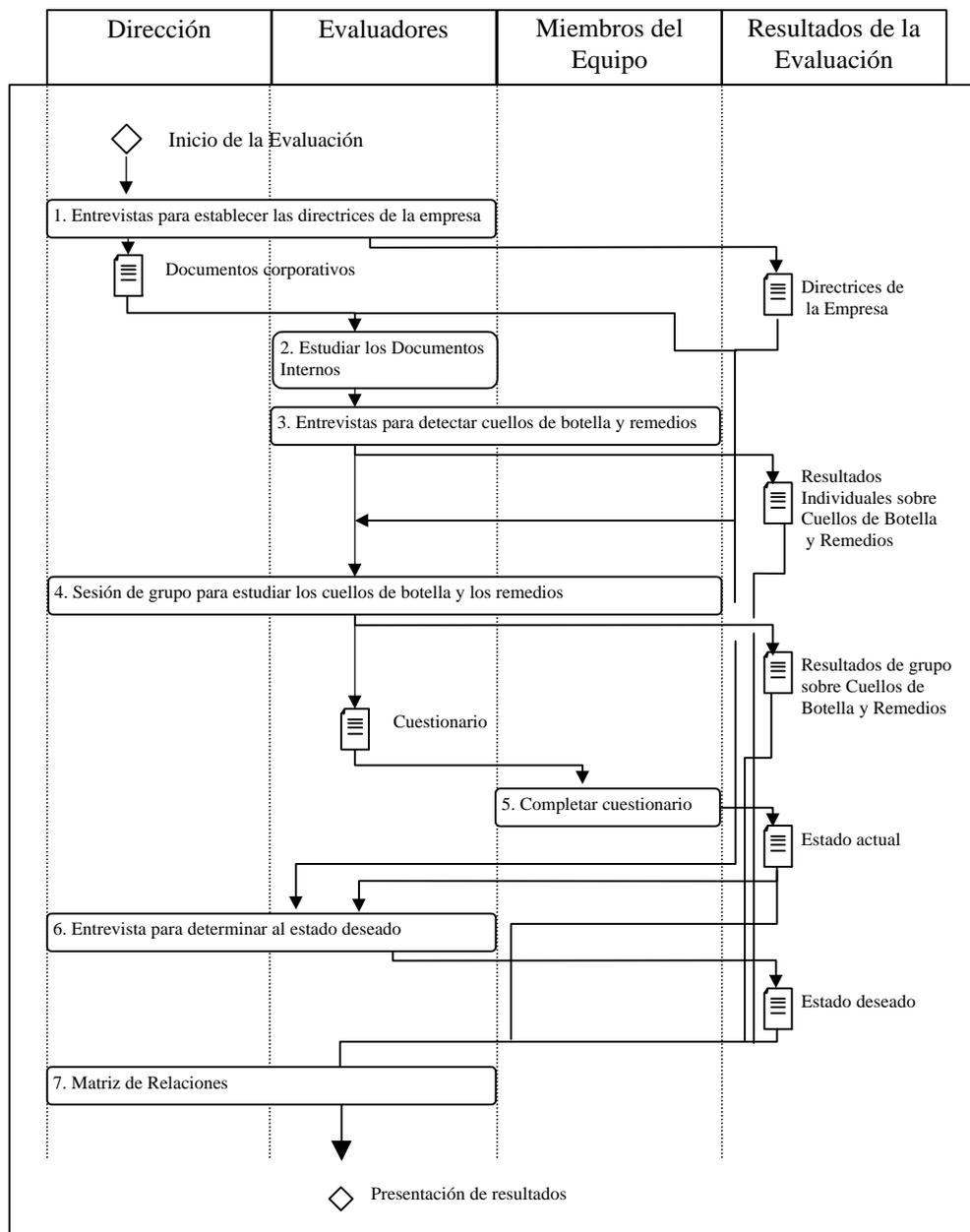


Figura 5.2. Procedimiento de RACE para conocer y evaluar el Proceso de Desarrollo de Producto.

Una de las principales aportaciones del modelo de evaluación de la situación de RACE, utilizado en la segunda etapa, es que plantea el análisis de la empresa desde dos dimensiones: **Proceso** y **Tecnología**. Esto se debe a que presta atención por una parte al proceso de diseño y desarrollo de producto y, por otra, a la ayuda de las nuevas tecnologías de la información a este proceso.

En cada una de estas dimensiones se consideran una serie de **Elementos Críticos** (Tabla 5.1). Para cada Elemento Crítico se definen un conjunto de *Criterios Clave*, que permiten relacionarlo con el proceso de desarrollo de producto, y que se valoran según unos Niveles o *Estados de Madurez* mediante un *Cuestionario*. En la Tabla 5.1 se enumeran estos Elementos Críticos, tanto para la dimensión de Proceso como para la dimensión de Tecnología.

DIMENSIÓN	Elementos Críticos
PROCESO	Punto de Vista del Cliente. Punto de Vista del Proceso. Estrategias para la Formación y Desarrollo de Equipos. Acomodación de los Equipos dentro de la Organización. Sistemas de Gestión. Mecanismos para el Desarrollo Rápido del Producto. Agilidad. Liderazgo. Disciplina.
TECNOLOGÍA	Herramientas de Aplicación. Servicios de Comunicación. Servicios de Coordinación. Servicios de Distribución de la Información. Servicios de Integración.

Tabla 5.1. Elementos Críticos del Modelo de Evaluación RACE.

Para cada Elemento Crítico de las dimensiones Proceso y Tecnología, y teniendo en cuenta que los estados de madurez se definen a partir de los Criterios Clave, se elabora un cuestionario específico. De tal manera que, una vez respondidas las preguntas de los cuestionarios existe un procedimiento que traslada cada una de las respuestas a Niveles de Madurez.

Además, RACE propone una serie de *Indicadores de Proceso* relacionados directamente con cada elemento crítico que permiten evaluar el desarrollo del producto conforme a las prácticas de la IC.

En la Tabla 5.2 se enumeran los criterios claves de los Elementos Críticos de Proceso mientras que en la Tabla 5.3 se contemplan los Elementos Críticos correspondientes a la dimensión de Tecnología [CERC, 93].

ELEMENTOS CRÍTICOS	Criterios Clave
Punto de Vista del Cliente	Interacción con los clientes Metodología para capturar y evaluar los requisitos del cliente. Entendimiento de los requisitos del cliente. Metodología para el despliegue de los requisitos del cliente en la organización. Atención constante al cliente. Acomodación de nuevas prioridades.
Punto de Vista del Proceso	Documentación y estandarización del proceso e indicadores. Entendimiento de la cadena de valor y de su relación con las cadenas de valor de clientes y proveedores. Identificación y control de los sucesos y de los parámetros críticos del proceso. Búsqueda incansable de mejoras.
Estrategias para la Formación y Desarrollo de Equipos	Formación del equipo: representación de todas las áreas relevantes desde la perspectiva del Ciclo de Vida. Entrenamiento del equipo: ejercicios de grupo y de toma de decisiones. Gestión y funcionamiento del equipo. Medidas de mejora del equipo.
Acomodación de los Equipos dentro de la Organización	Sistemas de recompensas. Autoridad, responsabilidad y recursos financieros del equipo. Ausencia de barreras organizativas y de barreras estructurales.
Sistemas de Gestión	Distribución de recursos racionalmente. Gestión de proyectos. Sistemas integrados de control de la programación y de gestión de costes. Gestión de riesgos.
Mecanismos para el Desarrollo Rápido del Producto	Herramientas de prototipaje rápido y realización de pruebas fiables. Adopción de herramientas de aplicación apropiadas (herramientas de simulación, modelización o modelado). Adopción de prácticas apropiadas (diseño robusto). Adecuación a estándares apropiados (para el intercambio de datos del producto).
Agilidad	Capacidad para responder al cambio (cambio en el entorno de operaciones, cambio en prestaciones y cambio en los requisitos). Memoria Corporativa. Uso eficiente de la tecnología.
Liderazgo	Modelo del papel de dirección. Acuerdo para la delegación de poder. Papel del comité directivo. Asignación de recursos para la implantación de IC.
Disciplina	Entrenamiento, experiencia, prácticas a corregir, acoplamiento, reforzamiento o perfeccionamiento. Atención a las tareas, con deseo y propósito de realizarlas. Aproximación colectiva y compartida a problemas y decisiones. Metodologías, herramientas, procesos e indicadores comunes para todos los miembros.

Tabla 5.2. Criterios Clave de RACE para evaluar los Elementos Críticos de Proceso.

Por ejemplo, para el Elemento Crítico del ‘*Punto de Vista del Cliente*’, algunos de los criterios clave son: interacción con los clientes, metodología para capturar y evaluar los requisitos de los clientes, entendimiento de los requisitos del cliente, despliegue de los requisitos de los clientes, atención al cliente y acomodación de nuevas prioridades. Estos criterios permiten identificar el estado de madurez en que se encuentra el elemento crítico a través de los cuestionarios.

ELEMENTOS CRÍTICOS	Criterios Clave
Herramientas de Aplicación	Ampliación del apoyo para la interacción de grupos. Apoyo al trabajo multidisciplinar. Asistencia a las decisiones proporcionada por estas herramientas.
Servicios de Comunicación	Medios de comunicación. Mecanismos de comunicación. Tipos de redes de trabajo y cobertura de las mismas. Transparencia de datos en las redes de trabajo. Acceso a recursos de computadoras.
Servicios de Coordinación	Planificación del flujo de trabajo: herramientas utilizadas, flexibilidad y eficiencia. Actividades de control y seguimiento: herramientas utilizadas, tipos y calidad de la información generada. Apoyo para el reconocimiento y resolución de conflictos. Visión común de los datos, decisiones y estado del trabajo.
Servicios de Distribución de la Información	Medios de almacenamiento de la información. Contenido de la información (Producto, Proceso, Datos Organizativos). Tipos de Datos (texto, voz, vídeo o una combinación). Accesibilidad a los almacenes de información compartidos.
Servicios de Integración	Implantación de representación e intercambio estándares de datos. Técnicas de traducción de datos. Compatibilidad de las herramientas. Consistencia de las interfaces de usuario.

Tabla 5.3. Criterios Clave de RACE para evaluar los Elementos Críticos de Tecnología.

Los estados de madurez para los Elementos Críticos del **Proceso**, se corresponden con los cinco niveles de desarrollo de un producto establecidos por Humphrey ([Humphrey, 89a], [Paulk, 93]) y van desde el nivel específico, hasta el optimizado (Tabla 5.4). Por el contrario, para cada uno de los Elementos Críticos de **Tecnología** se definen tres estados de madurez desde el básico hasta el avanzado (Tabla 5.5).

Nivel	Definición
Específico	Caracterizado por procesos y controles mal definidos, y por equipos caóticos que no conocen sus funciones o que no operan eficientemente.
Repetible	Se utilizan métodos y prácticas estándares para controlar el progreso de un proceso, los cambios requeridos, estimación de costes, etc. Pueden existir falsos equipos.
Caracterizado	El proceso está bien caracterizado y razonablemente bien comprendido. Se han implantado mejoras y existe un grupo responsable del proceso.
Gestionado	El proceso no solamente está caracterizado y comprendido, sino también cuantificado, medido y razonablemente bien controlado. Se utilizan herramientas para controlar y gestionar el proceso. Existen equipos constituidos para el proceso de desarrollo del producto.
Optimizado	Se utiliza un alto grado de control a lo largo de todo el proceso. Se enfoca en la mejora continua de las operaciones utilizando indicadores del proceso, y corrigiendo a través del aprendizaje.

Tabla 5.4. Definición de los Estados de Madurez en la dimensión Proceso.

Nivel	Definición
Básico	Se utiliza la tecnología para incrementar únicamente la productividad individual, por lo que resulta infrutilizada e ineficiente. Utilización mínima de computadoras y aplicaciones.
Intermedio	Utilización moderada de tecnologías para incrementar el trabajo en grupo.
Avanzado	Utilización de los máximos avances de la tecnología actual. Asimilación consciente de la tecnología en la cultura empresarial. Trabajo en equipo a través de la tecnología.

Tabla 5.5. Definición de los Estados de Madurez de en la dimensión Tecnología.

Así, por ejemplo, los estados de madurez para el *Elemento Crítico de “Punto de Vista del Cliente”*, pueden ir desde un nivel específico, donde existen esporádicos muestreos de las necesidades de los clientes, hasta el optimizado, donde el cliente es parte del equipo de desarrollo del producto. Los indicadores del proceso que deben ser controlados en el caso de este elemento crítico son el *Índice de Satisfacción del Cliente* o el *Tiempo de Entrada en el Mercado*.

Para determinar los estados de madurez, RACE establece para cada uno de los elementos críticos una serie de preguntas (que oscilan entre 8 y 15 según el elemento crítico) y mediante un procedimiento de análisis se refleja el estado de madurez en el **diagrama** propio, tal y como podemos ver en la Figura 5.3.



Figura 5.3. Diagrama radar de RACE para reflejar los estados de madurez de cada Elemento Crítico.

A estas preguntas debe responderse 'SI', 'NO', 'No es aplicable' o 'No sabe'. Una vez respondidos los cuestionarios, por al menos 15 personas relacionadas con el proceso, se analizan aquellas preguntas relacionadas con el estado de madurez. Para cada elemento crítico se construye una matriz, que relaciona la parrilla de respuestas a las preguntas con los estados de madurez y los criterios clave a los que hacen referencia.

Comenzando desde el nivel de madurez inferior, si al menos el 80% de las respuestas son afirmativas pasamos al estado de madurez superior; en caso contrario el estado de madurez es el analizado y se señala este como estado actual. Este criterio se repite para cada estado de madurez, y algunos ejemplos de preguntas elaboradas por RACE para el elemento crítico *Punto de Vista del Cliente* son:

- ¿Está el cliente continuamente implicado, como un miembro más del equipo de desarrollo del producto?.
- ¿Existen procedimientos documentados para asegurar que se cumplen los requisitos de los clientes?.
- ¿Conocen la mayoría de los miembros de los equipos los requisitos de sus clientes?.
- ¿Existen unos procedimientos, de desarrollo de producto, definidos de forma que aseguren una realimentación sobre el cumplimiento de los requisitos de los clientes?.

La metodología RACE está fundada en el análisis de la empresa por medio de una serie de cuestionarios, elaborados a través del conocimiento alcanzado por las múltiples interacciones realizadas con un gran número de organizaciones (especialmente del ministerio de defensa norteamericano), empresas, referencias bibliográficas, casos y resultados de investigaciones expuestos en conferencias y seminarios. En la Figura 5.4 podemos observar cómo quedaría la red RACE después de analizar los resultados de los cuestionarios.

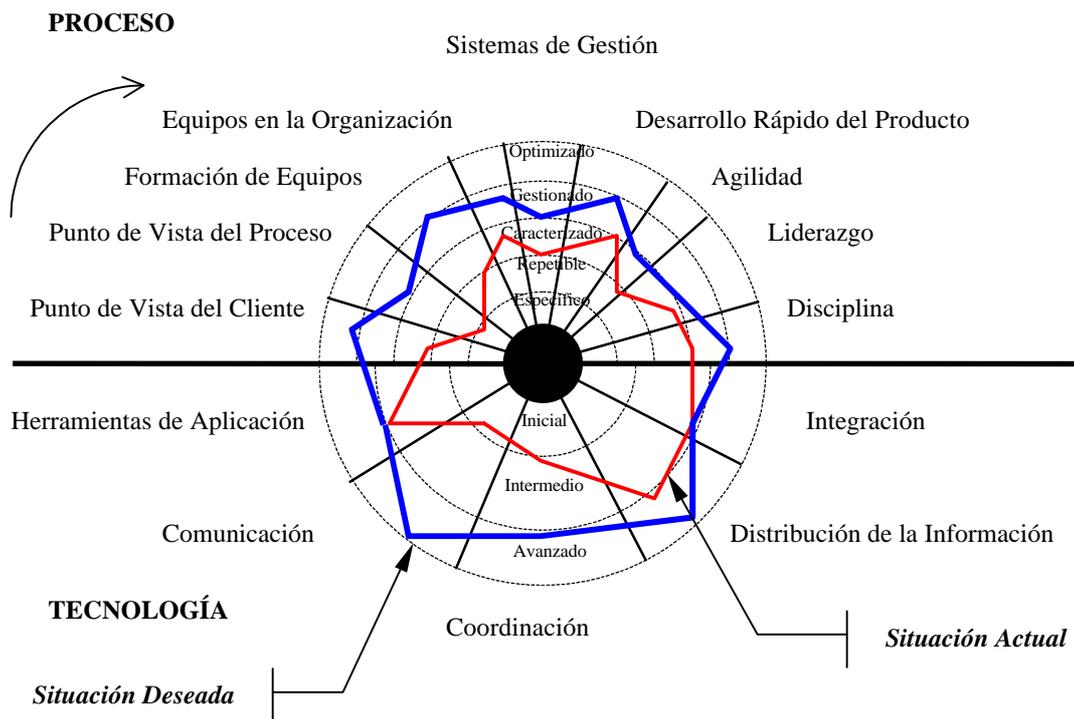


Figura 5.4. Reflejo de la situación actual y la deseada en RACE.

El cuestionario ha sido confeccionado para reunir la información necesaria sobre todos aquellos criterios clave de los Elementos Críticos de **Proceso** y **Tecnología**, y cada pregunta ha sido diseñada para evidenciar los pros y contras de la organización. De esta manera, una vez identificados y analizados los estados de madurez de los criterios clave mediante la auditoría, el modelo RACE debe guiar el proceso de implantación en función del resultado y de los objetivos estratégicos.

Tal y como expusimos anteriormente, mediante las entrevistas con la dirección se establece el estado deseado de cada uno de los elementos críticos y se refleja en el mismo gráfico radar para poder determinar el grado de cambio requerido (Figura 5.4).

5. 3. Metodología RACE II.

En la *Universidad Tecnológica de Eindhoven (Eindhoven Technologic University, Holanda)* se ha seguido trabajando sobre la metodología de implantación de Ingeniería Concurrente propuesta inicialmente por RACE. La nueva metodología de implantación, definida como RACE II por Robert de Graaf, adopta el marco global RACE y su metodología a aplicar para la mejora del proceso de desarrollo del producto [Graaf, 95].

Sin embargo, a través de un estudio aplicado a distintas empresas, Graaf identificó ciertos cuellos de botella en el proceso y los relacionó con los elementos críticos de RACE, encontrando que ciertos cuellos de botella no se ven reflejados en los elementos críticos. De esta forma, propone ampliar con dos nuevos elementos críticos las dimensiones, completando así la evaluación para el proceso de transformación; uno en la dimensión **Proceso**, *Despliegue de la Estrategia*, y otro dentro de la dimensión **Tecnología**, *Apoyo a la Arquitectura del Producto* (Figura 5.5).

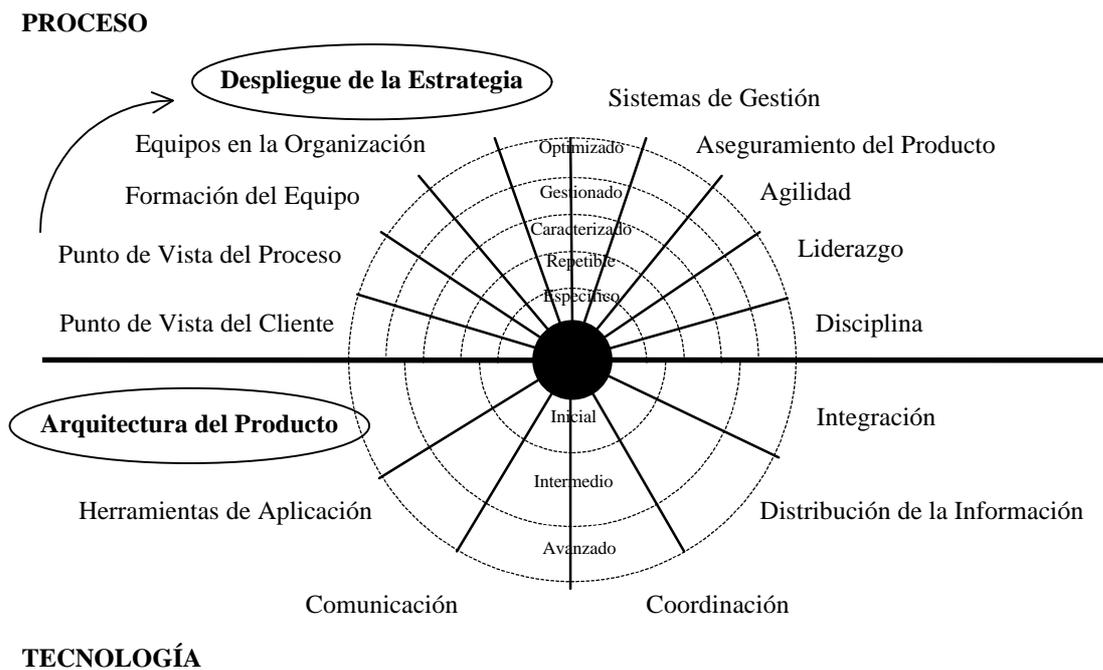


Figura 5.5. Diagrama radar de RACE II para reflejar los estados de madurez de cada Elemento Crítico.

Según sus investigaciones, Graaf afirma que existen cuatro cuellos de botella no reflejados en el modelo de evaluación de RACE [Graaf, 96]. Concretamente para los elementos críticos de la dimensión de **Proceso**, estos cuellos de botella sobre los que se incide en su investigación son: “*ausencia de comunicación sobre la estrategia*”, “*políticas inestables de producto*”, “*tecnologías no definidas para el desarrollo del producto*” y “*competencias no definidas*”. Para resolver esta carencia los engloba dentro de un nuevo Elemento Crítico denominado **Despliegue de la Estrategia**.

A partir de ciertos análisis, Graaf estableció que los Criterios Clave para este nuevo Elemento Crítico debían ser la *estrategia de planificación del producto*, la *planificación de la tecnología*, la *planificación de la cooperación con terceros* y la *gestión estratégica*.

Para el autor, la ausencia del Elemento Crítico ‘Despliegue de la Estrategia’ en RACE, se debe a que tiene su origen en el departamento de defensa y que, por ello, no tiene en cuenta que para los productos comerciales se necesita una estrategia de creación y lanzamiento de producto. Esto es así porque en los productos comerciales la relación con los clientes es menos fluida y los requisitos no llegan a describirse en detalle, por lo que el equipo debe plantear estrategias de diseño sin conocer en profundidad lo que desea el cliente.

Por otra parte, para la dimensión **Tecnología** el cuello de botella identificado fue la “*falta de apoyo para trabajar con la arquitectura de producto*”. Graaf considera en ‘arquitectura del producto’ todos los elementos físicos y de información asociados con el desarrollo del mismo. Por ello, definió un nuevo Elemento Crítico denominado **Apoyo a la Arquitectura del Producto**, con sus correspondientes criterios clave.

Respecto al elemento crítico de Tecnología “Arquitectura del Producto” Graaf argumenta que el modelo de evaluación de RACE II está enfocado a empresas que fabrican productos comerciales frente a RACE que se enfoca al sector de defensa. Debido a que las empresas que fabrican bienes de equipo o consumo deben orientarse a una flexibilidad en el producto, se analizan aspectos de *reducción de la complejidad del producto*, *reutilización de componentes* o *apoyo al proyecto*.

En la Tabla 5.6 y en la Tabla 5.7 se enumeran los criterios clave para los Elementos Críticos de las dimensiones de Proceso y Tecnología, respectivamente, de la metodología propuesta por RACE II.

Como podemos observar en las tablas, Graaf mantiene los criterios clave de ciertos elementos críticos como ‘Punto de Vista del Cliente’, ‘Agilidad’, ‘Equipos en la Organización’ y ‘Disciplina’. Sin embargo, para otra serie de elementos críticos como son ‘Liderazgo’, ‘Formación del Equipo’ y ‘Sistemas de Gestión’ redefine los criterios clave. Por otra parte, en el Elemento Crítico ‘Mecanismos para el Desarrollo rápido del Producto’ no sólo modifica los Criterios Clave sino que, además, lo renombra como ‘Aseguramiento del Producto’ al asignarle un sentido más amplio.

ELEMENTOS CRÍTICOS	Criterios Clave
Punto de Vista del Cliente	Interacción con los clientes. Metodología para capturar los requisitos del cliente. Extensión del entendimiento de los requisitos del cliente. Evaluación de los requisitos del cliente. Acomodación de nuevas prioridades.
Punto de Vista del Proceso	Documentación y estandarización del proceso e indicadores. Entendimiento de la cadena de valor y de su relación con las cadenas de valor de clientes y proveedores. Identificación y control de los parámetros y de los sucesos críticos del proceso. Búsqueda incansable de mejoras. Metodología para el despliegue de los requisitos del cliente.
Formación del Equipo	Formación del equipo. Entrenamiento del equipo. Funcionamiento del equipo.
Equipos en la Organización	Sistemas de recompensas. Delegación de Autoridad al equipo. Barreras debido a la carencia de infraestructuras.
Despliegue de la Estrategia	Estrategia de planificación del producto. Planificación de la tecnológica disponible. Planificación de la cooperación con terceros. Política referentes a recursos humanos. Procesos de gestión estratégica.
Sistemas de Gestión	Distribución de recursos. Gestión del proyecto. Sistemas de contabilidad. Gestión de riesgos.
Aseguramiento del Producto	Control de tiempos de las actividades de desarrollo. Adopción de herramientas apropiadas. Adopción de prácticas apropiadas.
Agilidad	Capacidad para responder adecuadamente al cambio. Memoria corporativa. Reutilización de bienes de la empresa.
Liderazgo	Modelo del papel de liderazgo. Modelo del comité directivo. Distribución de recursos.
Disciplina	Entrenamiento y experiencia en prácticas que habrá que corregir, acoplar, reforzar o perfeccionar. Atención a las tareas con deseo y propósito de realizarlas. Aproximación colectiva y compartida a problemas y decisiones.

Tabla 5.6. Criterios Clave de RACE II para evaluar los Elementos Críticos de Proceso.

ELEMENTOS CRÍTICOS	Criterios Clave
Arquitectura del Producto	Reducción de la complejidad. Reutilización de componentes. Apoyo al proyecto. Documentación
Herramientas de Aplicación	Extensión del apoyo para la interacción de grupo. Apoyo para la noción de disciplinas múltiples. Asistencia a la toma de decisiones, proporcionada por las herramientas.
Comunicación	Agentes participativos. Medios de comunicación. Mecanismos de comunicación. Tipos de redes de trabajo y su cobertura. Transparencia de las redes de trabajo. Acceso a los recursos.
Coordinación	Planificación del flujo de trabajo: herramientas utilizadas, eficiencia y flexibilidad. Actividades de control y seguimiento: herramientas utilizadas, tipos y calidad de la información generada. Apoyo para el reconocimiento y la resolución de conflictos. Visión común de los datos, de las decisiones y del estado del trabajo.
Distribución de la información	Medios de almacenamiento de la información. Contenido de la información. Tipos de datos. Accesibilidad a la información. Distribución de la información almacenada.
Integración	Implantación de estándares de representación e intercambio de datos. Técnicas de traducción de datos. Compatibilidad de las herramientas. Consistencia de las interfaces de usuario.

Tabla 5.7. Criterios Clave de RACE II para evaluar los Elementos Críticos de Tecnología.

A partir de todas las modificaciones propuestas, Graaf también plantea un nuevo cuestionario y establece otro tipo de relación entre preguntas y estados de madurez. A cada pregunta relacionada con la dimensión **Proceso** le hace corresponder ahora todos los estados de madurez, asignándole al entrevistado el estado que cree conveniente según el criterio de ‘Nunca’, ‘Raramente’, ‘Casualmente’, ‘Casi siempre’ y ‘Siempre’. Criterio que está directamente relacionado con los niveles de madurez definidos para la dimensión **Proceso**; así la respuesta ‘Nunca’ corresponde al estado ‘específico’, mientras que ‘Siempre’ corresponde a un estado de madurez ‘Optimizado’.

La identificación de la situación actual se simplifica con este método, pues se hace corresponder el estado de madurez a aquél que contemple un 80% de las respuestas afirmativas de nivel superior. Así por ejemplo, si el 80% de las respuestas a una pregunta es ‘Raramente’ o superior a esta (estado de madurez Repetible), éste será el estado de madurez correspondiente a esta pregunta. De igual manera, para obtener el estado de madurez de un Elemento Crítico se consideran todas las preguntas aplicando el mismo criterio.

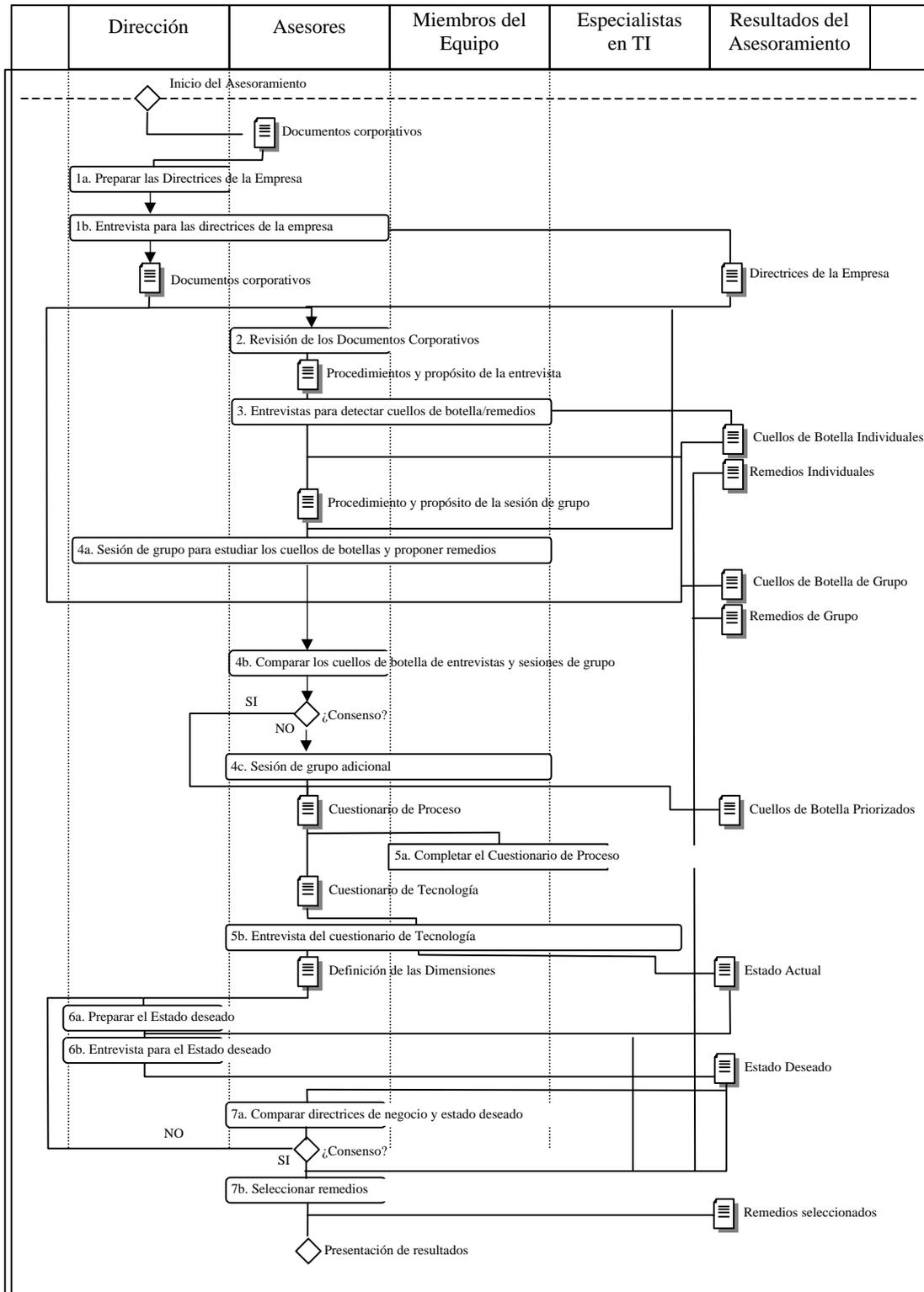


Figura 5.6. Procedimiento mejorado de RACE II para Analizar la Situación del proceso de desarrollo de producto.

En cuanto al cuestionario sobre la dimensión **Tecnología**, se aplica la escala dicotómica ('SI', 'NO'), por lo que resulta aún más fácil de interpretar. A cada pregunta le corresponde uno de los dos niveles de madurez de **Tecnología**, intermedio o avanzado. De esta manera las respuestas positivas asignarán el nivel de madurez actual; las respuestas negativas darán como resultado el nivel básico.

En la Figura 5.6 se puede observar el procedimiento mejorado de RACE II para analizar la situación del proceso de desarrollo de producto. Este procedimiento propuesto por RACE II se encuadraría en la segunda etapa correspondiente a la metodología general de RACE (Figura 5.2).

Así la metodología de RACE II mantiene el marco general de RACE, ya que su propuesta sólo se fija en la auditoría (etapa de análisis de la situación de RACE) y no hace nuevas aportaciones en el plan global de implantación. Por otra parte, no hace ninguna referencia a indicadores, no sólo no comenta la necesidad de definir unos indicadores para detectar la necesidad de cambio, sino que ni siquiera contempla un sistema de indicadores que contemple la evolución del nuevo proceso de desarrollo.

Finalmente, en sus conclusiones, Graaf plantea que la metodología RACE ha quedado incompleta por dos razones básicas. En primer lugar porque el cuestionario no es fácil de resolver al tener que aplicarse a varias personas involucradas en el proceso de desarrollo del producto y para trasladar los resultados a estados de madurez hay que resolver una complicada matriz de correlaciones.

En segundo lugar, para Graaf el modelo de evaluación de la situación de RACE se enfoca sólo hacia entornos de IC basados en las Tecnologías de la Información y no contempla otros entornos no asistidos por ordenador. Por ello, la fiabilidad del modelo de evaluación de RACE está condicionada a posibles aplicaciones que contemplen la asistencia del ordenador y no es adecuado a casos donde se desarrolle el producto sin esta asistencia.

5. 4. Metodología del Centro para Estudios y Desarrollos Emprendedores.

Continuando con la línea establecida por las investigaciones de RACE, el *Centro para Estudios y Desarrollos Emprendedores (CESD, Center for Entrepreneurial Studies and Development, Inc.)* de la Universidad de West Virginia (EE.UU.), ha desarrollado una metodología para la implantación de la IC, basada también en los trabajos y experiencias previas de RACE.

Según Componation y Byrd [Componation, 96], “algunos esfuerzos de implantación de entornos de IC no han llegado a conseguir plenamente la reducción de costes y no han mejorado la puesta en el mercado del producto, debido a una mala implantación de la filosofía”. Su metodología propone un método de evaluación que determine básicamente la capacidad de la organización para soportar la IC, basándose en un modelo integrado de proceso de desarrollo de producto. Para Componation, los beneficios de la IC sólo pueden obtenerse estableciendo unos procesos y procedimientos de implantación orientados al trabajo en equipo. Por otra parte, también incide en la necesidad de una buena selección de recursos - sistemas, herramientas y técnicas - que apoyan los conceptos y principios de la IC.

La metodología de implantación desarrollada por Componation para asesorar a las empresas se basa en cuatro pasos (Figura 5.7):

1. Evaluación de la Situación del Proceso y Tecnología.
2. Formación y Entrenamiento del Comité Directivo.
3. Selección de Recursos para la IC y Entrenamiento en los mismos.
4. Formación y Entrenamiento del Equipo del Proyecto Piloto de IC.

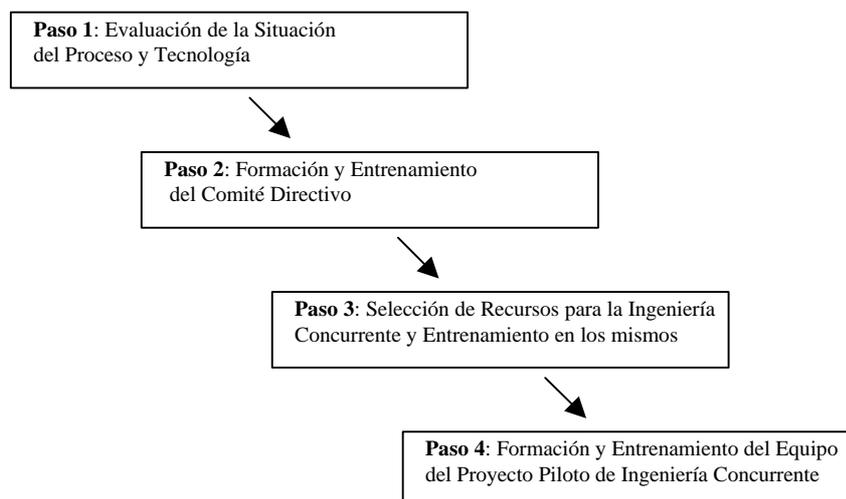


Figura 5.7. Metodología de Implantación para la IC propuesta por CESD.

La primera de las etapas de la metodología del CESD incluye las dos primeras etapas de RACE, 'Conocimiento' y 'Análisis de la Situación'. Componation entiende que se debe realizar todo en una etapa y propone un modelo de evaluación en el que desaparece la división en dos dimensiones - Proceso y Tecnología - propuesta por RACE, al considerar que esta debe realizarse atendiendo a una visión por procesos.

Su modelo analiza de forma integrada el proceso de desarrollo de producto a través de una serie de *Criterios* (Elementos Críticos en RACE), y define unos *descriptores* para cada *Criterio*, de forma similar a los Criterios Clave de RACE (Tabla 5.8).

El modelo de evaluación de Componation refleja una influencia clara del modelo desarrollado previamente por el CESD denominado **IPD** (*Integrated Product Development*) [CESD, 95]. Este modelo de evaluación se fija en la potenciación de los equipos de trabajo en el proceso de desarrollo de producto, y considera que las áreas que presentan desde esta perspectiva una mayor resistencia a la implantación de la IC son:

1. Desarrollo del Producto.
2. Gestión del Proceso.
3. Políticas Corporativas.
4. Infraestructura de IC.

Unas áreas de resistencia que sirven a Componation para definir una nueva serie de criterios sobre los que realizar la evaluación, abandonando en gran medida los propuestos originalmente por RACE.

En la Tabla 5.8 se enumeran estos criterios y sus descriptores. Cabe destacar que desaparece la dimensión **Tecnología** de RACE, y se define un nuevo criterio llamado '*Sistemas Tecnológicos y Herramientas para la IC*' que contempla todo lo relacionado con la ayuda de las Tecnologías de la Información a la IC.

En cuanto al resto de los criterios, podemos destacar que la metodología de CESD mantiene aquellos relacionados con la evaluación de la dimensión **Proceso** de RACE, como son el '*Punto de Vista del Cliente*' y el '*Punto de Vista del Proceso*'; además, mantiene los criterios de '*Disciplina*', '*Sistemas de Gestión*' y '*Mecanismos para el Desarrollo Rápido de Producto*'. Sin embargo, divide el elemento crítico '*Estrategias para la formación y desarrollo de equipos*', en dos elementos críticos independientes (Selección de los Miembros del Equipo y Desarrollo del Equipo), manteniendo el criterio de '*Acomodación de los Equipos dentro de la Organización*'.

CRITERIOS	Descriptorios
Punto de vista del Cliente	Entendimiento de los requisitos y expectativas del cliente. Atención constante a satisfacción del cliente. Evaluación y adaptación rápida de las nuevas prioridades.
Punto de vista del Proceso	Documentación de las capacidades e indicadores del proceso. Entendimiento de la cadena de valor y de su relación con los clientes y suministradores. Modelización de los flujos de trabajo del proceso. Identificación y control de los parámetros críticos del proceso. Búsqueda incansable de mejoras.
Selección de los miembros del Equipo	Nivel de esfuerzo y determinación de tareas. Miembros del equipo de mercadotecnia y clientes. Miembros del equipo de investigación y desarrollo. Miembros del equipo de diseño e ingeniería. Miembros del equipo de fabricación y tareas de apoyo.
Desarrollo del Equipo	Indicadores sobre prestaciones del equipo. Entrenamiento técnico del equipo. Entrenamiento del equipo en operaciones de equipo y herramientas sociales. Entrenamiento del líder. Formación del comité directivo. Eliminación de barreras en la organización para un lograr un equipo eficiente.
Acomodación de los Equipos dentro de la Organización	Recolocación física o virtual. Promoción profesional para los miembros de los equipos multifuncionales. Incentivos y reconocimiento del equipo. Directrices para responsabilidades, autoridad y recursos financieros del equipo.
Sistemas de Gestión	Planificación y análisis de riesgos. Programación y planificación maestra integradas. Localización de recursos basados en la cadena de valor. Sistemas de Control de la programación y costes. Monitorización de las prestaciones técnicas.
Mecanismos para el Desarrollo Rápido de Producto	Adopción de principios de diseño robustos y estándares Aplicación de herramientas de diseño y simulación asistidas por ordenador Utilización de herramientas de prototipaje rápido
Sistemas Tecnológicos y Herramientas para la IC	Planificación de la comunicación. Coordinación de los servicios de apoyo. Memoria corporativa. Bases de datos y herramientas integradas.
Dirección	Comité directivo para temas de IC. Acuerdo para la resolución de temas al nivel más bajo posible. Acuerdos para apoyar la IC durante el proceso de transición. Búsqueda incansable de mejoras.
Disciplina	Hacer lo correspondiente para conseguir el trabajo integrado. Consistencia - medidas y metodologías comunes. Minimizar los cambios de última hora en el ciclo de desarrollo.

Tabla 5.8. Criterios propuestos por CESD para evaluar el proceso de desarrollo de producto.

El cuestionario que utiliza la metodología CESD, para evaluar la situación actual del proceso de desarrollo del producto, escala las respuestas en cuatro niveles (*nunca, a veces, generalmente y siempre*) y las traduce en un porcentaje de cumplimiento del criterio, tal y como refleja la Figura 5.8. La metodología realiza un estudio de cada una de las áreas propuestas centrándose en el desarrollo de equipos de trabajo, aunque incluye las tecnologías que pueden apoyar al desarrollo del producto y los elementos de mejora en las comunicaciones. El resultado de esta propuesta proporciona la base para desarrollar un plan efectivo de implantación. Cada uno de los elementos críticos será el objetivo de una acción correspondiente de actuación y mejora.

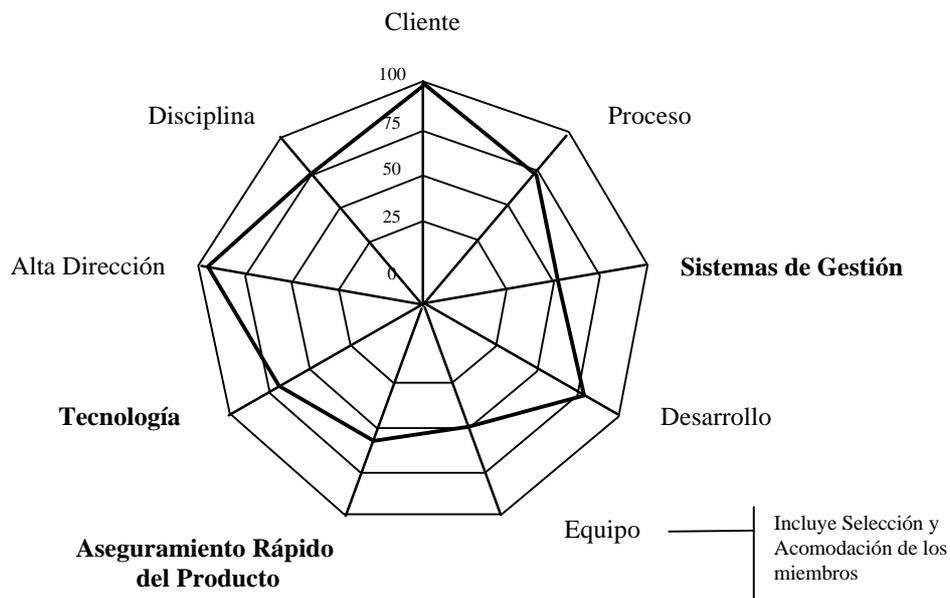


Figura 5.8. Propuesta de Gráfico radar de Evaluación de la Situación de CESD.

A partir de la auditoría propia, CESD desarrolla una **matriz de acciones correctivas**, basadas en el resultado de la experiencia de implantaciones pasadas (Figura 5.9). Esta matriz identifica los sistemas y procesos que mantienen una relación fuerte, moderada o débil con cada uno de los elementos críticos de evaluación. La matriz es utilizada por el comité directivo para ayudar a formular el plan de implantación, que es único para la organización.

	Importancia	Involucración del cliente	Composición del Equipo	Estabilidad del Equipo	Red de Comunicaciones	Estándares	Mejora de Procesos	Indicadores	Evaluación de la Situación de IPD Grado de Madurez (100 _____ 0)	
									↓	↓
Punto de Vista del Cliente	9	●	◐	◐	○	●	◐	●	F	P
Selección del Equipo	9	◐	●	●	○	○	○	○	F	P
Desarrollo del Equipo	9	○	●	●	◐	○	○	◐	F	P
Acomodación de Equipos	9	○	◐	●	●	◐	●	◐	F	P
Sistemas de Gestión	5	○	○	○	●	●	●	◐	F	P
Herramientas de Sistemas de Información	5	○	●	○	●	○	◐	○	F	P
Alta dirección	9	◐	●	●	○	◐	○	◐	F	P
Punto de Vista del Proceso	5	○	◐	○	○	◐	●	◐	F	P
Disciplina	9	○	●	●	○	●	◐	●	F	P

Puntuación		213	489	480	259	345	309	361
Orden		23	1	5	20	18	17	12
Prioridad		L	H	H	M	M	M	L

Figura 5.9. Muestra de una parte de la Matriz de Acción desarrollada por CESD.

(●=relación fuerte, ◐=relación moderada, ○=relación débil).

P = Situación Actual. F = Situación Deseada

(L= Prioridad Baja, H= Prioridad Media, M= Prioridad Alta).

En la Figura 5.9 podemos observar una parte de la citada matriz que supone una aplicación de la metodología QFD a los distintos elementos críticos. La columna de la derecha muestra en qué nivel de madurez se encuentra cada elemento que se refleja gráficamente en el radar de la Figura 5.8. Las filas inferiores indican la puntuación, el orden y la prioridad que se le asigna a cada proceso definido en las columnas permitiendo obtener así unos criterios para realizar las acciones correctivas necesarias.

5. 5. Metodología de Carter y Baker. (Mentor Graphics Corporation).

Paralelamente a las investigaciones desarrolladas en el CERC, Carter y Baker de la empresa Mentor Graphics (*Mentor Graphics Corp.*), realizan una propuesta para innovar en el proceso de desarrollo de producto orientada también hacia la IC [Carter, 92].

Carter y Baker afirman que los entornos actuales de desarrollo de producto están sometidos a continuos cambios debidos a cinco grandes fuerzas: la *Tecnología* (nuevas tecnologías en la empresa), las nuevas *Herramientas* (selección de las más adecuadas), la distribución de *Tareas* (gestión y división de trabajos eficientemente), la potenciación del *Talento* (motivación para obtener las máximas capacidades de los empleados) y la gestión del *Tiempo* (reducción del tiempo de introducción del producto en el mercado).

La integración de estas cinco grandes fuerzas permitirá transformar los procesos de desarrollo de producto en entornos de IC. Para asesorar a las empresas en la implantación, Carter y Baker proponen una metodología general que incluye un análisis de la situación actual y un análisis del entorno deseado, que permitirá sugerir el entorno de IC particularizado para la empresa.

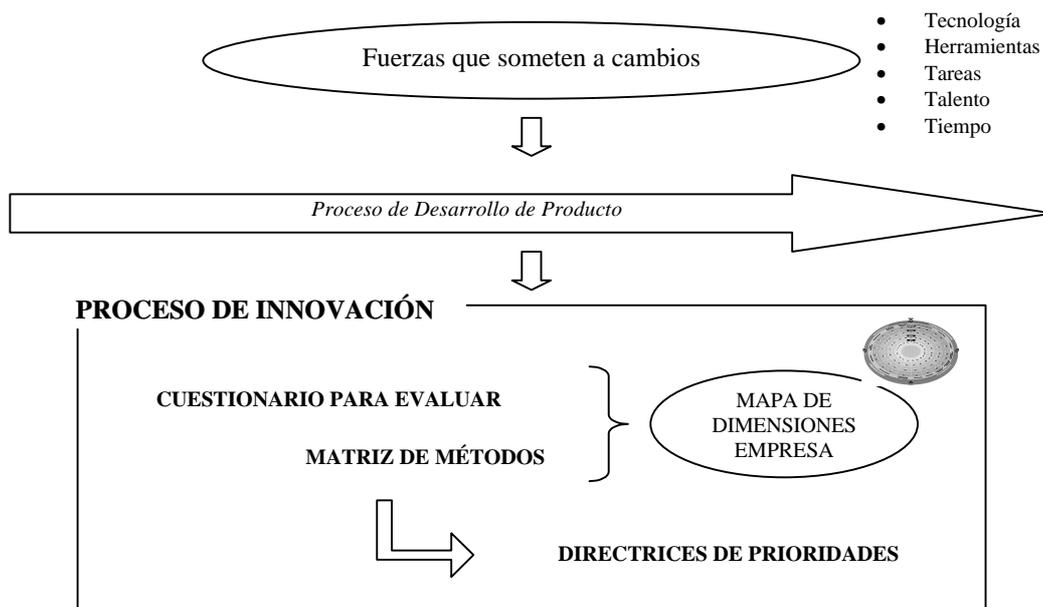


Figura 5.10. Metodología de Implantación de IC propuesta por Carter y Baker.

El modelo de evaluación de Carter y Baker parte de la base de que existen una serie de dimensiones en la empresa, sobre las que se debe centrar la atención, para así evolucionar hacia la IC. Según Carter y Baker existen cuatro dimensiones sobre las cuales se debe actuar: la *organización*, la *infraestructura de comunicación*, los *requerimientos* y el *desarrollo del producto*. Aunque los autores indican que los componentes de estas dimensiones y su equilibrio relativo pueden variar continuamente en función de las fuerzas del mercado actual y del producto específico. Veamos con detalle cómo Carter y Baker definen cada una de estas dimensiones.

Organización. Esta dimensión la forman y cohabitan dos entidades de Gestión: los directivos y los equipos de desarrollo de producto. Los directores deben crear, potenciar y apoyar a los equipos de desarrollo de producto; cuyo número, miembros y disciplinas están basados en la complejidad del producto. Los equipos de desarrollo deben asumir autoridad y responsabilidad para las decisiones de diseño y los miembros individuales deben asumir lo que el equipo decida como un todo.

Infraestructura de Comunicación. Una buena comunicación es siempre importante, y una buena infraestructura hace que la comunicación sea posible uniendo a la gente, las ideas, las especificaciones, los procesos y propiciando una realimentación en el proceso de desarrollo. La información relevante de las otras tres dimensiones debe transferirse a esta dimensión y estar disponible cuando los miembros del equipo la necesiten.

Requerimientos. Esta dimensión, que tiene una forma determinada en cada momento particular del tiempo, está constituida por los requisitos del: *conjunto total de clientes, la propia empresa y del sector industrial para desarrollar un producto*. El objetivo de esta dimensión es la satisfacción del cliente. Una empresa debe determinar lo que el cliente quiere, asegurar que lo está consiguiendo y asegurar que el producto satisface los estándares internos de la empresa y los estándares externos de la industria. Carter y Baker consideran importantes dos requerimientos internos: *la utilización apropiada de las metodologías de planificación* (planificación, metodologías y evaluación del diseño) y *las perspectivas de esta planificación* (planificación del propio proceso de desarrollo en función del tiempo y unidades de negocio). El motor que potencia esta dimensión es un buen diseño de producto y todos los requerimientos que se definen en esta dimensión influyen directamente sobre las otras tres dimensiones.

Desarrollo del Producto. Para cada empresa y para todos los productos que desarrolla esta dimensión debe estar perfectamente delimitada, y se basa en la visión integrada del proceso total de desarrollo de producto, desde el diseño conceptual hasta su fabricación y retirada. Este enfoque permite desarrollar librerías de componentes, considerar todos aquellos procesos posteriores a la fase de diseño y procurar una mejora continua del proceso de desarrollo del producto.

La metodología determina, a través de su auditoría, las carencias y necesidades que tiene la empresa para equilibrar estas cuatro dimensiones, y orienta a la empresa hacia la implantación de la IC. La metodología se centra fundamentalmente en la auditoría de la situación actual y de la situación deseada de la empresa, y proporciona cuatro instrumentos o herramientas:

- 1ª. **Cuestionario para evaluar a las empresas.** Ayuda a determinar el estado actual del proceso de desarrollo de producto en las cuatro dimensiones, considerando para cada una los **Factores Clave** (Tabla 5.9) sobre los que se realizan unas preguntas y cuyo resultado se reflejará en el *Mapa de Dimensiones*.
- 2ª. **Matriz de Métodos.** En esta matriz se determinan aquellas actividades vinculadas con la Ingeniería Concurrente que la empresa considera necesarias para desarrollar con éxito un producto (Tabla 5.11), determinando de esta forma la situación deseada. El resultado también se reflejará en el *Mapa de Dimensiones*.
- 3ª. **Mapa de Dimensiones.** Es un gráfico tipo radar que ayuda a constatar las diferencias entre el estado actual y el estado deseado para el proceso de creación del producto (Figura 5.11 y Figura 5.12).
- 4ª. **Directrices de Prioridades.** Se trata de una tabla donde vienen reflejados los Factores Clave, y que ayuda a determinar las prioridades que permitirán mejorar cada uno de los factores clave que constituyen las cuatro dimensiones (Tabla 5.12).

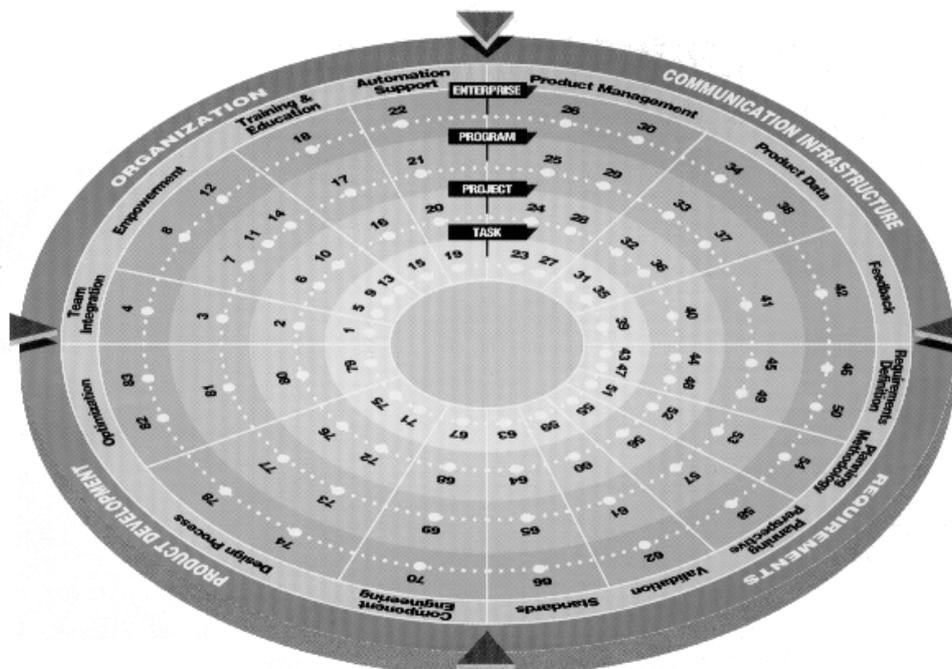


Figura 5.11. Mapa de Dimensiones de la metodología de Carter y Baker.

En su propuesta de modelo de evaluación de la situación actual de la empresa y de acciones para realizar la innovación necesaria para mejorar en el proceso de desarrollo de producto, Carter y Baker definen una escala formada por cuatro niveles que permiten valorar los factores clave en función de lo que denominan *Esfuerzo de Trabajo en Equipo*. Unos niveles que se determinan en función del grado de intervención o del esfuerzo colectivo necesario para conseguir un trabajo en equipo para realizar tareas en las que se requiere una o varias disciplinas. Estos niveles, que se reflejan en el Mapa de Dimensiones, son:

Tarea. Es el nivel de esfuerzo de trabajo en equipo que requiere una comunicación mínima. Por ejemplo cuando el producto contiene una unidad importante y requiere sólo de pocos individuos para desarrollarlo.

Proyecto. Es un nivel de esfuerzo de trabajo requerido en un equipo unidisciplinar que necesita de un mayor grado de colaboración. Por ejemplo, cuando el producto está formado por varios componentes y requiere para su desarrollo de un grupo de individuos que estén en la misma disciplina de ingeniería. Este nivel incluye el esfuerzo de *Tarea*.

Programa. Es un nivel de esfuerzo de trabajo que requiere de un equipo multidisciplinar. El equipo gestiona totalmente el proceso de desarrollo de producto y la comunicación entre las distintas disciplinas está asegurada. Los representantes de cada uno de los equipos (equipos de proyecto) forman un equipo multidisciplinar denominado “equipo de programa”. Por ejemplo cuando el producto requiere de distintas disciplinas ingenieriles para sus diferentes componentes, cada componente podría necesitar su propio equipo de proyecto. Este nivel incluye el esfuerzo de *Tarea* y *Proyecto*.

Empresa. Es un nivel de esfuerzo de trabajo en equipo multidisciplinar que necesita de un nivel de comunicación en todo el ámbito de la empresa. Por ejemplo cuando el producto llega a ser tan complicado que requiere muchos equipos multidisciplinarios (equipos de programa) que incluyen vendedores y suministradores. Este nivel implica que el esfuerzo del equipo de desarrollo de producto abarca a toda la empresa y se denomina esfuerzo de empresa (incluye *Tarea*, *Proyecto* y *Programa*).

Para Carter y Baker la utilización de esta escala de evaluación es válida para las cuatro dimensiones, ya que analizan el grado de intervención de los equipos humanos de la empresa en cada una de las mismas, atendiendo a una serie de factores clave.

Los factores clave de cada una de las dimensiones (Tabla 5.9) pretenden abarcar todos los aspectos que intervienen en el proceso de desarrollo de producto desde esa perspectiva de trabajo en equipo. La auditoría se basa en el cuestionario que contiene una batería de 83 preguntas relacionadas con los *factores clave* específicos de cada una de las dimensiones.

DIMENSIÓN	Factores Clave
ORGANIZACIÓN	Integración de Equipos Delegación de Autoridad Entrenamiento y Formación Apoyo para la Automatización
INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN	Gestión del Producto Datos del Producto Realimentación
REQUERIMIENTOS	Definición de Requerimientos Metodología de Planificación Perspectiva de Planificación Validación Estándares
DESARROLLO DEL PRODUCTO	Ingeniería de Componentes Proceso de Diseño Optimización

Tabla 5.9. Factores Clave de Carter y Baker.

Basándose en las definiciones de los factores clave de cada dimensión (Tabla 5.10), y considerando los distintos niveles de trabajo en equipo, se confeccionan las preguntas del cuestionario que varían en función del factor clave. Para algunos se realizan cuatro preguntas y en otros ocho, y se responden de forma positiva o negativa. Por ejemplo, para el factor clave “*Entrenamiento y Educación*” la serie de preguntas que se realizan son:

- S - N **15.** ¿Se proporciona el entrenamiento adecuado a todo individuo para la utilización de procedimientos, herramientas y/o estándares?. (*Tarea*).
- S - N **16.** ¿Tiene el equipo unidisciplinar el asesoramiento adecuado sobre procedimientos herramientas o estándares interdisciplinarios?. (*Proyecto*).
- S - N **17.** ¿Se proporciona entrenamiento a todos los miembros de los equipos interdisciplinarios para realizar el trabajo en equipo de forma eficiente?. (*Programa*).
- S - N **18.** ¿Se proporciona un entrenamiento adecuado a todos miembros del equipo de la empresa para realizar el trabajo en equipo de forma eficiente?. (Incluyendo clientes y suministradores). (*Empresa*).

De esta manera, las respuestas positivas se trasladan al *Mapa de Dimensiones* y se confecciona el estado actual de la empresa en cada uno de los factores clave; cada pregunta incluye a las de nivel inferior. Es decir, si se responde positivamente a la pregunta nº16 del ejemplo anterior, se supone que el caso que contempla la pregunta nº15 también se cumple. De esta forma a cada pregunta se le hace corresponder un nivel de equipo, tal y como se refleja en la Figura 5.11.

ORGANIZACIÓN
<p>Integración de Equipos Se consigue cuando individuos y equipos comprenden sus papeles y tareas contextualizadas en el proceso completo de desarrollo del producto.</p>
<p>Delegación de Autoridad Los niveles de autoridad y responsabilidad, que coexisten dentro de la empresa, representan un papel significativo en la productividad. Los individuos y los equipos son recompensados por el incremento de productividad gracias a esta delegación.</p>
<p>Entrenamiento y Formación La dirección de la empresa proporciona una formación adecuada y entrenamiento a los individuos y equipos. Un entrenamiento eficiente incluye: cómo resolver problemas, establecer resultados, pensar creativamente, utilizar estándares o trabajar con expertos de otras disciplinas.</p>
<p>Apoyo para la Automatización La dirección asegura que las herramientas necesarias estén disponibles. Estas herramientas están integradas y proporcionan acceso a todos los datos del producto.</p>
INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN
<p>Gestión del Producto Para que los individuos y los equipos puedan entender sus objetivos y los papeles que les han sido asignados, se necesitan vías eficaces de comunicación y gestión del producto. Estas vías ayudan a planificar, controlar el cumplimiento de objetivos y mejorar el proceso de desarrollo.</p>
<p>Datos del Producto Los datos del producto están completos y son precisos en todo instante; los individuos y los equipos pueden acceder, manipular y cambiar los datos si fuere necesario.</p>
<p>Realimentación La realimentación mantiene el proceso de desarrollo de producto encaminado, y permite a los individuos y equipos tratar las desviaciones desde las expectativas del cliente, especificaciones industriales del producto, estándares y otros requisitos. La realimentación, como revisiones e inspecciones, genera nuevas líneas de actuación así como sugerencias para mejorar el producto.</p>
REQUERIMIENTOS
<p>Definición de Requerimientos La empresa convierte las necesidades de los clientes en los requerimientos, especificaciones y variedades de diseño del producto. En cada etapa del proceso de desarrollo los individuos, equipos y gestores pueden comprobar que los requerimientos, especificaciones y variedades de diseño están satisfaciendo las necesidades de los clientes.</p>
<p>Metodología de Planificación La planificación del Producto, evaluación, y métodos de diseño pueden realizarse desde abajo hacia arriba y desde arriba hacia abajo. Estos métodos pueden incluir cambios de análisis e integrar las tareas y procesos que desarrollan el producto.</p>
<p>Perspectiva de Planificación Cuando se determina el proceso de desarrollo para un producto determinado la empresa incluye perspectivas de planificación como parte de ese proceso.</p>
<p>Validación Los requisitos para el proceso de desarrollo son validados para determinar si las especificaciones encuentran los requisitos de los clientes y si todos los procesos especificados cumplen los resultados buscados.</p>
<p>Estándares La empresa documenta y comunica a los individuos y equipos los convenios, directrices y procedimientos utilizados para estándares de diseño. Los estándares cubren necesidades de los clientes, pruebas, fabricación y apoyo al cliente.</p>
DESARROLLO DEL PRODUCTO
<p>Ingeniería de Componentes Cuando un equipo es parte del proceso de desarrollo, todos los datos de diseño y los datos de componentes están disponibles para todos los individuos.</p>
<p>Proceso de diseño Las metodologías y las validaciones durante el proceso de desarrollo están documentadas y medidas a través de indicadores.</p>
<p>Optimización Los directores deben responder a la continua evolución de la tecnología.</p>

Tabla 5.10. Definición de los Factores Clave de Carter y Baker.

Por su parte, la *Matriz de Métodos* consiste en una tabla donde se describe, para cada factor clave, el escenario del entorno de trabajo correspondiente a los distintos niveles de esfuerzo. Sobre esta matriz se marca la situación donde se desearía estar, incluidos los niveles inferiores (Tabla 5.11).

Cuando se refleja la situación deseada, se debe buscar el equilibrio entre todas las dimensiones propuestas, de manera que se establezca una situación con un esfuerzo de equipo homogéneo entre todas ellas, tal y como podemos observar en la Figura 5.12. De esta forma, el esfuerzo de equipo que satisfaga la totalidad de los factores clave determinará la situación deseada para la empresa.

ORGANIZACIÓN				
	TAREA	PROYECTO	PROGRAMA	EMPRESA
-	-	-	-	-
Entrenamiento y Formación	Entrenamiento y formación individual en tareas específicas.	Entrenamiento y formación individual en procedimientos, herramientas y estándares multidisciplinares.	Un equipo multidisciplinar recibe entrenamiento en eficiencia de equipo. Los miembros del equipo utilizan y razonan con herramientas como QFD. El entrenamiento se realiza bajo una situación y demanda específica.	Equipos multidisciplinarios de toda la empresa reciben entrenamiento en eficiencia de equipo. Pueden utilizarse herramientas interactivas de simulación para enseñar métodos de generación de datos y forzar el estudio desde diferentes perspectivas.

Tabla 5.11. Matriz de Métodos de Carter y Baker.

Este mapa, se conforma dividiendo una elipse en cuatro sectores, que pertenecen a cada una de las cuatro dimensiones de la empresa. A partir de aquí, se diseñan estados concéntricos en función de los esfuerzos de equipo, que se refieren al tipo de equipo que puede necesitar la empresa en su entorno de IC.

Finalmente, sobre el *Mapa de Dimensiones* quedan reflejadas, para las cuatro dimensiones y sus factores claves, las respuestas a cada una de las preguntas y el nivel deseado. De esta forma se dibuja cuál es la situación actual y la situación deseada (Figura 5.12).

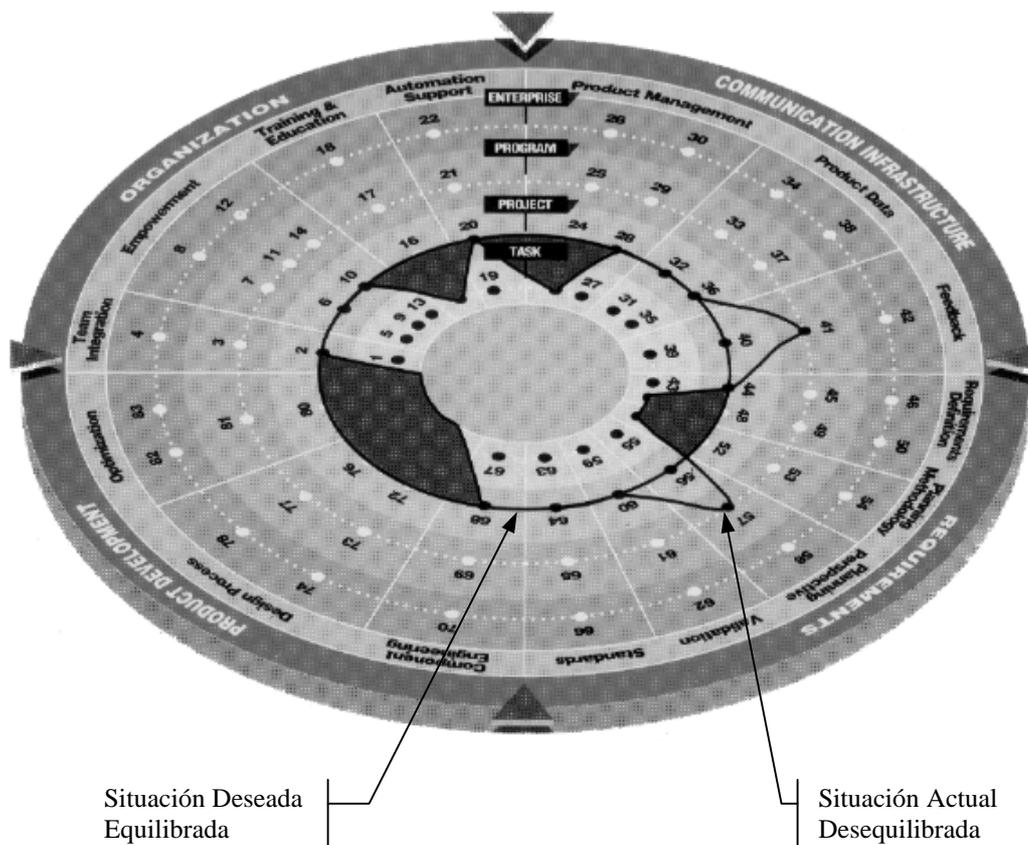


Figura 5.12. Reflejo del estado actual frente al deseado en el Mapa de Dimensiones.

Una vez reflejados en el *Mapa de Dimensiones* la situación actual de la empresa y el escenario deseado (Figura 5.12), es el momento de establecer las *Directrices de Prioridades*. A partir de aquí la dirección de la empresa determinará, dentro de los **Factores Clave**, las áreas de mejora prioritarias para el establecimiento del entorno de IC y establecerá su plan particular de acción para implantar el entorno de IC. En este momento, la alta dirección de la empresa, junto con el equipo de asesores, transforma las preguntas en acciones a realizar para conseguir la transformación, tal y como muestra la Tabla 5.12, estableciendo prioridades y fechas de cumplimiento para corregir los desequilibrios.

ORGANIZACIÓN			
Factor clave	N ° Pregunta.	Prioridad	Completado
Entrenamiento y Educación	16. Proporcionar entrenamiento a equipos multidisciplinares en procedimientos, herramientas y estándares.	2	-
INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN			
Factor clave	N ° Pregunta.	Prioridad	Completado
Gestión del Producto	24. Proporcionar a cada una de las disciplinas del proceso de desarrollo, la capacidad para realizar búsquedas sobre informes actualizados.	2	-
DESARROLLO DEL PRODUCTO			
Factor clave	N ° Pregunta.	Prioridad	Completado
Proceso de Diseño	68. Proporcionar las medidas necesarias para poder realizar tareas y funciones específicas.	3	-
	69. Proporcionar los medios para poder extraer la información electrónica del Diseño.	1	✓

Tabla 5.12. Establecimiento de Prioridades.

Por ejemplo, la pregunta n°16 se transforma ahora en una acción de mejora a realizar, como es el proporcionar entrenamiento al equipo multidisciplinar. Sin embargo, no es tan prioritaria como la correspondiente a la pregunta n°68, que entiende que el proporcionar los medios para extraer la información electrónica del diseño debe ser lo primero (prioridad 1) en la transformación.

La columna de la derecha servirá para realizar un seguimiento del plan de mejora de cada actividad. En esta columna se refleja si se ha completado la acción.

Finalmente, Carter y Baker proponen que la automatización (utilización de las Tecnologías de la Información) es crucial para evolucionar hacia un entorno de IC competitivo. De esta forma, consideran indispensable implantar progresivamente las Tecnologías de la Información para llegar a conseguir que la IC sea realidad.

Esto es, para el factor “Apoyo para la Automatización” dentro de la dimensión de Organización, se aconseja realizar una evolución gradual. Para resolver los posibles problemas de la transición en este factor clave, Carter y Baker proponen cinco fases para evolucionar desde la situación actual hasta el futuro (Figura 5.13), fases que denominan ‘*Cinco fases para la Automatización*’. Estas fases son:

1. Herramientas y Tareas intercambiables.
2. Entorno de Computadoras interoperable.
3. Gestión de datos del Producto.
4. Gestión de Procesos.
5. Apoyo a las Decisiones.

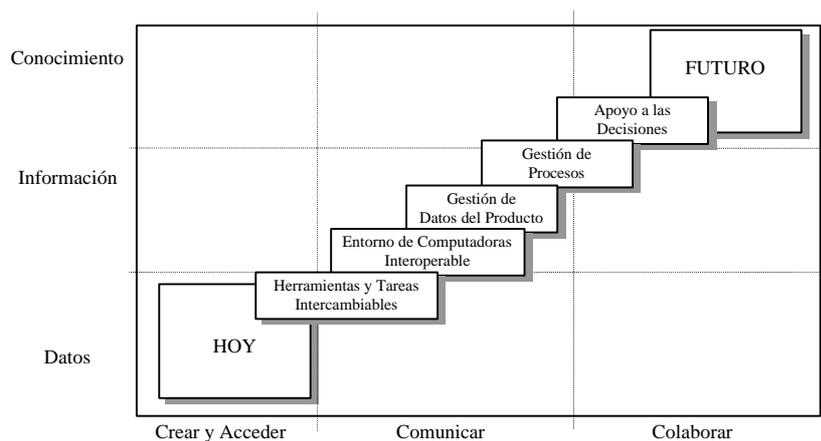


Figura 5.13. Evolución hacia un entorno de Ingeniería Concurrente Automatizado según Carter y Baker.

5. 6. Metodología del Cranfield CIM Institute.

La metodología propuesta por el Centro de Fabricación Integrada de la Universidad de Cranfield (*Cranfield CIM Institute*), plantea una transformación de la empresa en tres etapas dentro de un marco denominado “FAST CE” [Evans, 93a]. La metodología del Cranfield CIM Institute parte de una situación previa en la que la empresa ha detectado la necesidad de cambiar las prácticas tradicionales de su proceso de diseño.

La metodología aportada por el Cranfield CIM Institute, proporciona una visión global de la transformación de la empresa hacia el entorno de IC. Sin embargo, no podemos considerar que esté al mismo nivel que las anteriores, ni que sea equivalente ya que no realiza propuestas concretas. Esto es debido a que no indica explícitamente qué tipo de auditoría debe realizarse para analizar el proceso de desarrollo del producto, aunque entendemos que puede que este no sea el motivo de interés expuesto en el enfoque de “FAST CE”.

La metodología “FAST CE” trata de ayudar a preparar la implantación de la IC de una forma comprensible ([Lettice, 93], [Lettice, 94]). La metodología de implantación “FAST CE” se desarrolla dentro de un curso de auto aprendizaje y no requiere, a priori, de consultores externos para el desarrollo de la implantación de un entorno de IC. El método orienta a los miembros de un equipo a través de un proceso continuo: Preparación de la Ingeniería Concurrente, Implantación de un Proyecto Piloto y la Expansión de la Ingeniería Concurrente al resto de la organización (Figura 5.14) ([Evans, 94], [Evans, 95]).

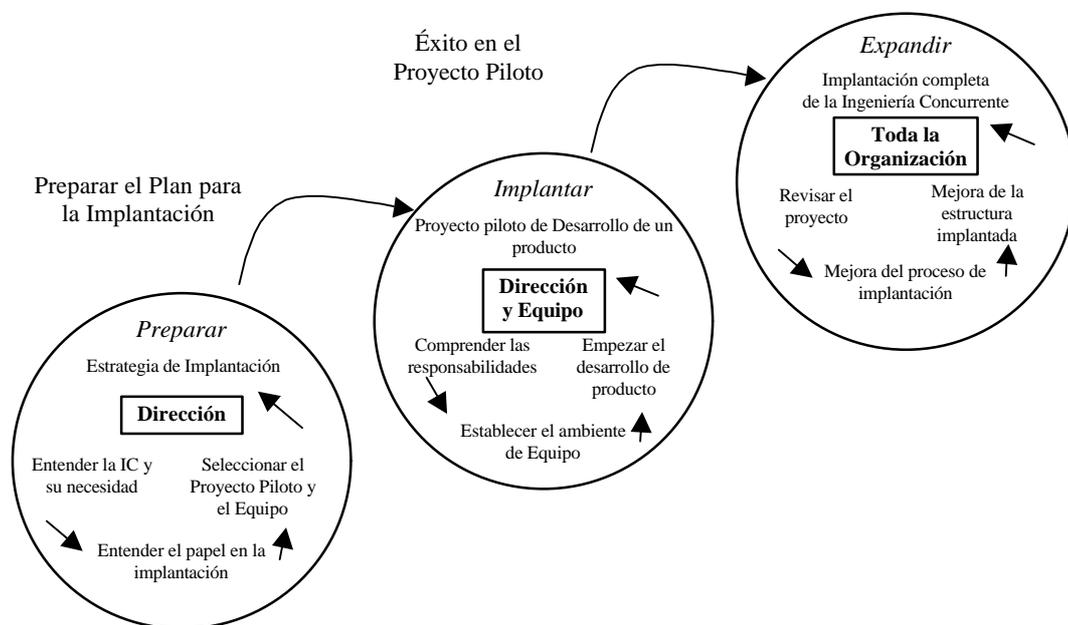


Figura 5.14. Metodología de Cranfield CIM Institute.

Etapa I. Preparación para la Implantación.

Esta etapa, consiste en introducir los conceptos básicos de la IC a un equipo formado por la alta dirección y los jefes de departamento de la empresa. Uno de los primeros objetivos de esta parte de la metodología es generar una aceptación y un grado de acercamiento suficiente a los principios de la IC, para permitir que se tome una decisión que proceda con la implantación.

A través de unas jornadas de dos días, se presenta la IC, se realizan trabajos en grupo y se estudia cómo debería ser implantada de la mejor manera, profundizando en el entendimiento de la IC y utilizando dos ejercicios. El primero requiere identificar los proyectos de desarrollo de productos que la empresa ha tenido en el pasado, determinando todo aquello que ayudó al éxito de estos proyectos; identificando los factores que se esquematizan frente a las practicas habituales de la IC. El segundo ejercicio anima a la dirección a pensar e identificar que posibles acciones se pueden implantar, contribuyendo así a crear un ambiente de equipo y posibilitando un trabajo en equipo efectivo para el desarrollo de productos.

En este punto, la dirección debe tomar una decisión de si debe, o no, implantar la IC. En el caso de que se decida proceder, debe crearse un comité directivo y designar a un líder para dirigir el cambio hacia la IC. Al final de esta etapa los gestores deben de confiar en su habilidad para lanzar y potenciar el Equipo Piloto Multidisciplinar de Desarrollo del Producto, que les llevará hacia el desarrollo de mejores productos más rápidamente.

Etapa II. Implantación Piloto de la Ingeniería Concurrente.

La segunda etapa se centra en las actividades de desarrollo de producto y en el inicio de la implantación con un proyecto piloto. Esta etapa se desarrolla a través de unas jornadas de trabajo en las que participan los directores de los departamentos. Durante la misma se realiza una presentación de la IC, similar a la de la Etapa I, se concreta el equipo del proyecto piloto y se selecciona al líder del equipo.

La dirección debe determinar en esta etapa el entorno de Equipo Multidisciplinar que considera crítico para el éxito de la IC. Entonces se realizan una serie de ejercicios de trabajo en grupo diseñados para involucrar a los miembros del equipo discusiones para fomentar las relaciones entre los distintos estamentos o niveles de la empresa, mejorando así la claridad de las especificaciones del producto y los objetivos del proyecto.

La alta dirección debe designar también a una persona de contacto para negociar con el Equipo Multidisciplinar que deberá detallar las expectativas de todas las disciplinas involucradas e informar al comité de dirección. Entre los beneficios que se alcanzan por tener unas **directrices específicas** y un modo de trabajar estipulado, está el que todo el mundo tendrá claras las expectativas del proyecto y cuáles son las tareas individuales del equipo. Estas directrices proporcionarán un punto de referencia válido para cuando aparezcan problemas, permitiendo que sean resueltos rápidamente - esto es importante cuando los individuos deben realizar una transición desde las viejas maneras de trabajar a los nuevos métodos - y permitirá exigir responsabilidades de las actividades diarias desarrolladas por el equipo.

Para ilustrar algunos papeles y responsabilidades del líder del equipo, vamos a citar algunas de sus tareas:

- Gestionar el proceso de toma de decisiones del equipo.
- Asegurar que el plan del proyecto refleje la realidad y su urgencia.
- Si se comprometen objetivos parciales, discutirlos con el comité directivo.
- Escuchar, involucrarse y comunicarse tanto interna como externamente.
- Dirigir y apoyar a los miembros del equipo.

Según Evans, el equipo del proyecto piloto es el más cualificado para trazar un plan concreto, que tratará de satisfacer las expectativas de la dirección. Su experiencia permitirá eliminar las actividades que no añaden valor al proceso de desarrollo del producto e identificar donde pueden darse ahorros sustanciales.

Finalmente, es crucial una distribución efectiva y eficiente de la información, para conseguir acelerar el proceso de desarrollo del producto. La asignación a los miembros del equipo de los recursos necesarios, mejorará enormemente las comunicaciones, reducirá las distracciones externas y realzará la calidad y velocidad del proceso de toma de decisiones. La segunda etapa termina con la conclusión del proyecto piloto de IC.

Etapa III. Expansión.

Una vez el proyecto piloto ha finalizado, y el producto seleccionado se ha lanzado con éxito al mercado, conviene revisar el proyecto y facilitar que todas aquellas lecciones aprendidas se transmitan a los siguientes proyectos. Ahora ya se puede hablar de introducir la IC a toda la organización y los sistemas y estructuras existentes necesitarán rediseñarse para acomodarlos a una nueva forma de trabajar.

Hasta aquí, la metodología de implantación de la IC recomienda el aislamiento del proyecto piloto de IC respecto de las prácticas principales de trabajo de la empresa pero, sin embargo, una vez se ha completado y se han comprobado los beneficios la IC, esta experiencia puede extenderse a toda la organización. En esta etapa de expansión a toda la empresa, según el autor, se necesitará revisar el sistema de indicadores existente. El nuevo sistema deberá incluir indicadores que valoren y recompensen a los individuos por su trabajo en equipo y no por su trabajo individual. Si no se reconoce y recompensa el trabajo en equipo los miembros perderán su motivación para cumplir los objetivos.

La Tabla 5.13 resume las tres etapas de la estrategia de implantación, determinando las actividades y los objetivos que se buscan en cada una de ellas.

ETAPA	ACTIVIDADES A REALIZAR	OBJETIVOS
I	<p><i>Dirección.</i></p> <p>Situar a la Empresa ante la empresa ideal y competitiva que aplica la IC. Identificar los costes y beneficios de la implantación de la IC. Seleccionar el proyecto piloto y los miembros del equipo. Preparar el plan para la implantación.</p>	<p><i>La Dirección debe comprender:</i></p> <p>La filosofía de la IC y sus necesidades. Su papel en el proceso de implantación. El presente y futuro de la empresa. Las Metodologías de implantación y aproximación.</p>
II	<p><i>Dirección y Equipo.</i></p> <p>Preparar a los equipos para la implantación. Entrenar a los equipos en ejercicios de solución de problemas y trabajo en equipo. Preparar un plan de implantación detallado. Comenzar con las actividades de desarrollo de producto.</p>	<p><i>La Dirección y el Equipo deben comprender:</i></p> <p>Los beneficios de la IC para la empresa. El entorno necesario para los equipos. Cómo debe gestionarse un proyecto piloto. Las responsabilidades individuales y colectivas para una implantación con éxito.</p>
III	<p><i>Organización.</i></p> <p>Revisar el proyecto piloto. Revisar la estructura y proceso del actual desarrollo del producto. Implantar un nuevo sistema de recompensas y medidas. Determinar las directrices futuras y planes de mejora.</p>	<p><i>La Organización debe comprender:</i></p> <p>Cómo mejorar el proceso continuamente. Comunicaciones, herramientas, técnicas. Cómo mejorar la estructura continuamente. Expansión, organización, institución.</p>

Tabla 5.13. Características de la Metodología del Cranfield CIM Institute.

Es en la tercera etapa, donde la metodología plantea evaluar las necesidades de formación de los miembros de los equipos y la utilización de nuevas tecnologías para su lanzamiento. Según Evans la implantación de la IC trasladará el énfasis desde las funciones verticales hacia los procesos horizontales y, por lo tanto, los equipos de IC y la dirección de la empresa deberán responsabilizarse de mantener el proceso enfocado hacia el desarrollo del producto. A los equipos les corresponderá preocuparse por las maneras de mejorar continuamente y por dirigir la corriente de cambio del proceso completo de desarrollo del producto, mientras la dirección cambia la infraestructura de la organización para así apoyar mejor este proceso y facilitar el cambio institucional.

5. 7. Metodología PACE.

De entre los diferentes proyectos de investigación, enmarcados en los programas financiados por la Comisión Europea Brite-Euram, cabe destacar el proyecto PACE (BE-8037-93). El proyecto PACE (*Practical Approach to Concurrent Engineering*) tiene como objetivo desarrollar y comprobar un enfoque práctico para la implantación de la IC. El proyecto, que se inició en año 1993, tiene tres áreas principales de interés [PACE, 93]:

- Una *plataforma de conocimiento*, que determina cómo la IC puede usarse por una empresa.
- Una *estructura de trabajo*, que determina las restricciones y los requerimientos necesarios para el cambio.
- Un *marco de implantación*, que permite el cambio desde las prácticas de ingeniería actuales.

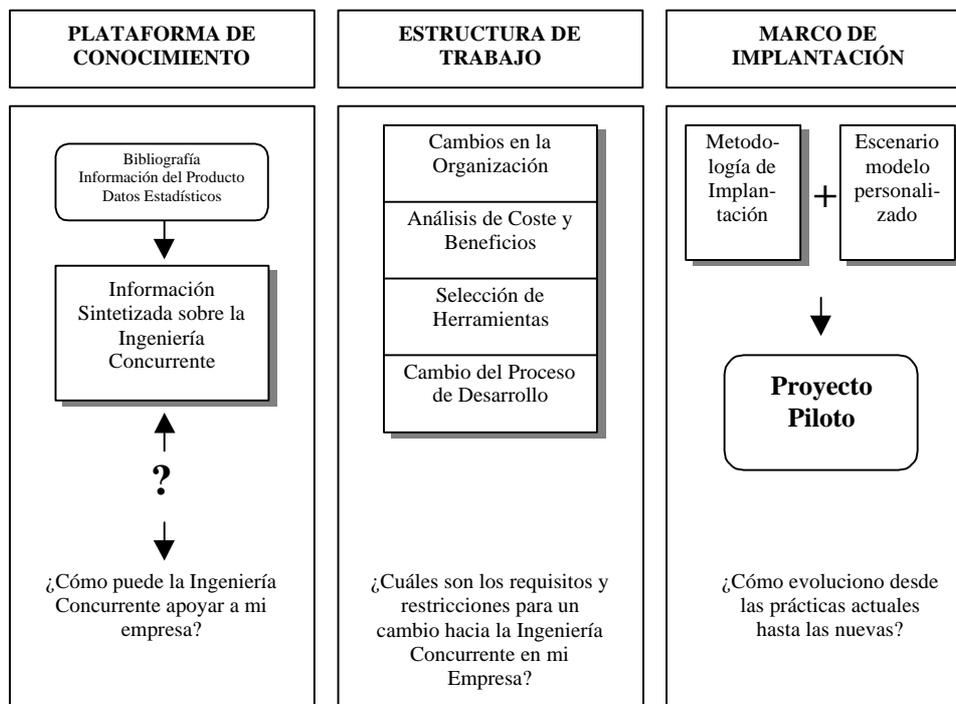


Figura 5.15. Áreas de Interés del proyecto PACE.

El propósito de la **plataforma de conocimiento** (Figura 5.15) consiste en facilitar toda la información apropiada sobre la IC. La necesidad de esta plataforma deriva de la diseminación de la información, motivada por la implicación de muchas disciplinas en un campo tan dinámico. La plataforma pretende obtener o capturar la información sobre los desarrollos teóricos del producto, los estándares utilizados, las prácticas realizadas y su gestión, utilizando para ello un modelo conceptual que abarca todo el dominio de la IC. La

representación de la información se realiza por medio de hechos y sus relaciones, como en los sistemas de hipertexto.

La función de la plataforma de conocimiento es facilitar de forma actualizada toda la información generada por cada una de las herramientas de la estructura de trabajo. Por ejemplo, la función de “selección de herramientas” utiliza la plataforma de conocimiento para almacenar la información relevante de los sistemas de apoyo para la ingeniería asistida por ordenador.

La **estructura de trabajo** proporciona apoyo para la toma de decisiones en la fase de planificación del proyecto de implantación. Comprende un conjunto de herramientas informáticas, así como material didáctico, entre las que se encuentran cursos, directrices y cuestionarios. Los elementos individuales de la estructura de trabajo proporcionan apoyo a las siguientes funciones:

- Selección de herramientas.
- Construcción del equipo.
- Modelado y análisis de la estructura organizativa.
- Modelado y análisis de las estructuras de comunicaciones e información.
- Medidas y definiciones de los indicadores.
- Análisis de coste y beneficios.

La última área, el **marco de implantación** comprende una metodología de implantación genérica y personalizable [Pawar, 95]. Los resultados serán aplicados, evaluados y refinados desde los proyectos pilotos en cuatro empresas Europeas.

Los objetivos y tareas del proyecto, están explícitamente orientados hacia la distribución de resultados prácticos aplicables a la industria. Aunque los resultados están fundamentalmente basados en la utilización de las tecnologías de la información, la finalidad es proporcionar herramientas simples y fáciles de utilizar por usuarios no expertos.

El marco de implantación se ha establecido a través de ciertos estudios sobre la situación actual e identificando áreas problemáticas en la implantación del cambio. Su interpretación se llevó a cabo a través de diagramas de radar, comparaciones y tablas, y se analizaron factores relacionados con el nuevo proceso de desarrollo de producto, los recursos, las relaciones con los suministradores, indicadores y mecanismos de comunicación [PACE, 97]. El resultado de todo este estudio ha sido un marco de implantación en siete etapas (Figura 5.16), que comprenden diversas actividades:

1.- Desarrollar una estrategia. Algunas ideas de implantación de IC pueden estar presentes en la empresa, pero debe formularse una estrategia desde la alta dirección antes de proceder al cambio.

2.- Evaluar. Analizar la situación actual cuantitativa y cualitativamente auditando los recursos disponibles, herramientas y técnicas. La evaluación a realizar puede incluir referencias, herramientas de asesoramiento, cuestionarios o indicadores.

3.- Crear la cultura. Sin el apoyo debido y la comprensión, la implantación fallará. Es importante crear una buena atmósfera que reportará resultados y deseo de éxito. Se deben tomar ciertas medidas para conseguir un apoyo total.

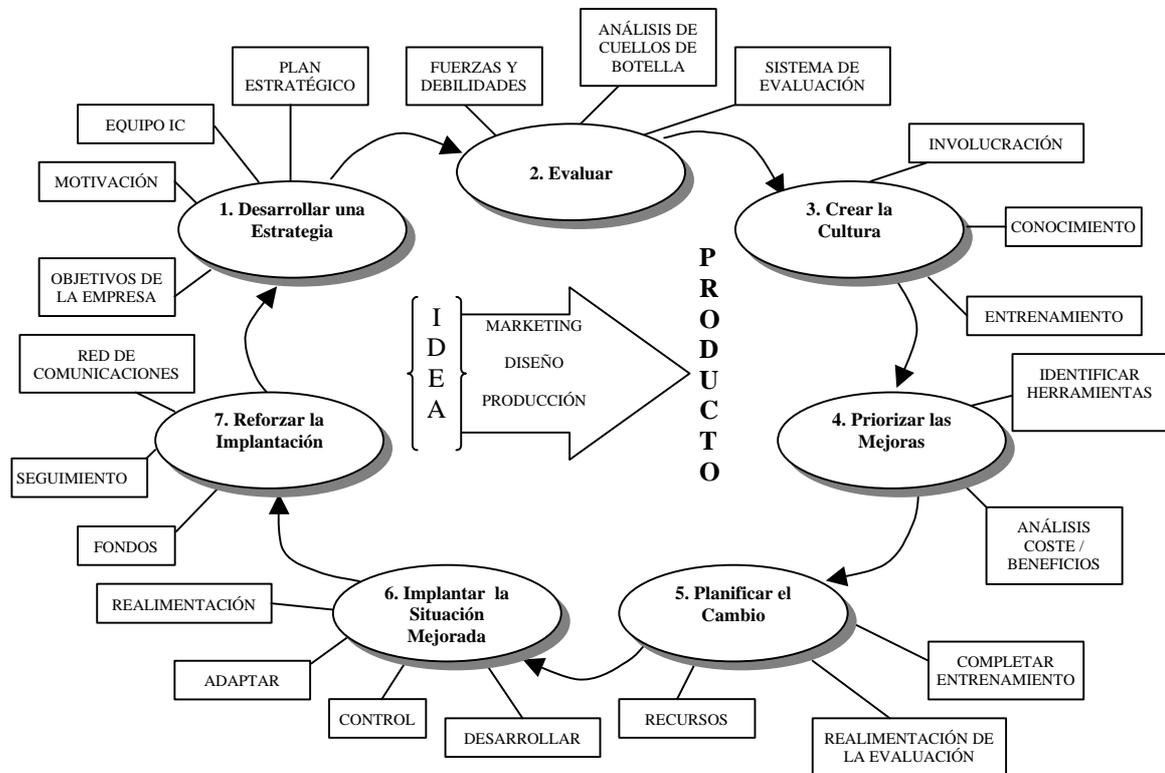


Figura 5.16. Marco de Implantación PACE.

4.- Priorizar las mejoras. Cuando se considera un cambio, no todas las opciones serán posibles y ciertos caminos pueden parecer ideales a primera vista. Se debe, por tanto, seleccionar aquella que suponga la mejora pero con una transición que minimice el riesgo.

5.- Planificar el cambio. Para conseguir el éxito es esencial una planificación cuidadosa y apropiada. Partiendo de la priorización de mejoras, el líder y los miembros del equipo utilizan sus resultados para establecer el plan de acción.

6.- Implantar la situación Mejorada. Este paso es, fundamentalmente, el núcleo de la implantación

7.- Reforzar la Implantación. En esta última fase se necesita un gran esfuerzo para evitar el regreso al comportamiento anterior.

5. 8. Otros Proyectos de Investigación alrededor de la IC.

Para completar el estudio sobre el estado del arte, pasamos a exponer brevemente los diversos proyectos de investigación desarrollados en el ámbito europeo que contemplan estudios alrededor de la IC. La mayoría de ellos se encuentran dentro del programa ESPRIT de “Integración en la Fabricación” (ESPRIT, *Integration in Manufacturing*), y más concretamente en el subprograma de “Ingeniería Concurrente y Avanzada” (*Advanced and Concurrent Engineering*) [ESPRIT, 98].

Las actividades de I+D en el área de “Ingeniería Concurrente y Avanzada”, contribuyen básicamente al desarrollo de las infraestructuras de comunicación, permitiendo la transición de la ingeniería tradicional a la IC. Tal y como podemos ver en la Tabla 5.14, se han realizado proyectos en distintos campos de la ingeniería tratando de adaptar esta nueva filosofía.

En el campo del diseño de productos mecánicos, electrónicos y electromecánicos se han desarrollado proyectos de sistemas CAD/CAM como: **CEDAS** (centrado en los sistemas de diseño de circuitos impresos), **FIRES** (modelado sólido para diseños complejos), **SEPADES** (sistema basado en el conocimiento para diseño de productos de chapa) y **SCOPES** [SCOPES, 98] (familias de ensamblajes mecánicos, electromecánicos y electrónicos).

En la disciplina de los proyectos de diseño de plantas industriales y de construcciones civiles, se han desarrollado proyectos utilizando bases de datos distribuidas que permiten a los equipos trabajar individualmente con capacidad para acceder a los datos más relevantes. Así encontramos proyectos como: **REMAP** (mejora del proceso de diseño de plantas industriales realizado por consorcios internacionales), **TOCEE** [ToCEE, 98] (establecimiento de una metodología general de diseño incluyendo planificación y gestión de recursos) y **COMBI** (integración del proceso definiendo una estructura común de capas y atributos orientada a objetos mas un sistema de ayuda a la toma de decisiones basado en el conocimiento).

En cuanto al ámbito de la ingeniería a gran escala, que implica a pequeñas y medianas industrias, encontramos proyectos como: **COWORK** [COWORK, w3] (entornos distribuidos de ingeniería para el sector metal mecánico), **VEGA** [VEGA, 97] (desarrollo de una infraestructura de comunicación para operaciones técnicas y comerciales) y **ATLAS**. El proyecto **ELSEWISE** [ELSEWISE, 96] es uno de los más ambiciosos pues busca que empresas de los sectores de la construcción, de la ingeniería civil, del diseño de plantas de procesos, de la energía o de infraestructuras para el transporte consigan los máximos beneficios de las nuevas tecnologías de la información y comunicación.

Estos proyectos han buscado la integración virtual de diversas empresas a través de las comunicaciones vía internet e intranets desarrollando un nuevo concepto conocido como la Empresa Concurrente (*Concurrent Enterprise*).

Proyecto ESPRIT n°	Acrónimo	Título	Comienzo	Duración
6090	FIRES	Feature_Based Integrated Rapid Engineering System	01-Jul-92	37 meses
6562	SCOPES	Systematic Concurrent Design of products, Equipments and control Systems	01-Jul-92	37 meses
6609	COMBI	Computer Integrated Object-Oriented Model for the building Industry	01-Oct-92	39 meses
6742	SEPADES	Advanced Sheet-Metal Part Design System	01-Jun-92	38 meses
6896	CONSENS	Concurrent and Simultaneous Engineering System	26-May-92	38 meses
7280	ATLAS	Architecture, Methodology and Tools for Computer-Integrated Large-Scale Engineering	18-May-92	42 meses
8148	ADVANCE	Advancing common Basic Services for Distributed Concurrent Engineering Applications	01-Sep-96	33 meses
20270	REMAP	Distributed Revision Management in Plant Design	01-En-96	36 meses
20408	VEGA	Virtual Enterprise Using GroupWare Tools and Distributed Architecture	01-En-96	36 meses
20501	CEDAS	Concurrent Engineering Design Advisor System	01-Nov-95	36 meses
20587	TOCEE	Towards a Concurrent Engineering Environment in the Building and Engineering Structures Industry	01-En-96	36 meses
20876	ELSEWISE	European LSE Wide Integration Support Effort	01-Jul-96	24 meses
22167	ADCOMS	Advanced Configuration Management System	01-Sep-96	36 meses
25285	AIT-IP2	AIT-Integration Platform. Second Phase.	01-Sep-96	15 meses
25360	COWORK	Concurrent Project Development IT-Tools for SME Networks	01-Nov-96	36 meses
25946	CE-NET	Concurrent Engineering Network of Excellence	01-Sep-96	18 meses

Tabla 5.14. Proyectos Europeos alrededor de la IC.

Otros proyectos buscan desarrollar sistemas que incluyan los servicios y herramientas necesarios para apoyar el esfuerzo colaborativo en el proceso del desarrollo de productos industriales de sectores altamente tecnológicos. Sectores como el aerospacial y el de automoción que necesitan proyectos que contemplen los servicios de ingeniería avanzada tales como la distribución de la información, la gestión de documentos, gestión del cambio, control de las versiones, control del proceso, coordinación el equipo o herramientas de ayuda al diseño basadas en el conocimiento.

En esta línea encontramos proyectos como **ADVANCE** [ADVANCE, 96], **ADCOMS**, **AIT-IP2** [AIT, 97] (implantación piloto en un entorno industrial de ADCOMS) y **CONSENS** [CONSENS, 92].

Finalmente, uno de los proyectos de ámbito más general es el denominado **CE NET** [CENET, 97] que trata de suplir la falta de coordinación entre los distintos proyectos de desarrollo de IC llevados a cabo por la industria, por las universidades y por empresas. El objetivo es proporcionar una comunicación efectiva sobre las herramientas y técnicas disponibles para la implantación de IC, integrando los proyectos europeos de investigación y desarrollo en esta línea.

5. 9. Análisis de las Metodologías de Implantación.

En los apartados anteriores hemos podido analizar distintas propuestas de implantación de entornos de IC, realizadas por diversas universidades, centros de investigación o corporaciones privadas.

Las propuestas surgen para asesorar a las empresas en la transición hacia estos entornos de trabajo más competitivos. Es obvio que todas tienen un objetivo común, acercar la empresa a los modelos de excelencia, y ello mediante la innovación del proceso de desarrollo de producto. Sin embargo, presentan ciertas diferencias en cuanto al contenido de sus propuestas y sus planteamientos.

Existen algunas propuestas que plantean un marco genérico para implantar el entorno de la IC, pero no definen claramente qué acciones se deben llevar a cabo. Por el contrario, hay propuestas que detallan qué aspectos tienen que estudiarse para evaluar la situación actual de la empresa y cuál debería ser el escenario deseado, aunque no se fijan en definir los pasos que se deben seguir para establecer ese entorno futuro. Por tanto, no podemos evaluar de la misma manera estas propuestas pues no están al mismo nivel.

En cualquier caso, para el desarrollo de esta disertación consideramos que es importante realizar un análisis comparativo de las distintas propuestas. En primer lugar desde un punto de vista que contemple los aspectos generales y en segundo lugar centrándonos en los aspectos particulares como, por ejemplo, los sistemas de indicadores de evaluación del proceso de desarrollo del producto.

Siguiendo esta línea realizaremos un análisis de las metodologías respecto del modelo básico de reingeniería de procesos, que contempla las etapas básicas que deben ejecutarse para conseguir la transformación en la empresa. Después analizaremos las auditorías del proceso de desarrollo de producto, propuestas por ciertas metodologías, respecto del modelo de excelencia de NGM.

El modelo NGM nos servirá de referencia para comprobar si los sistemas de evaluación de estas metodologías orientan el proceso de desarrollo de producto hacia los nuevos modelos de excelencia empresarial, como *Malcolm Baldrige* o *EFQM*, y en concreto las propias de la industria manufacturera.

5. 9. 1. Análisis de las Metodologías respecto al Modelo Básico de Reingeniería.

La evaluación de los aspectos generales de cada una de las propuestas de implantación de entornos de Ingeniería Concurrente se realizará teniendo en cuenta la metodología básica de reingeniería propuesta en el capítulo 4 (Tabla 4.6). En ella se muestran las cinco etapas básicas que debe contemplar cualquier metodología de reingeniería con los objetivos básicos que se deben cumplir. De esta forma podremos evaluar si las distintas metodologías de implantación de entornos de IC siguen las pautas generales, tratando de valorar aquello que por significativo merezca nuestra consideración.

En este sentido, **RACE** realiza una propuesta basada fundamentalmente en las cuatro primeras etapas de la reingeniería de procesos. Sus principales aportaciones las encontramos en la primera etapa de ‘Conocimiento’ de la empresa en la que se determinan las directrices globales, analizando la planificación estratégica a largo plazo, y en la etapa de ‘Análisis de la Situación’. De esta manera se identifican inicialmente los resultados que determinarán las necesidades de cambio sobre ciertos procesos (Figura 5.2). En esta primera etapa RACE se preocupa por el estudio de casos de la empresa y del análisis del proceso de desarrollo de producto utilizando técnicas de modelización, en concreto propone para ello IDEF0.

La segunda aportación representativa que realiza RACE es el sistema de indicadores de evaluación del proceso de desarrollo de producto y su gráfico en forma de radar, que permite visualizar el grado de cambio de ciertos elementos. RACE enfatiza sobre la utilización de las nuevas metodologías de diseño y de las tecnologías de la información como medios para conseguir el desarrollo de la Ingeniería Concurrente, y aporta una serie de indicadores de proceso para controlar el desarrollo concurrente de producto, conforme se realiza la transformación.

Podemos afirmar que el sistema de indicadores de RACE ha sido una de las contribuciones más significativas a la hora de establecer los elementos de análisis para el proceso de desarrollo de productos.

El trabajo posterior de **RACE II** propone una serie de modificaciones sobre el sistema de evaluación de la situación actual de RACE. Esta metodología formaliza un procedimiento mejorado para establecer las directrices de la empresa, incluyendo en la primera etapa de reingeniería a especialistas en tecnologías de la información (Figura 5.6).

La otra aportación destacable que realiza RACE II nace del análisis del sistema de evaluación original de RACE y contempla dos nuevos elementos críticos para así permitir su extensión a empresas manufactureras de bienes de consumo.

CESD también está basada en RACE pero se centra exclusivamente en las tres etapas centrales del proceso de reingeniería (entendimiento, rediseño del proceso, y proyecto piloto). CESD considera decisivo el proyecto piloto para una correcta implantación de la IC, por lo que para simplificar el análisis de la situación actual a las empresas propone una única dimensión en su sistema de evaluación.

Para facilitar la planificación del cambio CESD propone utilizar una técnica, basada en el despliegue de la función de calidad, que denomina ‘matriz de acciones’. Sobre esta matriz el comité de dirección puede determinar el grado de importancia que tiene el realizar ciertas actuaciones para mejorar la posición respecto a los criterios clave del sistema de evaluación IC. Cabe destacar la importancia que para CESD tiene la formación del equipo en cuanto a los aspectos humanos, centrandose sobre ella toda su atención.

Carter y Baker inciden en que es necesario analizar una serie de indicadores de nivel estratégico en la primera etapa considerando las cinco *fuerzas que someten a cambios a la empresa*. Los resultados sobre estos indicadores son los que condicionarán a la empresa el inicio del proceso de cambio.

La principal aportación de Carter y Baker radica en los dos sistemas de evaluación, diferentes para la determinación de la situación actual y del estado deseado. Estos sistemas permiten de una manera sencilla determinar el nivel de cambio requerido; la dirección de la empresa puede identificar cuál sería el escenario con un entorno de IC y tomar así las decisiones adecuadas para planificar el cambio.

La metodología de Carter y Baker ayuda a la dirección a establecer las prioridades para realizar mejoras, fijándose en un modelo equilibrado para el estado deseado que transformará el proceso en toda la empresa de una forma gradual y armónica.

La metodología del **Centro CIM** de Cranfield propone una simplificación del proceso de reingeniería en tres etapas. Su aportación a la metodología general plantea la identificación y el entendimiento de los procesos como una única etapa; en esta la alta dirección comprende la necesidad de implantar la IC y define cómo debe ser el nuevo proceso proponiendo un proyecto piloto y el equipo. La atención se centra ahora en la segunda etapa la implantación del proyecto piloto de IC donde se definen las responsabilidades y se forma al equipo. En función del éxito del proyecto piloto se propone una tercera etapa para expandir a toda la empresa la filosofía de la IC a partir de los resultados obtenidos.

Por el contrario, la metodología de **PACE** fracciona en siete etapas el proceso de reingeniería. PACE propone formar e involucrar a las personas en el rediseño a través de la etapa ‘Crear una cultura’; posteriormente se ‘Priorizan las mejoras’ y se ‘Planifica el cambio’.

Podemos decir que la aportación más relevante de PACE radica en la etapa de crear la cultura, para la cual utiliza su *Plataforma de Conocimiento* y la *Estructura de Trabajo* (Figura 5.15). En esta etapa crea el clima adecuado y en la de priorización se realiza el análisis de costes que supone la implantación y se seleccionan las herramientas necesarias. Finalmente, otra de las aportaciones consiste en incorporar una etapa exclusivamente para realimentar el proceso de implantación.

Para finalizar este análisis global hemos tratado de reflejar, a modo de resumen en una tabla, en qué se fijan, y en qué no, cada una de las metodologías respecto del modelo básico de reingeniería. De esta manera podemos evaluar las ventajas y desventajas de cada una, para así poder seleccionar posteriormente las aportaciones más significativas y ver en que medida alguna de ellas es la más adecuada para nuestro objetivo, facilitando la definición de una metodología propia de implantación.

El método de evaluación asigna los siguientes valores:

- Un signo positivo (+) si la metodología contempla explícitamente el elemento crítico de la etapa y se centra en él.
- En el otro extremo asignaremos un signo negativo (-) a aquél elemento al que la metodología no hace referencia explícita y concisa.

En la Tabla 5.15, se puede observar dicho cuadro resumen, con las aportaciones de cada una de las metodologías analizadas. En dicha tabla podemos observar fácilmente los puntos de atención de cada metodología respecto del proceso de básico de reingeniería. Sobre la misma se han remarcado aquellas áreas sobre las que muestran especial interés cada una de las metodologías. Al final de la tabla se refleja el grado porcentual de cumplimiento de cada etapa de reingeniería para indicar hasta qué punto es una propuesta completa y equilibrada.

Si nos fijamos en la misma y a la vista de los resultados podemos considerar que las propuestas de RACE y Carter y Baker son las más equilibradas al contemplar todas las etapas y objetivos de la reingeniería. PACE y el Centro CIM realizan propuestas muy generales que pueden ayudarnos en la propuesta general pero no exponen el sistema de evaluación que utilizan para analizar el proceso.

Como quiera que en nuestra disertación pretendemos realizar ciertas propuestas concretas de los sistemas de indicadores estratégicos y de un sistema de indicadores de evaluación, vamos a centrarnos en RACE y Carter y Baker comparando cuál es el que más se ajusta a los nuevos modelos de excelencia.

Además, en el análisis de las propuestas deberemos tener en cuenta a qué tipo de empresas se orientan (sector al que pertenecen), de qué tamaño (grandes, medianas o pequeñas) y qué tipo de producto fabrican.

Etapas de Reingeniería de Procesos	Metodologías de Implantación de IC					
	RACE	RACE II	CESD	C&B	Cranfield	PACE
Identificación de los Niveles de Cambio.						
Determinar la Estrategia	+	+	-	+	+	+
Analizar los Indicadores Estratégicos	+	+	-	+	-	+
Desarrollar la Visión por Procesos	+	+	-	+	-	+
Priorizar las Mejoras	+	+	-	+	+	+
Entendimiento del Proceso.						
Analizar el Proceso	+	+	+	+	-	+
Indicadores Evaluación Situación Actual	+	+	+	+	-	-
Indicadores Evaluación Estado Deseado	-	-		+	-	-
Rediseño del Proceso.						
Realizar Nuevo Modelo del Proceso	+	-	-	-	+	-
Metodologías de Trabajo	+	+	+	+	+	+
Tecnologías de la Información	+	+	+	+	+	+
Sistema de Indicadores de Proceso	+	-	-	-	-	+
Identificar las barreras	-	+	-	-	-	-
Planificar el Cambio	+	+	+	+	+	+
Desarrollo de Proyectos Piloto.						
Formar al Personal	+	-	+	+	+	+
Prever Modos de Fallo en Implantación	-	-	+	-	+	-
Realizar un Proyecto Piloto	+	-	+	-	+	+
Transformación del Proceso en la Empresa						
Analizar el proyecto piloto	+	-	-	+	+	+
Definir el plan de implantación	+	-	-	+	+	+
Adaptar la cultura de la organización	+	-	+	+	+	+
Mejorar las infraestructuras	+	-	-	+	+	+
Resultados	Grado de Cumplimiento					
Identificación de los Niveles de Cambio.	100%	100%	0%	100%	50%	100%
Entendimiento del Proceso	66%	66%	66%	100%	33%	33%
Rediseño del Proceso.	100%	67%	50%	50%	67%	67%
Desarrollo de Proyectos Piloto.	66%	0%	100%	33%	100%	66%
Transformación del Proceso en la Empresa	100%	0%	0%	100%	100%	100%

Tabla 5.15. Aportaciones de cada metodología en el proceso básico de reingeniería.

5. 9. 2. Análisis de los Sistemas de Evaluación respecto del Modelo NGM.

Las metodologías de implantación de entornos de IC expuestas anteriormente podremos considerarlas más robustas si, además de proponer un marco global de implantación, realizan una propuesta concreta orientada a la evaluación del proceso de desarrollo de producto.

Entendemos que este sistema de indicadores de evaluación es de máximo interés ya que permitirá comparar el proceso actual de desarrollo de producto respecto a los pilares básicos que soportan un entorno de IC. De esta forma podremos cuantificar y cualificar el nivel de cambio necesario en la empresa para conseguir un proceso concurrente de desarrollo de producto. Justamente, merecerán especial atención aquellas propuestas que, dentro de la etapa de '*Entendimiento de los Procesos*' de la metodología básica de reingeniería, definan un sistema de indicadores de evaluación.

Las metodologías susceptibles de análisis en este apartado son RACE, RACE II, CESD y Carter y Baker. En cuanto a los sistemas de evaluación, la diferencia fundamental entre las tres primeras metodologías radica en que RACE y RACE II analizan la IC valorando niveles de madurez en las dimensiones de Proceso y Tecnología, mientras que CESD valora la frecuencia de actividades realizadas en equipo en una única dimensión. Así pues, esta última propuesta incide menos en las tecnologías de la información y más en los equipos humanos.

No incluiremos pues un análisis comparativo de los sistemas de evaluación RACE II y CESD respecto de NGM, porque realizan modificaciones poco sustanciales sobre el modelo inicial de RACE. De esta forma, evaluaremos únicamente las propuestas que hacen RACE y Carter y Baker por ser las más diferenciadas.

Decidir cuál de los dos sistemas de evaluación es el más adecuado se convierte en un trabajo difícil. Por ello, y siguiendo con la línea propuesta desde el principio, los compararemos con el modelo NGM para identificar si permiten orientar la evaluación del proceso teniendo presente los últimos modelos de excelencia.

En el primer capítulo se expuso que el modelo NGM proponía una serie de imperativos (Figura 1.10) que son los que permitían alcanzar los atributos de la empresa de nueva generación y satisfacer así los criterios de excelencia.

Imperativos que hacían referencia a diez áreas de máximo interés para las empresas, que debían de ser independientes y que debían potenciarse simultáneamente para conseguir el máximo rendimiento.

En este sentido podemos entender que el sistema de evaluación de los procesos de la empresa debe contemplar estos imperativos, y sus interacciones, para conseguir un proceso concurrente de desarrollo de producto alineado con los modelos de excelencia.

Profundizando un poco más, cabe decir que el modelo NGM define una serie de criterios clave (Tabla 5.16) para cada uno de los imperativos y puntualiza que la empresa del futuro debe incorporarlos a la vez equilibrando las necesidades y los recursos de la organización.

Modelo NGM	
IMPERATIVOS	Criterios Clave
<i>Imperativos relacionados con los Recursos Humanos.</i>	
Flexibilidad en el Trabajo.	Valoración del esfuerzo individual. Formación continua. Liderazgo y delegación de autoridad. Individuos, empresa y comunidad como partes de un todo.
Conocimiento de la Cadena de Valor.	Minimizar la falta de conocimiento dentro de la cadena de valor. Mejora del proceso de adquisición del conocimiento.
<i>Imperativos relacionados con los Procesos.</i>	
Realización Rápida de Productos y Procesos.	El cliente es parte del equipo de desarrollo de producto. Utilizar una estrategia de gestión bien definida. Utilizar integradamente las actuales Tecnologías de la Información. Utilizar equipos Multidisciplinares formados en el desarrollo integrado de producto. Maximizar la utilización del conocimiento y la experiencia de los empleados. Utilizar sistemas de indicadores para controlar todo el proceso.
Gestión de la Innovación.	Iniciar cambios para motivar a los empleados e incrementar el nivel de innovación. Desarrollar sistemas de medidas y recompensas.
Gestión del Cambio.	Dirección estratégica. Cultura organizativa. Gestión por procesos. Comportamiento en las tareas individuales.
<i>Imperativos relacionados con la Tecnología.</i>	
Procesos y Equipamiento de Fabricación de la Próxima Generación.	Evaluar los nuevos procesos y equipos, anticipándose al cambio de las necesidades de los clientes. Mejorar la comprensión corporativa de los procesos de fabricación. Promocionar y emplear personas capaces y motivadas como miembros de equipos para optimizar los procesos de fabricación. Potenciar el trabajo en equipo. Desarrollar estándares en equipos y herramientas para comunicar, almacenar y extraer información sobre el proceso de fabricación.
Simulación y Modelización presente en Toda la Organización.	La empresa, incluyendo todas sus organizaciones, debe ser modelada y simulada antes de iniciar la producción. La modelización y la simulación permitirán ganar en conocimiento y experiencia en los procesos y en la producción. Ambas técnicas serán claves para mercadotecnia, así como para la realización del producto, y supondrán una base para la industria de productos y servicios.
Sistemas de Información Dinámicos y de Rápida Respuesta.	Creación de herramientas con módulos funcionales. Establecer estándares uniformes para las interfaces de datos. Establecer protocolos de comunicación a alta velocidad. Desarrollar un marco o infraestructura para futuros desarrollos.
<i>Imperativos relacionados con la Integración.</i>	
Colaboración Empresarial en Todos los Ámbitos.	Competitividad entre los diferentes eslabones de la cadena de valor y no entre las propias empresas que la componen. Trabajo en equipo y alianzas estratégicas con diferentes empresas. Las empresas colaboran entre sí y se complementan para afrontar las oportunidades del mercado.
Integración Empresarial.	Conjunto consistente de estrategias, conceptos y valores que guiarán los actuales negocios y los procesos relacionados con el producto. Gestión eficiente de los bienes físicos, financieros y de recursos humanos junto con infraestructuras que permitan unirlos alrededor de los procesos. Desarrollar prácticas y tecnologías para superar las barreras.

Tabla 5.16. Criterios Clave de los imperativos de NGM [NGM, 99].

Como podemos observar, dentro de los imperativos de NGM relacionados con los Procesos, el imperativo de 'Realización rápida de Productos y Procesos' contempla los aspectos clave de la Ingeniería Concurrente:

- El **Ciente** como parte del equipo de desarrollo de producto.
- Utilizar **Sistemas de Gestión** bien definidos.
- Utilizar las actuales **tecnologías de la información** de forma integrada.
- Utilizar **equipos multidisciplinares** formados para el desarrollo integrado de productos.
- Maximizar la utilización del **conocimiento** y la **experiencia** de los empleados.
- Utilizar **sistemas de indicadores** para controlar el proceso completo.

Por ello, la IC será el medio que nos permitirá conseguir mejoras en este imperativo y acercarnos a los criterios de excelencia. Sin embargo, la IC contempla otra serie de aspectos contenidos en el resto de los imperativos, por lo que otros criterios clave de los demás imperativos deben merecer nuestro interés para así integrar adecuadamente el proceso de desarrollo de producto.

Según NGM los imperativos están interrelacionados entre sí creándose una serie de interdependencias (Tabla 5.17), por lo que el imperativo de 'Realización Rápida de Productos y Procesos' necesita de los otros nueve imperativos para conseguir sus metas y objetivos.

Nuestra disertación se centrará entonces en la evaluación del imperativo de Procesos 'Realización Rápida de Productos y Procesos' analizando también el cumplimiento de otros imperativos relacionados con la Gestión de la Innovación y del Cambio. En la Tabla 5.16 se han remarcado aquellos criterios clave de cada uno de los imperativos que consideramos fundamentales para evaluar el grado de cumplimiento de la IC.

Sobre la base de los criterios claves remarcados centraremos nuestro análisis de los sistemas de evaluación de las dos metodologías y estudiaremos qué aportaciones realizan en este sentido. Estos criterios clave son los que permiten conseguir, desde el desarrollo de producto, los atributos de la empresa de la próxima generación y, por ello, las evaluaciones deben ir en la línea de analizar el grado de cumplimiento de estos imperativos.

Cabe destacar que las metodologías de evaluación son anteriores al modelo NGM, por lo que no necesariamente debe de existir una correlación total de los sistemas de evaluación con los imperativos. Sin embargo, el modelo NGM se realimenta de toda esta serie de propuestas y refleja una perspectiva más amplia.

Para realizar el análisis hemos supuesto que, todos los imperativos tienen el mismo peso específico y se ha verificado si el sistema de evaluación cumple la mayoría de los criterios clave en negrita de la tabla, aunque sin desestimar la influencia del resto.

	Recursos Humanos		Procesos			Tecnología			Integración	
	Flexibilidad Trabajo	Cadena de Valor	Realiz. Rap. de Prod. Proc.	Gestión de la Innovación	Gestión del Cambio	Procesos y Equipamiento	Simulación y Modelización	Sistemas de Información	Colaboración Empresarial	Integración Empresarial
Impacto en el resto de Imperativos →										
Imperativos										
Flexibilidad en el Trabajo	-	●	▷	●	●	▷	○	▷	●	●
Conocimiento de la Cadena de Valor	●	-	▷	●	▷	▷	○	▷	○	●
Realización Rápida de Productos y Procesos	▷	▷	-	▷	▷	●	●	●	●	●
Gestión de la Innovación	▷	▷	●	-	●	●	○	▷	●	▷
Gestión del Cambio	●	○	●	●	-	○	○	○	●	○
Procesos y Equipos	▷	▷	●	○	○	-	●	●	●	●
Modelización y Simulación	▷	○	●	▷	●	●	-	▷	●	▷
Sistemas Informáticos	●	●	●	▷	▷	●	●	-	●	●
Colaboración empresarial	●	●	●	▷	▷	▷	▷	●	-	●
Integración Empresarial	●	●	●	▷	●	●	●	●	●	-

Tabla 5.17. Impacto de cada Imperativo de NGM sobre el resto. (●=Impacto fuerte, ▷=Impacto moderado, ○=Impacto débil) [NGM, 99].

En el análisis estableceremos la correlación existente entre los elementos críticos o factores clave, su definición y la evaluación que realiza de los imperativos. Esta correlación podrá ser:

Fuerte, si el sistema de evaluación contempla explícitamente la mayoría de los criterios clave de un imperativo (el 75% de las preguntas evalúan el/los criterios clave dependiendo del imperativo).

Moderada, si el sistema de evaluación contempla alguno de los criterios clave de un imperativo (el 50% de las preguntas evalúan el/los criterios clave).

Débil, si el sistema de evaluación no contempla ningún concepto clave de un imperativo (menos de un 25% de las preguntas evalúan el/los criterios clave).

5. 9. 2. a. Análisis de la auditoría de RACE respecto de NGM.

El sistema de evaluación de RACE establece una serie de estados de madurez diferentes para los elementos críticos de la dimensión de proceso y de tecnología, correspondiendo una pregunta del cuestionario a cada uno de los estados de madurez.

En la Tabla 5.18 se muestra la correlación obtenida entre los Elementos Críticos de RACE y los Imperativos de NGM. Una correlación que se realizó analizando los criterios clave de cada elemento crítico y sus preguntas, comprobando qué criterios clave contemplaba de cada imperativo.

RACE ELEMENTOS CRÍTICOS	Imperativos NGM									
	Recursos Humanos		Procesos			Tecnología			Integración	
	<i>Flexibilidad Trabajo</i>	<i>Cadena de Valor</i>	<i>Realiz. Rap. de Prod. Proc.</i>	<i>Gestión de la Innovación</i>	<i>Gestión del Cambio</i>	<i>Procesos y Equipamiento</i>	<i>Simulación y Modelización</i>	<i>Sistemas de Información</i>	<i>Colaboración Empresarial</i>	<i>Integración Empresarial</i>
Proceso										
Punto de Vista del Cliente.	○	◐	●	○	○	○	○	○	○	○
Punto de Vista del Proceso.	○	●	●	○	○	◐	○	○	○	○
Estrategias para la Formación y Desarrollo de Equipos.	●	○	●	○	◐	◐	○	○	○	○
Acomodación de los Equipos dentro de la Organización	●	○	◐	○	●	●	○	○	○	○
Sistemas de Gestión	○	◐	○	●	○	○	○	○	○	●
Mecanismos para el Desarrollo Rápido del Producto	○	○	●	○	○	●	●	◐	○	◐
Agilidad	◐	◐	○	○	●	◐	◐	○	○	◐
Liderazgo	●	○	○	◐	○	○	○	○	○	○
Disciplina	●	◐	◐	○	●	○	○	○	○	○
Tecnología										
Herramientas de Aplicación.	○	○	◐	○	○	○	●	●	○	◐
Comunicación.	○	○	◐	○	○	◐	○	●	○	◐
Coordinación.	○	○	◐	○	○	◐	○	●	○	◐
Distribución de la información.	○	○	◐	○	○	◐	○	●	○	◐
Integración	○	○	◐	○	○	◐	◐	●	○	●

Tabla 5.18. Elementos Críticos del Sistema de Evaluación de RACE frente a los Imperativos de NGM. (●=relación fuerte, ◐=relación moderada, ○=relación débil).

Analizando los resultados podemos observar que el sistema de evaluación de RACE cubre la mayoría de los imperativos de NGM, resaltando el imperativo de ‘Sistemas de Información’ respecto de los demás.

Los elementos de la dimensión Proceso cubren básicamente el imperativo de ‘Realización rápida de Productos y Procesos’ y abarcan también los de ‘Flexibilidad en el Trabajo’, ‘Gestión del Cambio’ y ‘Gestión de la Innovación’. Aunque en este último imperativo no se profundiza especialmente.

En este sentido cabe recordar que, para reforzar el análisis de ‘Gestión de la Innovación’ RACE II aportaba un nuevo elemento crítico, *Despliegue de la Estrategia*, que evaluaba la estrategia de diseño del producto de la empresa.

Por otra parte, RACE analiza con detalle todos los aspectos referidos a las tecnologías de la información a partir de los elementos críticos de la dimensión Tecnología. Ello es debido a que considera crucial desarrollar la IC desde un enfoque de trabajo en equipo basado en estas tecnologías (segundo enfoque de trabajo en equipo, ver 3.3.1.), por las que se accede a la Ingeniería Colaborativa (Figura 3.19), aunque detectamos que deja sin resolver explícitamente el imperativo de ‘Colaboración empresarial’

Esto último supone un pequeño vacío en su sistema de evaluación pues analiza con profundidad la utilización de herramientas para conseguir la Ingeniería Colaborativa para el equipo pero no contempla los aspectos organizativos y estratégicos entre empresas. Por otra parte, la relación de los elementos críticos de tecnología con el imperativo de ‘Realización rápida de Productos y Procesos’ es moderada.

Por tanto, podemos considerar que inicialmente el sistema de evaluación del proceso de desarrollo de producto de RACE está orientado hacia los modelos de excelencia, aunque no desarrolla especialmente aspectos importantes a los que ya hemos hecho mención. Ahora bien, cuestión aparte es valorar si el procedimiento utilizado puede ser de interés para la evaluación en pequeñas y medianas empresas.

5. 9. 2. b. Análisis de la auditoría de Carter y Baker respecto de NGM.

La metodología de implantación de Carter y Baker propone un sistema de evaluación basado en el nivel de esfuerzo de trabajo en equipo. Recordemos que la aportación más importante radica en que el sistema contempla cuatro dimensiones de la empresa que es necesario equilibrar para conseguir el entorno de IC.

En la Tabla 5.19 podemos observar el análisis comparativo del sistema de evaluación de Carter y Baker respecto de NGM. En este análisis comparativo evaluamos si los Factores Clave, y las preguntas establecidas, contemplan los imperativos de NGM y sus criterios clave.

Carter&Baker FACTORES CLAVE	Imperativos NGM									
	Recursos Humanos		Procesos			Tecnología			Integración	
	Flexibilidad Trabajo	Cadena de Valor	Rap. Prod. Proc.	Gestión de la Innovación	Gestión del Cambio	Procesos Equipamiento	Simulación y Modelización	Sistemas de Información	Colaboración Empresarial	Integración Empresarial
Organización										
Integración de Equipos.	○	●	●	○	○	◐	○	○	○	●
Delegación de Autoridad.	●	○	◐	◐	◐	○	○	○	○	○
Entrenamiento y Formación.	●	◐	◐	○	○	○	○	○	○	○
Apoyo para la Automatización.	○	○	●	○	○	○	○	◐	○	○
Infraestructura de Comunicación										
Gestión del Producto.	○	○	●	○	○	○	○	●	○	◐
Datos del Producto.	○	◐	◐	○	○	●	○	●	◐	○
Realimentación.	○	◐	◐	◐	◐	○	◐	○	○	○
Requerimientos										
Definición de Requerimientos	○	●	●	◐	○	○	○	○	○	○
Metodología de Planificación.	○	●	●	○	○	●	○	○	○	○
Perspectiva de Planificación.	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○
Validación.	○	○	◐	○	●	○	○	●	○	○
Estándares.	○	○	◐	○	○	●	○	●	○	○
Desarrollo de Producto										
Ingeniería de Componentes.	○	○	●	○	○	○	○	●	○	○
Proceso de Diseño	○	○	●	◐	○	○	●	○	○	○
Optimización.	○	○	●	○	○	○	●	○	○	◐

Tabla 5.19. Factores Clave del Sistema de Evaluación de Mentor Graphics frente a los Imperativos de NGM.

Como podemos observar el sistema de evaluación de Mentor Graphics satisface los imperativos de NGM, especialmente el de ‘Realización Rápida de Productos y Procesos’ sobre el que gira en lo básico todo el sistema de evaluación.

Sin embargo, cabe destacar que los imperativos de ‘Gestión de la Innovación’, ‘Colaboración Empresarial’ e ‘Integración Empresarial’ no están evaluados o lo están parcialmente, por lo que, en nuestra opinión, resultaría de interés incorporar ciertas aportaciones en esa dirección.

5. 9. 2. c. *Crítica General de los Sistemas de Evaluación.*

A partir de los dos sistemas de evaluación del proceso de desarrollo de producto analizados vamos a analizar las principales ventajas y desventajas de cada uno, que pueden ayudarnos a realizar una propuesta propia y mejorada.

RACE

Ventajas

El sistema de evaluación está orientado principalmente a detectar el nivel tecnológico de la empresa en cuanto a la utilización de sistemas de información.

El sistema de evaluación permite conocer con claridad cuál es la posición del proceso de desarrollo respecto a elementos fundamentales de entornos de IC como puede ser la implicación del cliente.

Desventajas.

La complejidad de los cuestionarios de RACE supone un trabajo complicado para realizar la auditoría de la empresa y su estudio en cuanto al escenario actual y el deseado.

Cada elemento crítico tiene una batería de 8 a 15 preguntas que deben de ser contestadas por diversos departamentos de la organización (al menos 15 entrevistados por elemento crítico, pudiendo ser de distintas áreas departamentales). Pero para pequeñas y medianas el sistema puede que no tenga validez debido a que no estos departamentos no existan o estén concentrados en pocas personas.

El procedimiento de transcripción de las respuestas en estados de madurez que establece RACE puede resultar muy compleja para la empresa.

La división en cinco niveles de madurez para elementos críticos de *Procesos*, frente a tres niveles de madurez en *Tecnología*, no facilita el trabajo para definir un proceso de transformación equilibrado de desarrollo de productos.

No existe un sistema de evaluación del estado deseado y este debe realizarse a través de entrevistas y suposiciones.

Mentor Graphics

Ventajas

El sistema de evaluación es sencillo de resolver y las preguntas son mucho más fáciles de comprender, especialmente para aquellos que no son expertos en tecnologías de la información.

El sistema de evaluación incluye un cuestionario tanto de la situación actual como del estado deseado, lo que permite a la empresa identificar claramente cómo quiere trabajar y de esta forma establecer una estrategia de mejora puntual.

Desventajas

El sistema de evaluación de MG falla en que se orienta genéricamente a empresas del sector de la electrónica, debido a que Mentor Graphics es una consultoría especializada en este sector.

Algunos criterios clave tienen un número de preguntas que no corresponden con los cuatro niveles de esfuerzo de equipo, circunstancia que puede llevar a una incoherencia en la información que se desea extraer del proceso al poderse dar contradicciones para un mismo factor clave y nivel de esfuerzo.

página en blanco

Capítulo 6

página en blanco

Metodología Propuesta para la Implantación de Ingeniería Concurrente

Innovación del Proceso de Desarrollo de Producto

6. 1. Introducción.

La implantación de la filosofía de la Ingeniería Concurrente supone un gran cambio cultural en la empresa y por ello debe realizarse con mucha cautela. El desarrollo de las prácticas de la IC difícilmente puede llegar a ser eficiente si no viene precedido de una implantación correctamente planificada, que alinee los objetivos de mejora del proceso de desarrollo de producto con los objetivos estratégicos.

En el presente capítulo se propone una metodología para realizar la mejora del proceso de desarrollo de producto implantando la filosofía de la Ingeniería Concurrente. Esta metodología orientará a las empresas en los pasos que se deben seguir para realizar una implantación con éxito de la Ingeniería Concurrente, determinando las acciones concretas a realizar y sugerencias para elaborar una estrategia conforme al tipo de empresa.

En primer lugar, se realiza una exposición general sobre ciertas consideraciones que se deben tener en cuenta a la hora de iniciar un proceso de reingeniería, orientado hacia la implantación de la IC, y sobre nuestra propuesta.

En segundo lugar se enmarca la metodología propuesta dentro de un proceso de reingeniería, comentando a grandes rasgos qué se pretende realizar y conseguir en cada una de las etapas.

En tercer lugar se realiza una exposición detallada de cada una de las etapas, con lo que se pretende clarificar cuáles son las fases y actividades a seguir.

Finalmente, se aporta un esquema detallado de la metodología de implantación indicando las actividades y personas implicadas, dependiendo de la etapa en la que nos encontremos.

6. 2. Consideraciones sobre la Metodología de Implantación.

La transición hacia la IC es un asunto de práctica profunda y no tiene sentido plantearla sin prever posibles complicaciones en la evolución. Es obvio que deberá existir una concienciación previa de la necesidad de cambiar a esta nueva filosofía pero esto no es suficiente pues, aún así, encontraremos elementos que ralentizarán este deseo de cambio.

Autores como Salomon [Salomon, 94] establecen ciertas premisas iniciales para asegurar el éxito de la IC, como son:

- Hasta que la empresa no esté preparada, no debemos iniciar la implantación de la IC.
- La implantación de la IC es tan difícil como el lanzamiento de una nueva línea de productos.
- La IC es una filosofía y envuelve tanto cambios culturales como prácticas de trabajo totalmente nuevas.
- En un entorno de IC, si únicamente se utilizan las metodologías y las herramientas sin la cultura de la IC, disminuirán los beneficios que se pueden obtener.

Así pues, antes de realizar la propuesta definitiva sobre una metodología de implantación de entornos de IC en pequeñas y medianas empresas, es importante realizar previamente una serie de reflexiones.

Primero, la forma en la que se pueden establecer entornos de IC depende enormemente del producto a desarrollar, *productos diferentes necesitan estructuras organizativas e implantaciones diferentes* [Prasad, 96a]. Así, la empresa que esté considerando la implantación debería tener en cuenta una serie de factores estratégicos críticos para poder determinar si es susceptible de evolucionar hacia esta nueva filosofía de trabajo. Factores que conciernen al producto como son “la cantidad o volumen de producción, la complejidad del producto, el tiempo de permanencia del producto y el tiempo de entrada en el mercado” [O’Grady, 90].

Segundo, el entorno de IC depende del número de empleados necesarios para desarrollar las tareas, del número de tareas y de la naturaleza de las mismas [Cleetus, 92c]. Esto condicionará el enfoque de cualquier proyecto piloto de implantación.

Tercero, en todo este proceso, habrá que seguir unas políticas que hagan menos severos los cambios de las actitudes de las personas que intervienen en el diseño y fabricación, y que proporcionen una gran autoridad y responsabilidad a los miembros del equipo de IC para superar así las barreras [Applegate 96].

Finalmente, en cualquier proceso de reingeniería, y, por tanto, en la implantación de un entorno de IC, el primer requisito es que alguien debe asumir el liderazgo del proyecto [Davenport, 93]. Generalmente debería ser la alta dirección o bien un directivo implicado en el desarrollo del producto, esta persona es la que denominamos como líder.

Con estas reflexiones, junto con lo expuesto hasta ahora, debemos caracterizar una estrategia de implantación que, partiendo de los modelos generales, se adapte dinámicamente al tipo de producto y recursos de la empresa. Entre las particularidades de esta disertación cabe destacar varios aspectos importantes.

Nuestra metodología busca la alineación del proceso de desarrollo de producto con los modelos de calidad o excelencia empresarial, a través del modelo para la industria manufacturera *Next Generation Manufacturing* (Figura 6.1). Por tanto, toda la propuesta y sus aportaciones, tendrán como referencia los imperativos de NGM y sus interacciones, aspecto que consideramos importante.

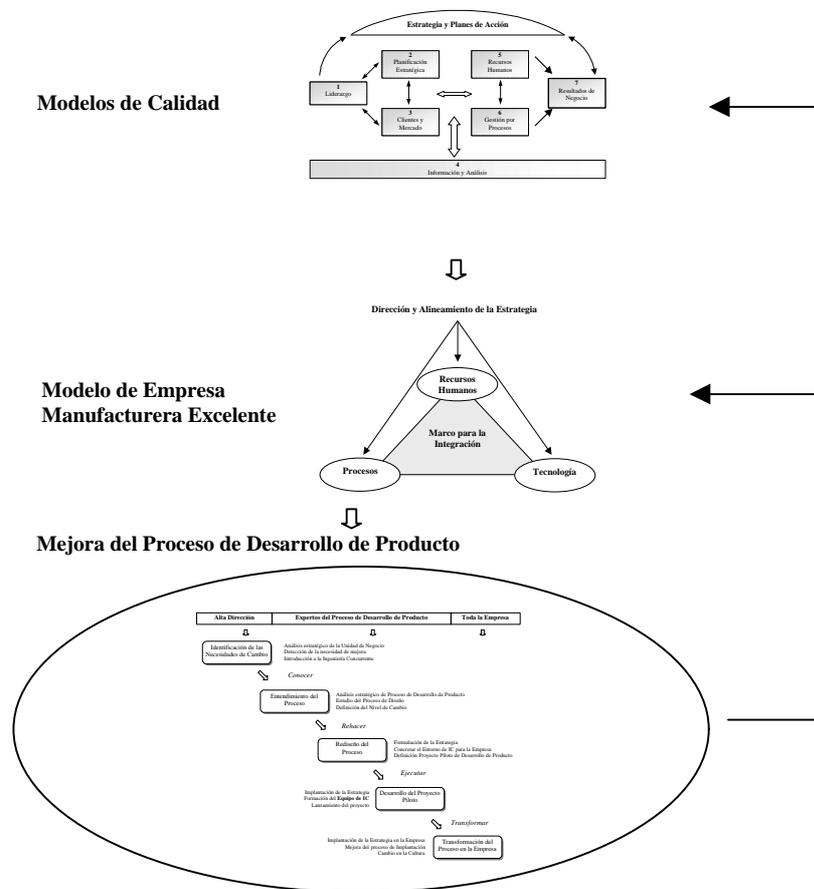


Figura 6.1. Modelos de Referencia de la Metodología de Implantación de IC.

En nuestra disertación partimos con la suposición de que la empresa tiene determinadas sus estrategias corporativas y que desea realizar una mejora de los procesos que componen sus unidades de negocio. Aunque la metodología contempla una primera etapa en la que se analiza la unidad de negocio y se asesora en la decisión del proceso susceptible de mejora para alcanzar una posición más competitiva, nuestro objetivo es concretamente el proceso de desarrollo de productos.

Por tanto, necesitamos de un sistema de indicadores que permita a la empresa definir claramente su estrategia corporativa y perfilar su situación frente al proceso de desarrollo de productos.

Ello implica que las siguientes etapas estarán orientadas a planificar y gestionar el cambio del proceso de desarrollo de productos, por lo que todos los análisis y actuaciones irán enfocados hacia este objetivo. Análisis que toman como referencia la metodología de Carter y Baker por adecuarse más a nuestro objetivo - las pequeñas y medianas empresas - y sobre la que realizamos ciertas modificaciones para adaptarla al modelo NGM.

Así, las dimensiones a evaluar dentro de la empresa serán los cuatro grandes imperativos de NGM (Figura 1.10) en lugar de los propuestos por Carter y Baker. Creemos que es necesario redefinir algunos de los Factores Clave para adaptarlos a NGM y, además, se añadir otros Factores Clave, para completar todos los imperativos.

Todo ello, nos lleva en el fondo a un concepto de Ingeniería Concurrente reformulado que contempla todos los aspectos abordados durante nuestra exposición. Definición que va más allá de las realizadas inicialmente y que pretende resaltar la mejora en la innovación de productos y de procesos que se puede conseguir con la adopción de esta nueva filosofía. Definición que queda como sigue:

“La Ingeniería Concurrente supone la **Integración del Proceso de Desarrollo de Producto** mediante el **Trabajo en Equipo** de todas las áreas implicadas en su **Ciclo de Vida**. Para ello se utilizan metodologías de Diseño y Herramientas que permiten el **intercambio** constante de la **información generada** y la colaboración, tanto interna como externamente, y que facilitan que la **toma de decisiones** se realice de forma **sincronizada** y **consensuada** consiguiendo así la mejora de **plazos, calidad e innovación** requeridos por el **Cliente**”.

Esta definición nos permitirá establecer los distintos niveles de concurrencia que pueden darse en la empresa, siempre bajo la óptica de la gestión por procesos, y consecuentemente graduar el cambio necesario.

Sin embargo, todo esto no es suficiente, las actitudes predispondrán a los empleados a asumir el cambio pero no necesariamente a desarrollarlo eficientemente. Entonces, será necesario disponer de todos los elementos esenciales que garanticen el éxito de la implantación, minimizando los fallos típicos que aparecen en el proceso y la decepción de un posible fracaso.

En el desarrollo general, nuestra metodología contempla las nuevas condiciones del proceso y las barreras al cambio, proponiendo unas pautas para abordar y gestionar el cambio y una serie concreta de acciones formativas, flexibles con el tipo de empresa, a partir del análisis y de los objetivos establecidos.

6. 3. Propuesta de Implantación de la Ingeniería Concurrente.

Nuestra propuesta para la implantación de entornos de IC adopta la metodología básica de la reingeniería de procesos descrita anteriormente (Tabla 4.6) y consta de cinco etapas. Dentro de cada etapa distinguimos distintas fases por las que se deberá pasar obligatoriamente si queremos conseguir un éxito total en la implantación.

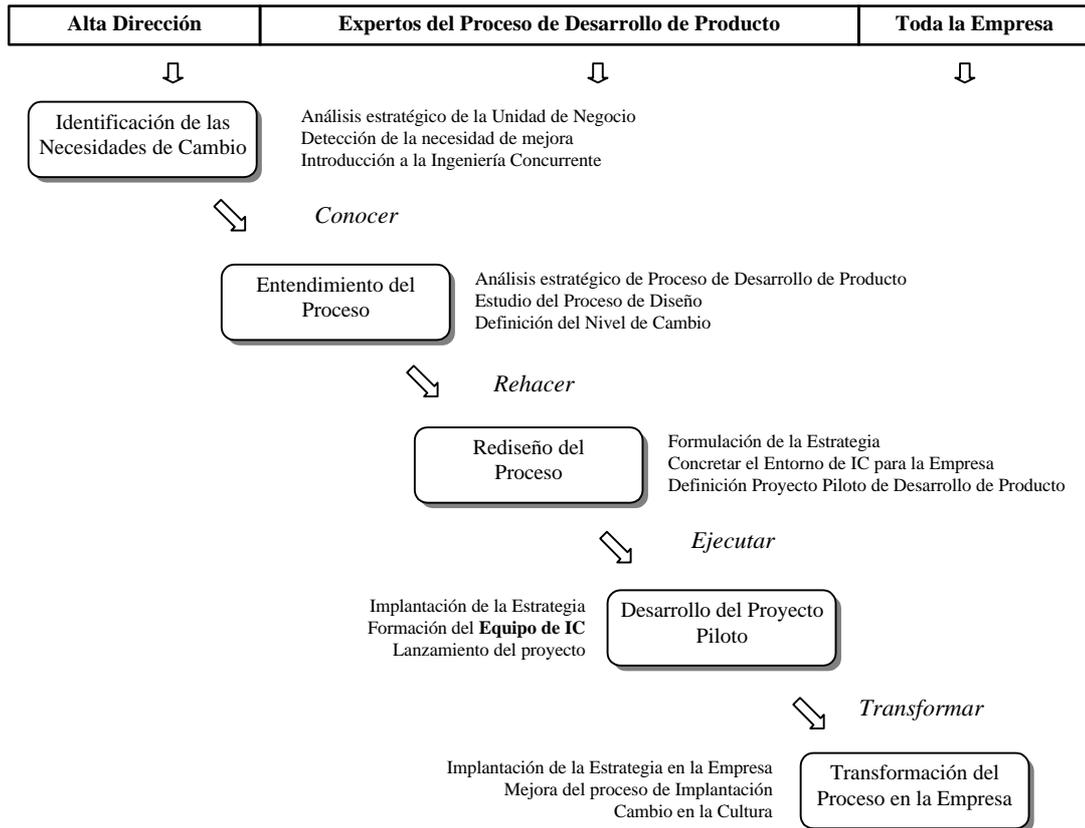


Figura 6.2. Propuesta de Reingeniería orientada a la Implantación de la IC.

Antes de exponer cada una de las etapas es importante diferenciar los dos tipos de equipos de trabajo que intervendrán en el proceso de cambio. Por una parte tenemos aquellos *Equipos o Comités de Gestión de la Implantación*, que serán variables en función de la etapa en la cual nos encontremos, y por otra el *Equipo de Ingeniería Concurrente*.

En la primera etapa estos *Equipos o Comités de Gestión de la Implantación* incluirán a miembros de la alta dirección con capacidad de decisión en temas estratégicos. En las tres siguientes etapas, este equipo se modificará incluyendo a distintos expertos del proceso de desarrollo del producto, pertenecientes a diversos departamentos y con capacidad de decisión en el ámbito del nivel operativo.

La última etapa supondrá una nueva variación del *Equipo de Gestión de la Implantación* que incluirá a expertos de toda la empresa, implicados en el ciclo de vida del producto, para conseguir así la transformación total del proceso de desarrollo de producto.

Por otra parte, intervendrá un segundo equipo que se definirá en la etapa de rediseño del proceso y se consolidará en la ejecución del proyecto piloto. El objetivo de este equipo será desarrollar un producto trabajando en un entorno de Ingeniería Concurrente. A este equipo se le denominará explícitamente *Equipo de Ingeniería Concurrente*.

A continuación exponemos de forma general el contenido de cada una de las etapas, para poder identificar las diferentes actividades a desarrollar en las mismas (Figura 6.3).

Identificación de las Necesidades de Cambio.

El primer paso que debe realizarse en el proceso de implantación consiste en estudiar detenidamente si la empresa es susceptible de adoptar un entorno de IC. Para ello se debe analizar la unidad de negocio asegurándose, en una primera aproximación, que la empresa puede beneficiarse de la IC por concordar con su estrategia corporativa.

Inicialmente se deberá evaluar el tipo de empresa, el tipo de producto y el proceso básico de diseño y fabricación del producto (complejidad, grado de innovación que contiene, mercados, etc.), determinando cuáles son los niveles de cambio necesarios para la empresa a partir de las nuevas exigencias de los mercados globales.

El comienzo del proceso de implantación de la IC requiere una gran atención, especialmente de la Alta Dirección de la empresa. De esta forma se creará en esta etapa un *Equipo de Gestión de la Implantación* que será el encargado de iniciar el proceso.

A partir del estudio de la planificación estratégica de la unidad de negocio y de sus procesos de innovación, se detectará si la empresa contempla dentro de sus objetivos la *mejora del proceso de diseño y fabricación del producto*. En esta etapa se evaluarán los indicadores de resultados de la unidad de negocio y se relacionará con una prospección que permitirá disponer de los elementos suficientes de juicio para decidir sobre las necesidades de mejora del proceso.

Para entender mejor dichos indicadores y las relaciones será necesario adoptar una visión por procesos de la unidad de negocio. En caso de que se considerase de interés para la empresa la mejora del proceso de desarrollo de producto, se realizará una exposición a la Alta Dirección de la filosofía de la IC y de los beneficios de su utilización a largo plazo. Esta presentación mostrará a la empresa las posibilidades que puede ofrecer la IC para mejorar la competitividad a través del proceso de Desarrollo de Producto.

Finalmente el Equipo de Gestión de la Implantación, formado por miembros de la alta dirección, debe decidir si realmente la filosofía de la IC puede ser la solución a los problemas o contribuir a la mejora de la empresa. Este equipo debe valorar si implantar un entorno de IC e iniciar el correspondiente proceso de reingeniería o, por el contrario, desestimar la idea.

Entendimiento del Proceso.

En la segunda etapa ya no es estrictamente necesaria una amplia presencia de la alta dirección en el Equipo de Gestión de la Implantación, sino la de un único interlocutor válido que la represente y que defienda el proyecto, al que se le presentarán los resultados. El *Equipo de Gestión de la Implantación* evoluciona y se compone ahora por expertos de las distintas áreas del proceso de desarrollo de producto

En esta etapa de la metodología, se analiza un proceso de la unidad de negocio seleccionada y se realiza un modelo del proceso de desarrollo de producto (preferentemente con la metodología IDEF o diagramas de flujo). Por esta razón, es muy importante que la empresa desarrolle previamente una visión por procesos de sus actividades de negocio.

Este análisis está orientado no sólo a conocer cómo funciona el proceso sino a entender exactamente cuáles son los mecanismos que producen ventajas y retrasos, así como las interrelaciones y dependencias entre las actividades.

A partir de aquí evaluaremos el proceso utilizando como escala de medida o métrica el nivel de comunicación de trabajo, abordando todos los ámbitos fundamentales de la IC descritos en el capítulo tercero.

Tomando como base el sistema de Mentor Graphics, propondremos un modelo enfocado a la evaluación de entornos de desarrollo de producto de pequeñas y medianas industrias manufactureras de acuerdo con los planteamientos de NGM. Una de las principales aportaciones que realizamos es definir unos cuestionarios simplificados, que nos determinarán la situación actual y el estado deseado del proceso de desarrollo de producto, desde la perspectiva de la comunicación entre las distintas disciplinas.

Una vez realizada la evaluación, dispondremos de la información necesaria sobre la situación actual del proceso y el estado al cual se desea acceder. Con toda esta información podemos elaborar un informe que nos permitirá decidir si se debe iniciar el proceso de implantación o, simplemente, realizar algunas mejoras puntuales.

En el caso de que la alta dirección y los responsables de departamentos estuviesen realmente convencidos sobre la necesidad de adoptar esta nueva filosofía se pasaría a la siguiente etapa.

Rediseño del Proceso.

La tercera etapa de la metodología de implantación se inicia con el rediseño del proceso, orientándolo a la realización de actividades en paralelo, y tiene como objetivo formular la estrategia de implantación.

En esta etapa concretaremos y determinaremos exactamente todo aquello que necesitamos para desplegar la IC, proponiendo un nuevo modelo que contemple todo el Ciclo de Vida del Producto, y analizando así la influencia de las consideraciones propias de las últimas etapas. A partir de aquí adquiriremos una visión global de la evolución que sufre nuestro producto y, por lo tanto, podremos determinar qué departamentos deben trabajar en un hipotético equipo de IC.

Esta fase es sumamente delicada pues determinamos las técnicas que va a utilizar el equipo de IC, que a su vez influirán en la selección de tecnologías y herramientas de software que vamos a necesitar y en la arquitectura que debe tener nuestro entorno. Para conseguir armonía en el desarrollo del trabajo en equipo es imprescindible definir claramente las tareas y las funciones de cada uno de los miembros.

Asimismo, se establecerán unas metas y se definirán una serie indicadores para el proceso de desarrollo de producto. Los indicadores nos permitirán cuantificar las mejoras del proceso y conocer si los objetivos parciales conseguidos se alinean realmente con la estrategia corporativa.

Una de las fases relevantes del rediseño consiste en planificar e identificar las barreras a la implantación para poder prevenir posibles fracasos. La formación inicial y las reuniones de equipo también permitirán detectar y superar dinámicamente dichas barreras una vez adentrados en el proyecto piloto a desarrollar en la siguiente etapa.

Una vez rediseñado el proceso en el ámbito de la unidad de negocio se debe definir el *Equipo de Ingeniería Concurrente*, que estará formado por aquellos expertos en cada una de las áreas que más influyan en el desarrollo del producto, como pueden ser mercadotecnia, diseño, fabricación, materiales o ventas. Este equipo deberá estar formado por un mínimo de cinco personas y un máximo de nueve para poder ser gestionado eficientemente, y deberá decidir cuáles son las metodologías de trabajo y herramientas más apropiadas para un primer proyecto piloto.

Al final de esta etapa tomaremos la decisión de seguir adelante con la implantación y consolidar el Equipo de Ingeniería Concurrente o si, únicamente, debemos mejorar ciertos aspectos del proceso.

La primera alternativa nos lleva a definir un proyecto piloto, o prototipo, en el cual se deberá decidir también sobre qué producto realizar el desarrollo de producto y la extensión del proyecto piloto. La segunda llevará únicamente a realizar mejoras puntuales en el proceso.

Para conseguir un ambiente adecuado que facilite el éxito del proyecto piloto también es importante desarrollar todo un sistema de incentivos. Si no se pone suficiente énfasis en la creación de estos incentivos que recompensen las prácticas de trabajo en equipo, y si no se valoran las relaciones interpersonales, pueden llegar a surgir rivalidades y descontentos.

Toda esta fase previa al proyecto piloto es de vital importancia pues de ella dependerá el éxito de la experiencia. Las decisiones tomadas aquí afectarán a la buena marcha de la implantación, ya que el proyecto piloto deberá realizarse paralelamente a las actividades habituales de la empresa.

Desarrollo del Proyecto Piloto.

La cuarta etapa del proceso de reingeniería supone la puesta en práctica del desarrollo concurrente de producto por medio del proyecto piloto.

El poner en marcha el proyecto piloto supondrá conceder a un grupo de trabajo poder suficiente para que consiga el éxito, por lo que debe ser un grupo muy cohesionado y motivado. Grupo de personas que constituirá el *Equipo de Ingeniería Concurrente* para el proyecto piloto.

La eficiencia de este equipo dependerá de los miembros individuales, de sus cualificaciones, de su experiencia, de su competencia, de su experiencia técnica, de su capacidad de trabajo en equipo y de la personalidad de cada uno de los miembros. Por ello, la primera de las acciones a realizar en el desarrollo del proyecto piloto es la formación de los miembros del equipo.

En una primera fase se formará a los miembros del *Equipo de Ingeniería Concurrente* en metodologías, herramientas y entornos de comunicación específicos de forma que se consiga un equipo equilibrado. Asimismo, se identificarán los posibles modos de fallo para poder superar el proyecto piloto de la implantación.

Un aspecto importante es volver a establecer claramente, y de forma detallada, las fronteras de autoridad, responsabilidad y las competencias para la toma de decisiones conforme a la acotación de tareas y funciones establecida anteriormente. Es necesario clarificar el papel y la responsabilidad de cada uno de los miembros seleccionados para potenciar el *Equipo de Ingeniería Concurrente*, esto ayudará a prevenir más tarde confusiones y ambigüedades en el proceso de desarrollo del proyecto piloto.

En cualquier caso, debe quedar bien claro que la evolución debe de estar acompañada de una buena formación, y de una correcta gestión de ese cambio cultural, tanto en la etapa de desarrollo del proyecto piloto como en la etapa posterior de extensión o expansión del nuevo proceso en la organización.

La segunda fase consistirá en la propia ejecución del proyecto y, por lo tanto, en la experiencia concreta de desarrollo concurrente de producto. En una tercera fase se analizarán los resultados obtenidos y el nuevo modelo establecido será entonces motivo de revisión.

Finalmente, y basándonos en la experiencia adquirida tras el lanzamiento del proyecto piloto, debemos decidir si se expande la IC transformando el proceso en toda la empresa o, por el contrario, se limita a una mejora de ciertas actividades del proceso. Mejora que afectará particularmente a las técnicas y metodologías asumidas para un tipo de producto, incorporándolas al resto de la empresa.

Transformación del Proceso en la Empresa.

La decisión de transformar por completo el proceso en la empresa viene condicionada por la consagración del éxito del proyecto piloto. Si el nuevo entorno de trabajo ha supuesto una mejora en el proceso y en las relaciones y condiciones de los miembros, la empresa puede ahora transformar el proceso implicando a todas las áreas.

En esta quinta y última etapa se debe concluir el proceso de reingeniería del desarrollo de productos en toda la organización. Para asegurar la transformación deberemos desplegar los cambios con cautela y conforme a la experiencia adquirida en el proyecto piloto.

Esta etapa comprende una gran labor, ya que se necesita realizar una auditoría detallada de todas las actividades de los procesos de desarrollo de productos de la empresa, y determinar cómo transferimos el saber hacer de la experiencia anterior a cada uno de los departamentos.

Tanto en el desarrollo del proyecto piloto como en la expansión de la filosofía a toda la empresa, deberemos considerar dos aspectos importantes: el *diseño del nuevo entorno* en cuanto a arquitectura, metodologías de trabajo y herramientas, y las nuevas *barreras* que encontraremos en el intento de implantación o en la propia expansión; y donde será de vital importancia la gestión de los recursos humanos y del cambio.

El primer paso de esta etapa supone promocionar los resultados del Proyecto Piloto para que los diferentes departamentos de la empresa puedan valorar los logros obtenidos con las nuevas prácticas.

La alta dirección deberá entonces definir unos planes de implantación globales que permitan transformar toda la estructura de la organización de forma que facilitemos el cambio adaptando la cultura a este nuevo entorno mediante planes de formación.

Durante esta implantación global se deberá prestar especial atención también a la mejora de las infraestructuras para superar el salto tecnológico.

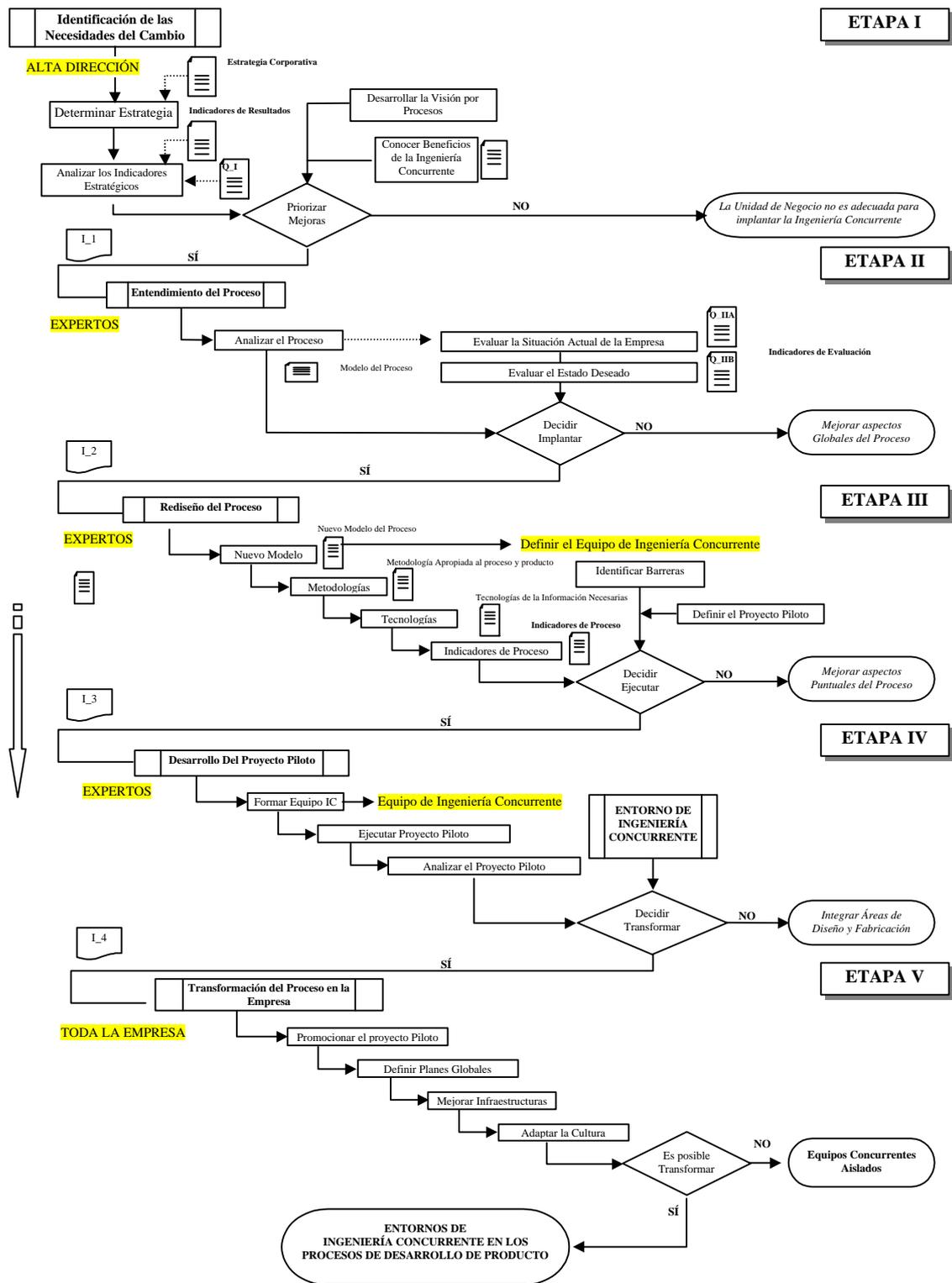


Figura 6.3. Diagrama de Flujo del Proceso de Reingeniería hacia entornos de IC.

6. 4. Desarrollo de la Propuesta.

A continuación se realiza una descripción detallada de cada una de las etapas que componen nuestra propuesta de implantación de entornos de Ingeniería Concurrente.

6. 4. 1. Identificación de las Necesidades de Cambio.

Etapas que contempla las siguientes fases:

Determinar la Estrategia de la Unidad de Negocio de la Empresa.

Analizar los Indicadores Estratégicos.

Desarrollar la Visión por Procesos para la Unidad de Negocio.

Conocer los Beneficios de la Ingeniería Concurrente.

Priorizar las Mejoras.

6. 4. 1. a. Determinar la Estrategia de la Unidad de Negocio de la Empresa.

La iniciación del proceso de implantación de un entorno de IC debe nacer a raíz de detección de la necesidad de la empresa de mejorar su competitividad en una unidad de negocio.

En esta fase inicial se clarifica la planificación estratégica, o directrices estratégicas de la empresa, por medio de una serie de reuniones entre la dirección y un equipo de auditores. Es decir, la alta dirección determina a partir de su estrategia corporativa cuál es su estrategia para la unidad de negocio, identificando cómo se quiere competir dentro de la cadena de valor a largo plazo.

Para ello es necesario el análisis previo del tipo de producto, de los mercados, de la empresa, etc., revisando su planificación estratégica para dicha unidad de negocio. Todo ello para constatar si es susceptible de implantar entornos de Ingeniería Concurrente.

Durante este primer encuentro la empresa tiene la oportunidad de iniciar un proceso de mejora tomando como referencia los modelos de excelencia. Mejora que se deberá concretar identificando aquellos procesos susceptibles de ser transformados.

6. 4. 1. b. *Analizar los Indicadores Estratégicos.*

Dentro de cada unidad de negocio es necesario definir el proceso sobre el que se quiere innovar. Para identificar la estrategia de la empresa respecto del proceso de desarrollo de producto es preciso conocer cuál es la posición de la misma realizando un análisis que permita identificar sus fortalezas y debilidades.

En esta fase es oportuno desarrollar un análisis D.A.F.O. de la unidad de negocio de la empresa y en lo más concreto en todo lo referente al desarrollo del producto (Figura 1. 13). Este análisis, junto con los **indicadores de resultados** de la unidad de negocio, permitirá disponer de la información necesaria para decidir sobre los procesos a innovar y qué estrategias operativas desarrollar.

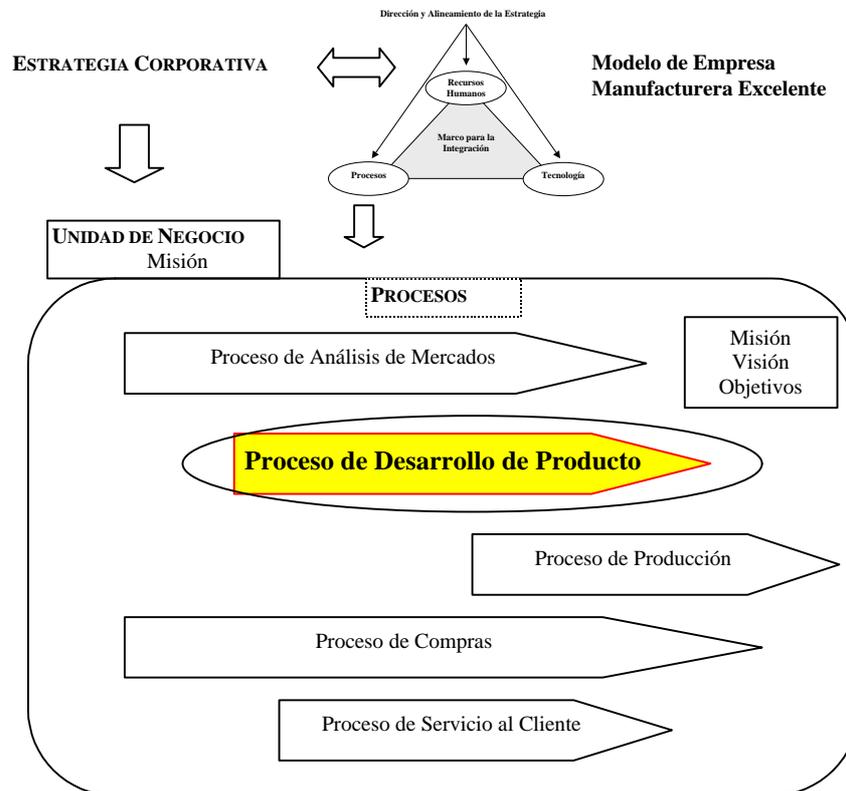


Figura 6.4. Desarrollo del Mapa de Procesos en la Unidad de Negocio.

Teniendo presente el modelo NGM y puesto que nuestra propuesta está centrada en la mejora del proceso de desarrollo de producto, evaluaremos las estrategias operativas directamente relacionadas con el imperativo de Realización Rápida de Productos y Procesos (Tabla 4.10) para valorar el nivel de desarrollo presente y futuro.

Para tal efecto se ha diseñado un cuestionario de evaluación de la unidad de negocio, orientado al proceso de desarrollo de producto, que incorpora una pregunta básica sobre la situación actual de cada estrategia operativa. Consideramos importante remarcar que las preguntas se han formulado para extraer la información de las estrategias operativas desde la definición de Ingeniería Concurrente (Tabla 6.1).

Además, el cuestionario realiza una prospección sobre el interés de la empresa en cada uno de los aspectos a medio plazo. Las preguntas se transforman en afirmaciones sobre el futuro y se debe responder si el aspecto es prioritario, conveniente o de difícil ejecución - o indiferente -, por lo que se desestima como aspecto a abordar.

Respondiendo a este cuestionario la Alta Dirección puede determinar en líneas generales si está prestando la atención necesaria para mejorar la competitividad de su proceso de desarrollo de producto o si está en disposición de hacerlo en un futuro inmediato.

Si el total de respuestas positivas fuese mayor que ocho, entonces la empresa está siguiendo estrategias operativas que la dirigen hacia la mejora del proceso y, por lo tanto, puede plantearse adoptar formalmente la filosofía de la Ingeniería Concurrente. Con esto queremos decir que la empresa puede incluir actualmente acciones que permiten mejorar su proceso de desarrollo de producto, pero que no ha establecido procedimientos formales de trabajo que integren el proceso.

En el caso de que el número de respuestas positivas fuese inferior a ocho y superior a cuatro, la empresa estaría aplicando ciertas estrategias parciales para la mejora de su proceso de desarrollo de producto. Sería pues interesante revisar la prospección de futuro de manera que pudiésemos identificar su visión y considerar entonces la posibilidad de mejora del proceso de desarrollo de productos.

Finalmente, si el número de respuestas fuese inferior a cuatro podemos decir que la empresa no está aplicando ninguna mejora sobre el proceso de desarrollo de producto. En este caso pudiera ser que su cultura corporativa no contemple la mejora del proceso de desarrollo dentro de sus estrategias operativas, caso en el cuál no sería tal vez apropiado abordar la IC. Cabe analizar su política corporativa y comprobar si es de su interés y realizar entonces un cambio radical, o bien abandonar este camino.

		Actual		Futuro		
				Prioritario	Conveniente	Indiferente
		Responda la situación Actual de cada uno de los aspectos siguientes Indique seguidamente cuál es el grado de interés que le merece cada aspecto en el futuro				
	Desarrollo de Mercado					
1	¿Le preocupa el desarrollo de nuevos mercados a través de la mejora de su oferta de productos o de la calidad de los mismos?	SÍ	NO			
	Tecnología					
2	¿Considera crítico la incorporación de Nuevas Tecnologías de la Información para mejorar su proceso de desarrollo de producto y los procesos de producción relacionados?.	SÍ	NO			
	Desarrollo de Producto					
3	¿Contempla la empresa como objetivo el desarrollo rápido de producto para introducirlo primero en el mercado?.	SÍ	NO			
	Ciclo de Vida de Producto					
4	¿Tiene en cuenta en su Proceso de Desarrollo de Producto todos los factores que afectan al Ciclo de Vida de Producto (desde el análisis de mercados hasta su retirada y reciclaje)?.	SÍ	NO			
	Desarrollo de Procesos					
5	¿Se tienen en cuenta durante la etapa de diseño del producto todos los factores que influyen en la fabricabilidad del mismo?.	SÍ	NO			
	Medio Ambiente					
6	¿Tiene en cuenta la legislación medioambiental, local y global, en lo referente a los productos y a sus procesos de fabricación - producción durante el desarrollo del producto?.	SÍ	NO			
	Innovación					
7	¿Realiza la empresa actividades para fomentar la innovación de productos y de procesos desde cualquier área o perspectiva?.	SÍ	NO			
	Equipos					
8	¿Realiza la empresa programas de formación orientados hacia el trabajo en equipo, de forma que se consiga una innovación del producto a través de una mayor colaboración interna?.	SÍ	NO			
	Finanzas					
9	¿Dedica la empresa recursos económicos en cada ejercicio para la mejora del Proceso de Desarrollo de Producto?.	SÍ	NO			
	Recursos humanos					
10	¿Existen sistemas de incentivos dedicados a valorar el trabajo en equipo y la consecución de objetivos globales de la cadena de valor?.	SÍ	NO			
	Cadena de Valor					
11	¿Dispone la empresa de medios o herramientas para conseguir una comunicación rápida y fluida con sus clientes y suministradores?.	SÍ	NO			
	Sistemas de Información					
12	¿Dispone la empresa de sistemas de información apropiados que le permiten compartir datos del desarrollo de producto tanto interna como externamente?.	SÍ	NO			

Tabla 6.1. Cuestionario de Evaluación General de la Unidad de Negocio.

6. 4. 1. c. Desarrollar la Visión por Procesos para la Unidad de Negocio.

Una vez definida la estrategia de la unidad de negocio de la empresa es necesario establecer cómo mejorar su competitividad y, para ello, es necesario desarrollar una visión por procesos si la empresa no la tuviere.

Para poder entender cómo la IC puede mejorar la competitividad de la empresa, debemos establecer un *enfoque sistémico* de la empresa, y no por funciones, que implica entender las actividades como procesos continuos que influyen en toda la empresa.

En esta fase se ayuda a la empresa a identificar los procesos sobre los que se debe aplicar el cambio para acercarnos a los modelos de calidad. Para cada proceso se deberán definir la *Misión*, la *Visión* y los *Objetivos*. Por tanto, se establecerán unos indicadores básicos.

En nuestro caso, es de especial atención el análisis del proceso de desarrollo de producto, sobre el cual realizaremos un sencillo modelo que permita a la empresa detectar las posibles carencias en el mismo de forma global (Figura 6.5).

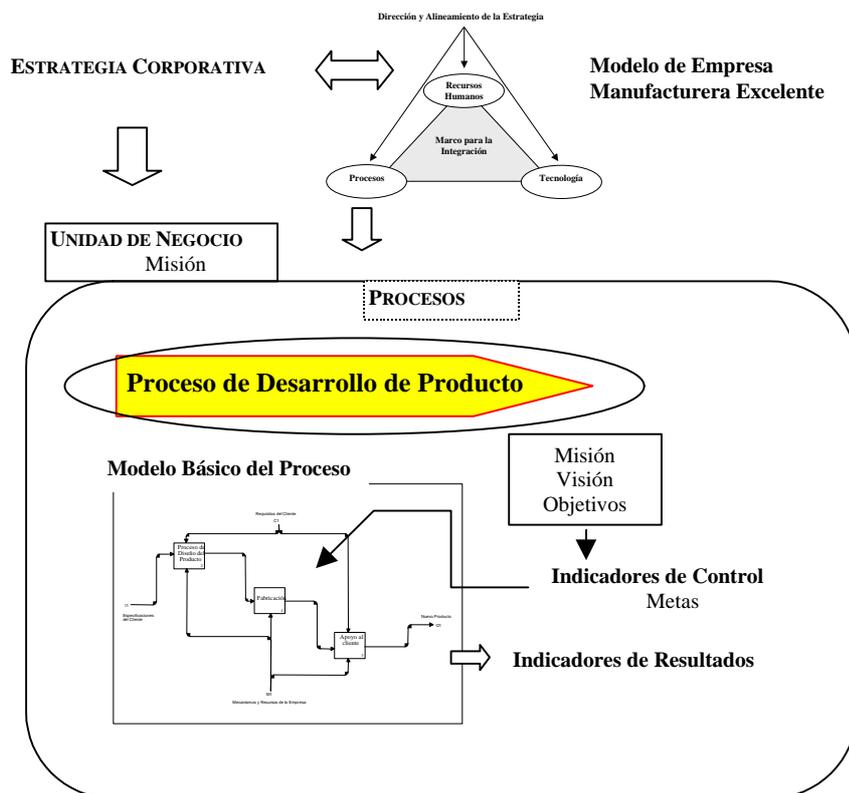


Figura 6.5. Desarrollo de la Visión por Procesos.

6. 4. 1. d. Conocer los Beneficios de la IC.

En la cuarta fase de esta primera etapa un grupo de expertos en IC, ajenos a la empresa, realiza una exposición de la filosofía de la Ingeniería Concurrente. Los expertos definen y explican a la Alta Dirección y Jefes de Departamento en qué consiste la IC, sus *principios, objetivos y modelos de gestión*.

Para ello se debe presentar un escenario hipotético de IC en el cual la empresa podrá verse reflejada con unas prácticas que le permitan ser más competitiva y, por tanto, conseguir sus objetivos estratégicos (Figura 6.6).

En este escenario, se muestra un entorno de IC con sus herramientas e infraestructura, indicando cómo se trabaja e identificando los beneficios que debe aportar a la empresa si se implanta correctamente.

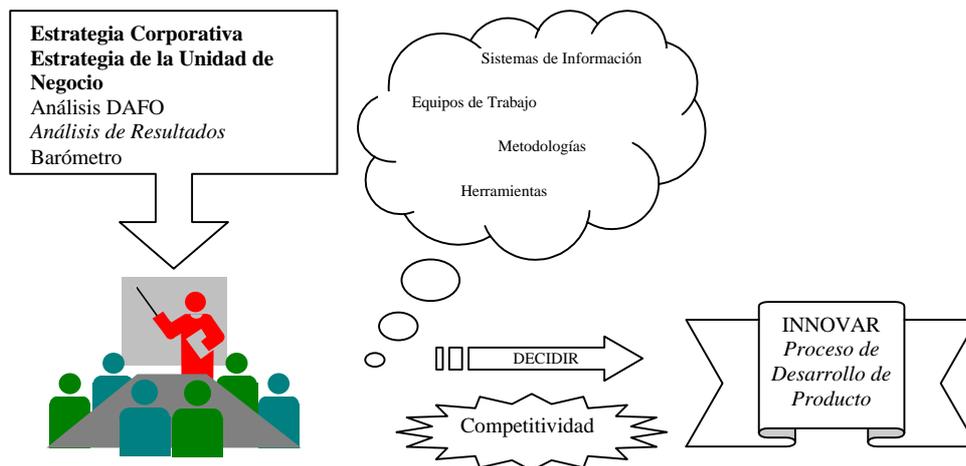


Figura 6.6. Entorno IC.

6. 4. 1. e. Priorizar las Mejoras.

Una vez se dispone de toda la información sobre la estrategia corporativa, analizados los indicadores de resultados sobre la unidad de negocio y presentada la Ingeniería Concurrente, la empresa deberá decidir si inicia un proceso de innovación orientándolo a la mejora de su proceso de desarrollo de producto o si es de su interés desarrollar otro proyecto de mejora.

La información recogida sobre la empresa en las fases anteriores permitirá comparar cuantitativamente los indicadores de resultados del proceso de desarrollo de producto frente a los objetivos y metas deseados.

El análisis cualitativo de la estrategia corporativa frente al resultado de la evaluación general de la unidad de negocio permitirá tomar una decisión sobre la necesidad de mejorar el proceso de desarrollo de producto. Decisión que requiere de la ayuda de alguna herramienta que nos oriente en la toma de decisiones y que nos permita avanzar en el proceso de implantación.

Un ejercicio conveniente al que se le puede sumar, en el caso de que cupiesen varias alternativas y para disponer de más elementos de juicio para la toma de decisiones, la metodología de matrices establecida por Martin Buss [Buss, 83], para dar prioridad a los proyectos de mejora (Figura 6.7). Con estas matrices la alta dirección de la empresa podrá determinar las expectativas esperadas de cada proyecto de mejora y los costes asociados.

Como podemos observar en la Figura 6.7, para dos proyectos de innovación de procesos de la empresa (proyecto 1, proyecto 2), podemos establecer la relación de riesgo frente a beneficios financieros esperados, beneficios técnicos, mejora de la competitividad o concordancia con la cultura de la empresa.

La relación coste/beneficios de cada proyecto se puede comparar de nuevo con los indicadores de resultados de cada proceso y proceder a la toma de decisión del más adecuado.

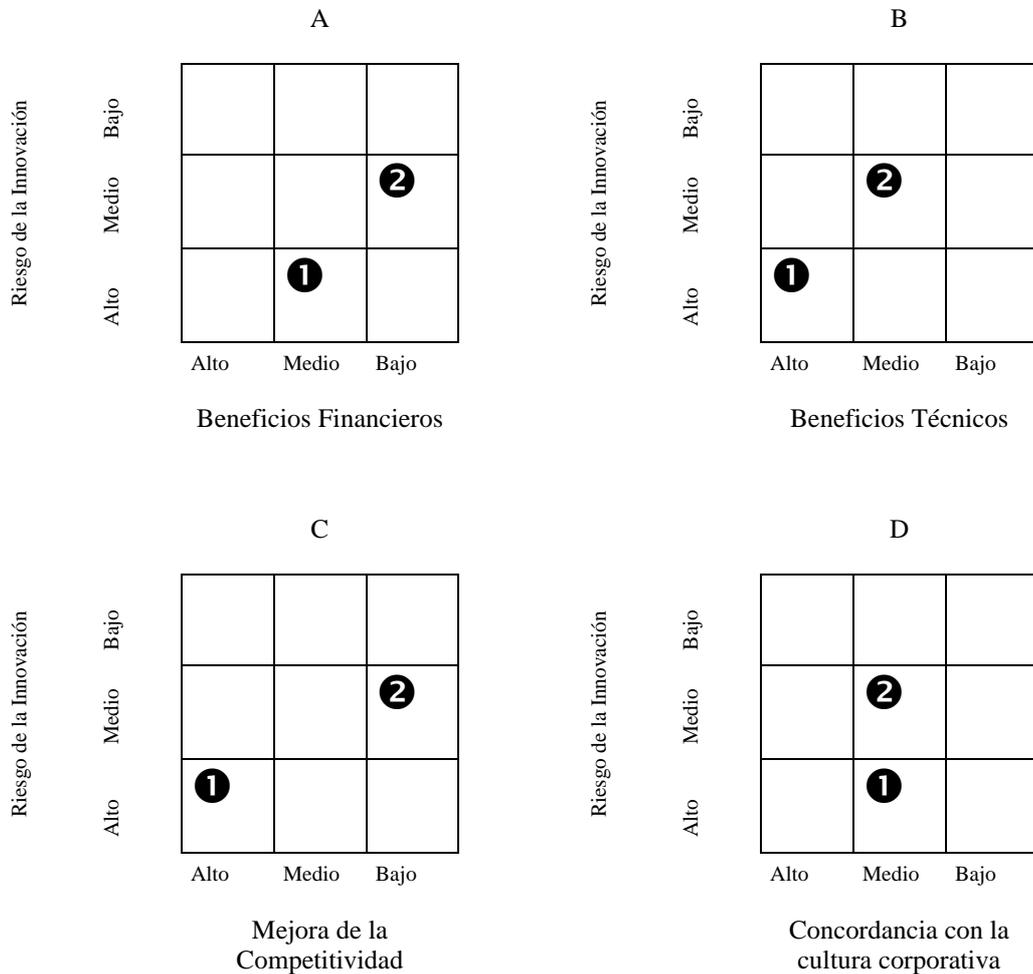


Figura 6.7. Método para la Selección de Proyectos analizando el riesgo frente a las mejoras percibidas.

En caso de que no sea satisfactoria la perspectiva del proyecto de IC debemos tomar la decisión de seleccionar un proceso alternativo para mejorar, descartándose la posible creación de un entorno de IC.

Si se considera prioritario desarrollar la innovación en el proceso de desarrollo de producto, el *Equipo de Gestión de la Implantación* elaborará un **informe (I_1)** estableciendo los objetivos globales del proceso de reingeniería y el plan de acción para la unidad de negocio dando paso a la siguiente etapa.

6. 4. 2. Entendimiento del Proceso.

Etapas que consta de las siguientes fases:

Analizar el Proceso.

Evaluar la Situación Actual.

Evaluar el Estado Deseado.

Decidir sobre la Implantación de Ingeniería Concurrente.

6. 4. 2. a. Analizar el Proceso.

Dentro de la primera fase de esta segunda etapa, se debe trabajar en la modelización del Proceso General de Desarrollo de Producto, comprendiendo su funcionamiento exacto e interrelaciones entre las actividades de todo el Ciclo de Vida.

El concepto de IC conlleva que deben estar presentes todas aquellas áreas que necesiten reaccionar y tomar decisiones en cada una de las etapas del proceso de desarrollo de los productos, o gama de productos de esa unidad de negocio, y, por lo tanto, plantea complicaciones en cuanto a precisar qué áreas están realmente implicadas.

La utilización de un modelo que nos permita ver las interacciones ayudará en la definición posterior del *Equipo de Ingeniería Concurrente*. Este modelo constituye una herramienta definitiva como ventaja a la hora de implantar los entornos de IC, y permitirá consensuar una representación del proceso de desarrollo del producto comprensible para todos.

El modelo debe ser el objetivo principal de esta fase y será el punto de partida para cualquier consideración posterior. La técnica sugerida en esta fase es la de los diagramas IDEF, y en concreto la metodología IDEF0 (ver 3.2.1.a.).

6. 4. 2. b. *Evaluar la Situación Actual.*

La segunda fase de esta etapa consiste en definir exactamente cómo se encuentra la empresa respecto al proceso de desarrollo de producto para así valorar la posición desde la que abordar el desarrollo concurrente.

Para ello, es necesario realizar una auditoría del proceso actual de desarrollo de producto. Un sistema de evaluación que nos permita definir cuál es la situación actual del proceso y nos oriente hacia el estado deseado por cada empresa en particular.

A raíz del análisis realizado sobre las distintas metodologías de implantación, proponemos utilizar como base el sistema de evaluación diseñado por Carter y Baker de *Mentor Graphics Corporation*.

Si tenemos en cuenta que el objetivo de esta disertación es facilitar su implantación en pequeñas y medianas empresas, podemos afirmar que este tipo de sistema de evaluación permite identificar fácilmente cuál es el nivel de esfuerzo de trabajo en equipo y cómo las diversas tecnologías de la información facilitan la interacción.

La auditoría debe realizarla el *Equipo de Gestión de la Implantación* y los cuestionarios deben ser completados por los distintos expertos del proceso de desarrollo de producto. Consideramos que el número adecuado de personas debe estar comprendido entre un mínimo de cuatro y un máximo de diez para agilizar el análisis.

Propuesta de Sistema de Evaluación del Proceso de Desarrollo de Producto.

Nuestra propuesta para el sistema de evaluación del proceso de desarrollo de producto está compuesta de cuatro elementos fundamentales:

1. **Cuestionario para Evaluar la Situación Actual.** (Q_IIA). Permitirá determinar cuál es la situación del proceso de desarrollo de producto de la empresa. Se trata de un cuestionario dicotómico que identifica las prácticas actuales de la empresa.
2. **Matriz para Evaluar el Estado Deseado.** (Q_IIB). Esta matriz presenta una serie de escenarios hipotéticos sobre la que los expertos señalan cuál sería la forma de trabajar que consideran deseable para mejorar el proceso. Se describirá en el apartado 6. 4. 2. c.
3. **Diagrama de Cambio.** Este elemento permitirá reflejar gráficamente el desfase entre las prácticas de trabajo actuales y las que desearía la empresa para conseguir un entorno de trabajo más competitivo.
4. **Directrices de Innovación.** A partir del Radar de Necesidad de Cambio, el *Equipo de Gestión de la Implantación* establece las acciones a realizar para conseguir mejorar el proceso y las prioriza en cuanto a necesidades de innovación. Se describirá en el apartado 6. 4. 2. d.

El diseño del sistema de evaluación parte como ya habíamos dicho en lo básico del de Carter y Baker pero se desarrolla contemplando el modelo de *Next Generation Manufacturing*, de forma que analiza sus cuatro *Dimensiones*, evaluando una serie de *Factores Clave* según diferentes *Niveles de Madurez*.

- **Dimensiones de la Empresa.** Esta primera división nos permite entender las grandes áreas de interés en la empresa; para ello adoptamos las cuatro dimensiones principales que agrupan los imperativos de *Next Generation Manufacturing* (*Recursos Humanos, Procesos, Tecnología e Integración*).
- **Factores Clave.** Dentro de cada dimensión existen una serie de aspectos que denominaremos ‘Factores Clave’ que permiten identificar determinadas prácticas relacionadas con el desarrollo concurrente de productos.
- **Niveles de Madurez.** Para elaborar las preguntas del Cuestionario y los escenarios de la Matriz, hemos establecido una serie de estados de madurez para cada Factor Clave. Estos estados de madurez reflejan el nivel de esfuerzo de equipo no sólo en cuanto a comunicaciones sino también contemplando el nivel de colaboración necesario para conseguir mejorar el desarrollo de producto.

Dimensiones de la empresa

Estudiaremos la empresa desde cuatro dimensiones extrayendo así toda la información necesaria sobre el proceso de desarrollo de producto.

- **RECURSOS HUMANOS.** En esta dimensión identificamos cómo la dirección delega autoridad en las personas o equipos para agilizar el proceso de desarrollo de producto; cómo forma a las personas en las técnicas y herramientas necesarias y qué sistemas de incentivos se utilizan.
- **PROCESOS.** Dentro de esta dimensión identificamos aquellos Factores Clave relacionados directamente con los procedimientos de desarrollo de producto, a través de los cuales se satisfacen los distintos requisitos de los clientes y de la propia empresa.
- **TECNOLOGÍA.** En esta dimensión incluimos todos aquellos Factores Clave que nos permiten mejorar en el desarrollo de las comunicaciones entre los miembros de equipos concurrentes: gestión del producto, datos del producto y distribución de la información. También se analizan las herramientas de ingeniería asistida por ordenador que utiliza la empresa y cuáles son los canales de realimentación.
- **INTEGRACIÓN.** Esta dimensión permite analizar la integración de los equipos dentro del proceso de desarrollo del producto, y el nivel de cooperación de los suministradores.

Factores Clave.

Los **Factores Clave** nos permitirán identificar la manera de trabajar en la empresa en cuanto al nivel de comunicación durante el proceso de desarrollo de producto así como la utilización de recursos tecnológicos en el mismo. Factores Clave que consideramos fundamentales para determinar el entorno de IC y sobre los cuales basaremos nuestra estrategia de implantación, ya que nos permitirán definir acciones puntuales de mejora.

La Tabla 6.2 y la Tabla 6.3 reflejan los Factores Clave de nuestra propuesta, que entendemos son necesarios para completar el estudio de un entorno de IC.

	Factores Clave. Definición	Objetivos del Factor Clave
Recursos Humanos	Entrenamiento y Formación. Entrenamiento y Formación adecuada a individuos o equipos. Entrenamiento en resolución eficiente de problemas. Desarrollo de la creatividad trabajando con expertos y con otras disciplinas.	<i>Detectar los Planes de Formación y Entrenamiento de los empleados, tanto en el ámbito individual como para el trabajo en equipo.</i>
	Delegación de Autoridad. Coexistencia de niveles de autoridad y responsabilidad para el desarrollo del producto de forma independiente.	<i>Detectar el grado de delegación de poder para conseguir que los equipos y las personas tengan más flexibilidad.</i>
	Sistemas de Recompensas. Los individuos y los equipos son recompensados por sus acciones para incrementar así su motivación.	<i>Evaluar la alineación de los sistemas de indicadores estratégicos y de procesos con los incentivos a empleados y equipos.</i>
Procesos	Requerimientos del Cliente. Estudio de las necesidades de los clientes, transformándolas en definiciones, especificaciones y diseños del producto.	<i>Identificar hasta qué nivel está implicado el Cliente en el Proceso de Desarrollo de Producto.</i>
	Planificación del Desarrollo de Producto. Planificación del Proceso de desarrollo de un producto determinando la secuencia y paralelismo de actividades.	<i>Analizar cómo se planifica el proceso de diseño y fabricación del producto.</i>
	Metodologías de Diseño. Planificación del Producto, evaluación y métodos de diseño. Análisis e integración de tareas y procesos.	<i>Identificar qué metodologías se utilizan en el proceso de Diseño de Producto.</i>
	Datos de Ingeniería. Los datos del diseño y los datos sobre componentes están disponibles para todos los individuos y equipos.	<i>Comprobar cómo los distintos datos generados durante el proceso pueden ser analizados por otros departamentos para evaluar las interacciones.</i>
	Estándares. Utilización de procedimientos estándares y directrices de diseño de componentes; incluye su documentación y comunicación a los individuos y equipos.	<i>Analizar si se utilizan estándares para mejorar el proceso de diseño y facilitar la reutilización.</i>
	Validación. Procedimientos de determinación y validación de las especificaciones de ingeniería frente a los requisitos del cliente.	<i>Identificar de qué forma se realizan las validaciones según se avanza en el proceso de desarrollo de producto.</i>
	Documentación del Diseño. Las validaciones y actividades durante el proceso de desarrollo están perfectamente documentadas y medidas.	<i>Comprobar cómo se gestiona el conocimiento generado en el proceso de desarrollo de producto.</i>

Tabla 6.2. Factores Clave del Sistema de Evaluación propuesto.

	Factores Clave Definición	Objetivos del Factor Clave
Tecnología	Automatización de las Comunicaciones. Disponibilidad de herramientas que faciliten la comunicación y proporcionen el acceso a los datos del producto.	<i>Detectar cómo se consigue el trabajo en equipo con las nuevas tecnologías de la información.</i>
	Herramientas para Desarrollo de Producto. Disponibilidad de las herramientas necesarias de ingeniería asistida por ordenador para trabajar con modelos virtuales.	<i>Detectar qué herramientas existen y se necesitan para trabajar en equipo mediante las tecnologías de la información.</i>
	Gestión del Producto. Comunicación eficaz para la gestión del producto. Los individuos y los equipos entienden sus tareas y objetivos. Control del cumplimiento de las tareas y objetivos.	<i>Identificar cómo se gestiona el Desarrollo del Producto con ayuda de las tecnologías de la información.</i>
	Datos del Producto. Los datos del producto están completos y son precisos en todo instante del proceso. Los individuos y los equipos pueden acceder, manipular y cambiar los datos si fuere necesario.	<i>Identificar cómo se almacenan todos los datos relacionados con el producto de forma que la información esté controlada y sea a la vez transparente.</i>
	Distribución de la Información. La información se distribuye mediante procedimientos establecidos y los canales adecuados.	<i>Conocer cómo se distribuye la información entre las distintas áreas de la empresa.</i>
	Realimentación. Procedimientos de realimentación durante el proceso de desarrollo de producto. Identificación de desviaciones sobre los requerimientos del cliente, especificaciones del producto y otros requisitos. Revisiones e inspecciones, sugerencias para mejorar producto.	<i>Identificar cómo se utilizan los datos de ingeniería para conseguir realizar modificaciones rápidamente sobre el producto y/o proceso.</i>
	Optimización. La empresa responde a la continua evolución de la tecnología incorporándola para mejorar el proceso de desarrollo de producto.	<i>Detectar el grado de optimización del proceso con las nuevas Tecnologías.</i>
	Prototipaje Rápido de Producto. La empresa utiliza herramientas de creación rápida de prototipos para disminuir el proceso de desarrollo de producto.	<i>Identificar la utilización de herramientas de prototipaje rápido.</i>
Integración	Integración de Equipos. Los empleados se encuentran perfectamente integrados en el proceso de desarrollo de producto.	<i>Identificar el grado de integración de personas y equipos en el Proceso de Desarrollo de Producto.</i>
	Punto de Vista del Suministrador. El suministrador es parte importante del proceso de desarrollo de producto.	<i>Detectar el grado de implicación del Suministrador en el proceso de desarrollo de producto.</i>

Tabla 6.3. Factores Clave del Sistema de Evaluación propuesto.

Para cada uno de los Factores Clave estableceremos una batería de cinco preguntas (Cuestionario **IIA**) y una serie de cinco escenarios en función de los *Niveles de Madurez* del proceso.

Niveles de Madurez.

El hilo conductor de todas las preguntas realizadas en el cuestionario de situación actual y en la matriz de estado deseado, debe ser el nivel de comunicación para el trabajo en equipo por ser el aspecto fundamental de la Ingeniería Concurrente (ver definición apartado 6.2). Por ello entendemos que éste debe ser nuestro punto de atención y de evaluación a la hora de valorar el cumplimiento de los imperativos de NGM desde el enfoque de la Ingeniería Concurrente.

Para establecer los niveles de madurez del proceso de desarrollo de producto, entendemos que existen cinco niveles de esfuerzo de comunicación para conseguir el trabajo en equipo dentro de la empresa.

- **Proyecto.** El nivel de proyecto corresponde a un esfuerzo de comunicación mínimo, en el que los individuos pertenecientes a un departamento no necesitan intercambiar dinámicamente la información con el resto de los compañeros o con otros miembros de la empresa para desarrollar el producto. Existe una comunicación básica entre un grupo de personas pertenecientes a una misma disciplina que intercambian información para desarrollar el producto.
- **Programa.** El nivel de programa implica un esfuerzo de comunicación entre distintas disciplinas de ingeniería. En este caso se puede llegar a formar equipos multidisciplinares para intercambiar información y gestionar de una forma más interdisciplinar el proceso de desarrollo de producto.
- **Colaborativo.** Este nivel corresponde a un esfuerzo de trabajo multidisciplinar, con una comunicación fluida entre las distintas disciplinas implicadas en el proceso que, además de compartir información, se preocupan por innovar y mejorar el producto.
- **Empresa.** En este nivel el proceso de desarrollo de producto es tan complejo que requiere de muchos equipos multidisciplinares. Entonces se necesita desplegar toda la comunicación en el ámbito de toda la empresa. La empresa adopta formalmente la visión por procesos y los equipos buscan constantemente la innovación y mejora del producto, por lo que necesita de estructuras que la faciliten y la gestionen.
- **Global.** El nivel de comunicación global se adquiere cuando el proceso de desarrollo de producto incluye no sólo uno o diversos equipos multidisciplinares, sino que también implican de forma activa a suministradores y otras empresas de la cadena de valor. Este proceso de desarrollo permite el intercambio de información entre diversas empresas para generar productos mejores, más rápidamente y en el menor tiempo posible.

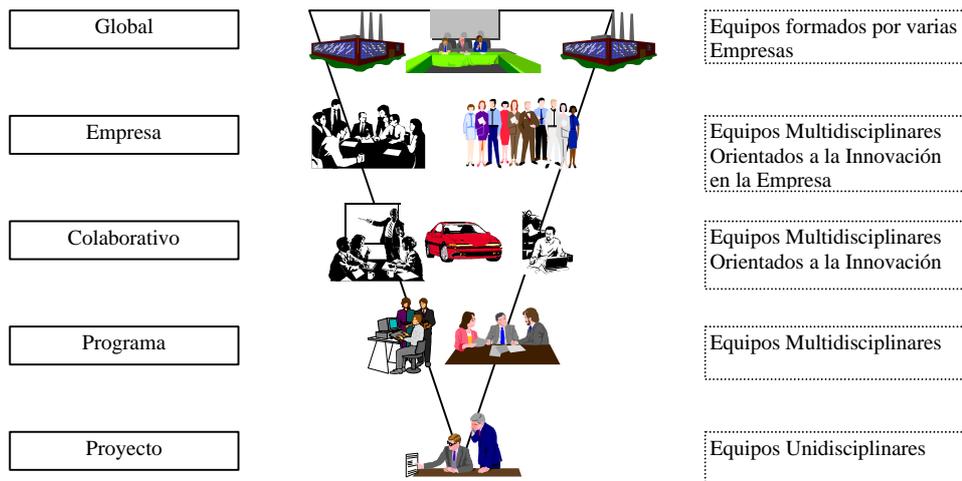


Figura 6.8. Niveles de Madurez.

De esta manera el sistema de evaluación se podría reflejar en un gráfico tipo radar según muestra la Figura 6.9.

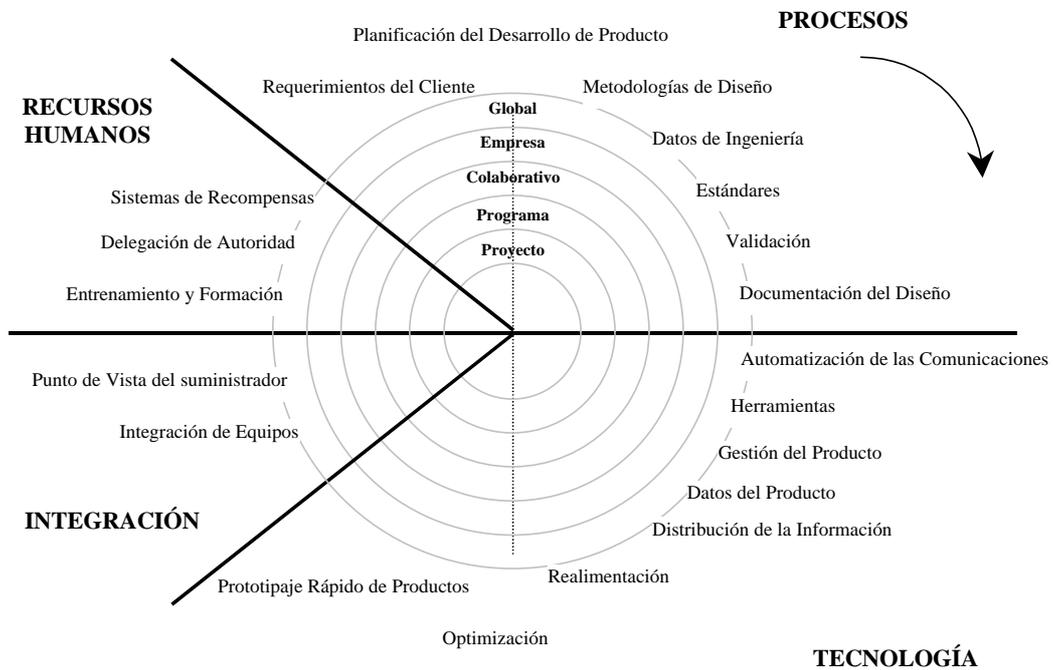


Figura 6.9. Dimensiones y Factores Clave para analizar el proceso de Desarrollo de Producto.

En la Tabla 6.4 podemos observar a partir de la descripción, de las preguntas y de los escenarios de relacionados con cada Factor Clave (anexos II y III), el grado de cumplimiento de los imperativos de NGM siguiendo el criterio propuesto en el apartado 5.9.2 del capítulo 5.

Dimensiones FACTORES CLAVE	Recursos Humanos		Procesos			Tecnología			Integración	
	Flexibilidad Trabajo	Cadena de Valor	Realiz. Rap. de Prod. Proc.	Gestión Innovación	Gestión del Cambio	Procesos y Equipamiento	Simulación y Modelización	Sistemas de Información	Colaboración Empresarial	Integración Empresarial
Recursos Humanos										
Entrenamiento y Formación	●	▶	▶	○	○	○	○	○	○	○
Delegación de Autoridad	●	○	▶	▶	▶	○	○	○	○	○
Sistemas de Recompensas	●	▶	▶	▶	▶	○	○	○	○	○
Procesos										
Requerimientos del Cliente	○	▶	●	▶	○	○	○	○	○	○
Planificación del Desarrollo de Producto	○	○	●	○	▶	○	○	○	○	○
Metodologías de Diseño	○	▶	●	●	▶	●	○	○	○	○
Datos de Ingeniería	○	○	●	●	○	○	○	●	○	○
Estándares	○	○	●	○	○	▶	○	▶	○	○
Validación	○	○	●	○	●	○	○	●	○	○
Documentación del Diseño	○	○	●	▶	▶	○	●	○	○	○
Tecnología										
Automatización de las Comunicaciones	○	○	▶	○	○	●	○	▶	○	○
Herramientas para Desarrollo de Producto	○	○	▶	●	○	●	●	▶	○	▶
Gestión del Producto	○	○	▶	○	○	○	○	●	○	▶
Datos del Producto	○	▶	▶	○	○	●	○	●	▶	○
Distribución de la Información	○	○	▶	●	○	▶	▶	●	○	▶
Realimentación	○	▶	▶	▶	▶	○	●	○	○	○
Optimización	○	○	●	●	○	○	●	○	○	▶
Prototipaje Rápido de Producto	○	○	○	▶	○	○	○	○	○	○
Integración										
Integración de Equipos	○	▶	▶	▶	○	▶	○	▶	▶	●
Punto de vista del Suministrador	○	▶	▶	▶	○	○	○	○	●	●

Tabla 6.4. Factores Clave del Sistema de Evaluación propuesto frente a los Imperativos de NGM. (●=relación fuerte, ▶=relación moderada, ○=relación débil)

Si comparamos la Tabla 6.4 con las tablas 5. 18 y 5.19 podemos observar que nuestro sistema de indicadores resuelve los aspectos de los últimos modelos de excelencia que no abordaban RACE y Carter y Baker.

Así nuestro modelo pretende ser más completo, adaptándose a NGM y resolviendo lagunas que dejaba el sistema anterior. Además, los factores están orientados a analizar los distintos ámbitos de interés de los entornos de IC propuestos en el capítulo 3.

De esta forma, aportamos nuevos Factores Clave como: *Sistema de Recompensas* (RH), *Metodologías de Diseño* (P), *Herramientas para el Desarrollo de Producto* (T), *Prototipaje Rápido de Producto* (T), *Distribución de la Información* (T) y *Punto de Vista del Suministrador* (I).

Otros Factores Clave fueron definidos nuevamente y simplificados para garantizar su comprensión como: *Delegación de Autoridad* (RH) y *Automatización de las Comunicaciones* (T) - originalmente *Apoyo para la Automatización* -. De la misma o mismo que *Requerimientos del Cliente* (P) - *Definición de Requerimientos* -, *Datos de Ingeniería* (P) - *Ingeniería de Componentes* -, *Planificación del Desarrollo de Producto* (P) - *Perspectiva de Planificación* - y *Documentación del Diseño* (P) - *Proceso de Diseño* -.

Por su parte los Factores Clave se decidió adoptar el resto de Factores Clave realizan ligeras modificaciones en su definición y en las preguntas. Factores entre los que se encuentran *Entrenamiento y Formación* (RH), *Estándares* (P), *Validación* (P), *Gestión del Producto* (T), *Datos del Producto* (T), *Realimentación* (T), *Optimización* (T) e *Integración de Equipos* (I).

Sobre el cuestionario, del cual mostramos un fragmento en las Tabla 6.5, se señala la perspectiva, de cada uno de los expertos seleccionados, sobre la situación actual del proceso de desarrollo de producto.

TECNOLOGÍA			
	Herramientas para el Desarrollo de Producto Disponibilidad de las herramientas necesarias de ingeniería asistida por ordenador para trabajar con modelos virtuales.		
56	¿Utilizan los departamentos herramientas de diseño y fabricación asistidas por ordenador?.	SI	NO
57	¿Pueden las herramientas de diseño y fabricación interaccionar para compartir datos del producto?.	SI	NO
58	¿Pueden las herramientas asistidas por ordenador compartir datos de producto en cualquier instante del proceso de desarrollo de producto?.	SI	NO
59	¿Están las herramientas disponibles para cualquier departamento de la empresa?.	SI	NO
60	¿Son las herramientas asistidas por ordenador capaces de integrarse con las de los clientes y/o suministradores?.	SI	NO

Tabla 6.5. Batería de preguntas de la Situación Actual de un Factor Clave del Sistema de Evaluación propuesto.

Una vez rellenado los cuestionarios IIA, por los diversos participantes en esta etapa, se traslada a una solución la general estimando como válida una respuesta afirmativa de, al menos, el 80 % de los entrevistados. Consideremos que este análisis es cualitativo.

Finalmente, y para una mejora comprensión, se refleja gráficamente la información obtenida de la situación actual en el diagrama radar (Figura 6.10).

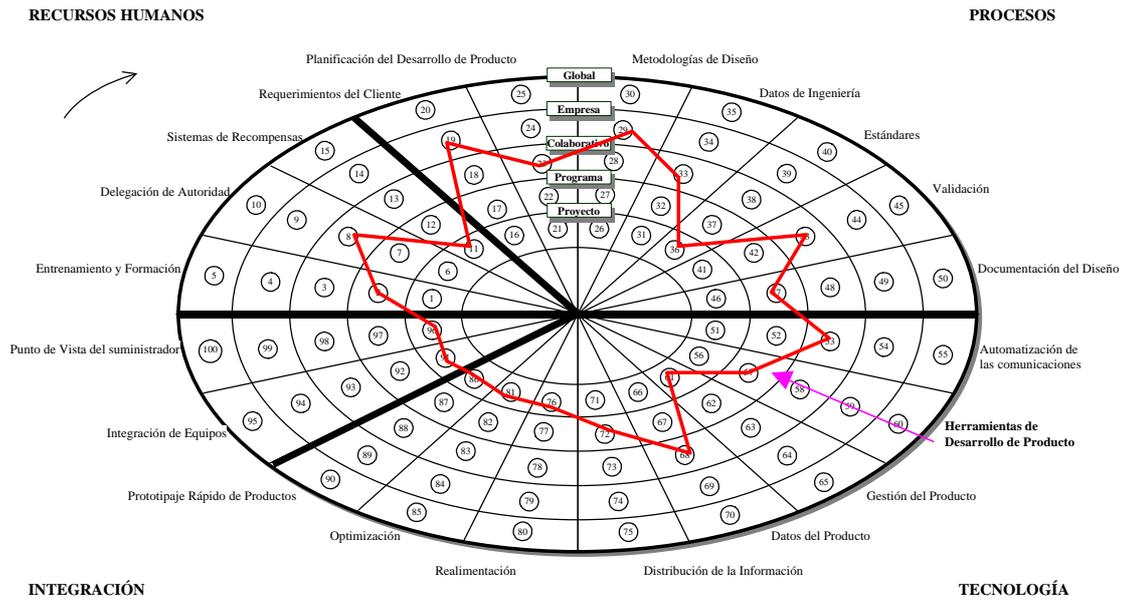


Figura 6.10. Situación actual del proceso de desarrollo según los expertos.

Este formato radar nos permite identificar gráficamente las carencias de los factores clave del proceso de desarrollo de producto y determinar así las acciones necesarias para mejorarlo.

6. 4. 2. c. *Evaluar el Estado Deseado.*

Una vez realizado el análisis de la situación actual, debemos establecer el estado deseado de la empresa respecto de cada uno de los Factores Clave.

Con ese objetivo se utiliza ahora el cuestionario **IIB**, definido anteriormente como *Matriz de Estado Deseado*. En esta matriz se identifica el estado deseado por la empresa respecto de cada uno de los Factores Clave, basándonos en la metodología de Mentor Graphics pero con las modificaciones propuestas.

Con el mismo procedimiento que en las encuestas anteriores se realiza una serie de preguntas sobre el estado deseado, de manera que los expertos marcan (Tabla 6.6) la situación que consideran oportuna para establecer un proceso de desarrollo de producto. Este entorno será el que a su entender permita a la empresa ser más competitiva en un mercado de diseño de productos muy exigente.

MATRIZ DE ESTADO DESEADO	
TECNOLOGÍA	
Herramientas para el Desarrollo de Producto	
PROYECTO	Existe una herramienta de diseño o ingeniería asistida por ordenador compartidas por un equipo multidisciplinar. Existen plataformas aisladas de hardware y software en cada departamento.
PROGRAMA	Existen herramientas de ayuda al diseño y a la ingeniería que pueden interaccionar entre sí. El equipo multidisciplinar puede compartir hardware y software.
COLABORATIVO	Se utilizan herramientas que permiten trabajar simultáneamente sobre un mismo modelo en el desarrollo de producto. Las herramientas están integradas dentro del entorno de desarrollo de producto.
EMPRESA	Las herramientas de ayuda al diseño y a la ingeniería están disponibles en toda la empresa y no sólo para determinados departamentos.
GLOBAL	Las herramientas de diseño o ingeniería asistida por ordenador son capaces de integrarse con las que poseen los clientes y/o suministradores.

Tabla 6.6. *Matriz de Estado Deseado de un Factor Clave del Sistema de Evaluación propuesto.*

Obviamente el método de la entrevista siempre es exponiendo el supuesto de nivel inferior para ir pasando con posterioridad al nivel superior; nivel que se deberá marcar si se considera deseado y dejarse en blanco si se considera innecesario por el tipo de empresa o producto o demasiado.

Con el mismo procedimiento de traslación de resultados, reflejaremos el estado deseado junto con la situación actual en el **Diagrama de Cambio** - gráfico tipo radar - (anexo IV) para poder determinar las debilidades y líneas de actuación (Figura 6.11).

Con este gráfico podremos diseñar una estrategia de actuación para mejorar el proceso y podremos definir un proyecto piloto para realizar una experiencia con el proceso encuadrado dentro del estado deseado.

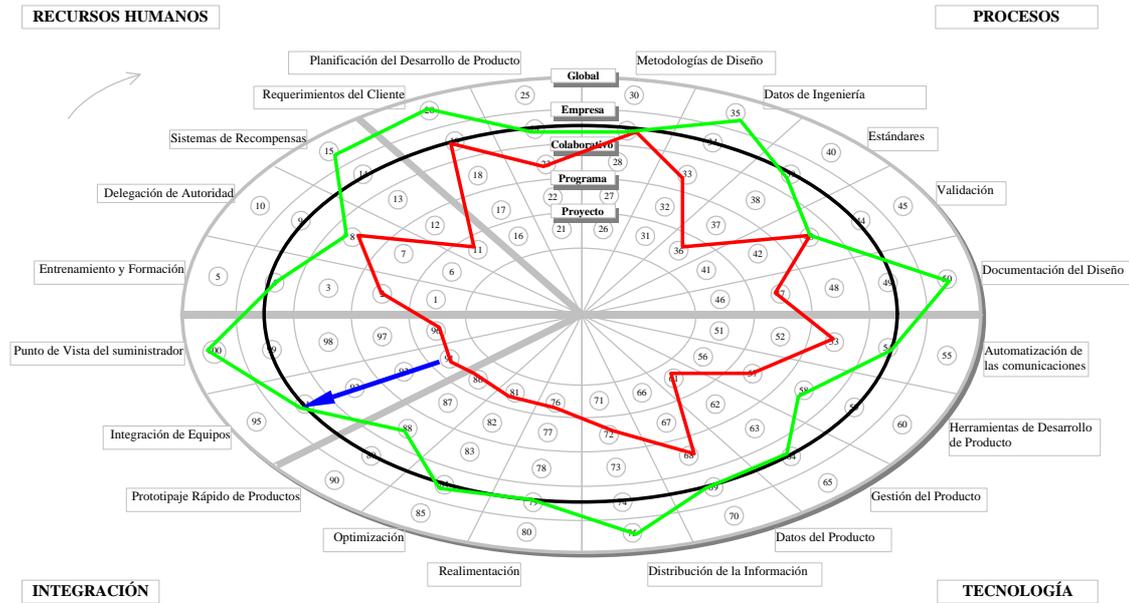


Figura 6.11. Diagrama Radar de la Situación Actual y del Estado Deseado de la empresa.

Los resultados de estos dos cuestionarios nos permitirán determinar cuál es el grado de cambio necesario para el proceso de desarrollo de producto en la empresa. Este cambio deberá buscar el **equilibrio** entre todos los Factores Clave para obtener un buen entorno de IC, tal y como muestra la figura.

Así un nivel equilibrado (Figura 6.11) debe incluir la mayoría de las situaciones deseadas y se debe acceder a cada una de ellas progresivamente. Esto es, será necesario priorizar Factores a mejorar y determinar si se accede directamente al nivel deseado desde la situación actual o mediante un nivel intermedio.

6. 4. 2. d. Decidir sobre la Implantación de IC.

Llegados a esta fase el *Equipo de Gestión de la Implantación* debe tomar una decisión de seguir adelante e implantar la IC, o desestimar la idea. Es ahora cuando se debe de estar totalmente convencido de que la IC puede ser una nueva manera de competir para la empresa. Para ello los jefes de departamento deben comprender claramente que la nueva filosofía puede resultar beneficiosa para el desarrollo de los productos de la empresa, y que vale la pena al menos un proyecto piloto.

Con la información generada por los dos cuestionarios, reflejada en el Diagrama de Cambio, el *Equipo de Gestión de la Implantación* establece las *Directrices de Innovación*. Estas directrices determinan cada uno de los Factores Clave que se debe mejorar o potenciar en el proceso y en qué orden se debe actuar para optimar el cambio (anexo IV).

DIRECTRICES DE INNOVACIÓN						
Factor Clave	Prioridad	Estado actual	Estado deseado	Acciones	Completado	Comentarios
Entrenamiento y Formación	1	Programa	Empresa	Cursos de Formación. Reuniones Informales	✓	
Herramientas para el Desarrollo de Producto	2	Programa	Colaborativo	Inversión en Equipos	-	

Tabla 6.7. Directrices de Innovación.

Se debe evaluar perfectamente el riesgo del proyecto de implantación (Figura 6.12) utilizando de nuevo un sistema análogo al sistema de matrices de Martin Buss para planificar el tipo de proyecto que se desea llevar a cabo y la relación coste/beneficio.

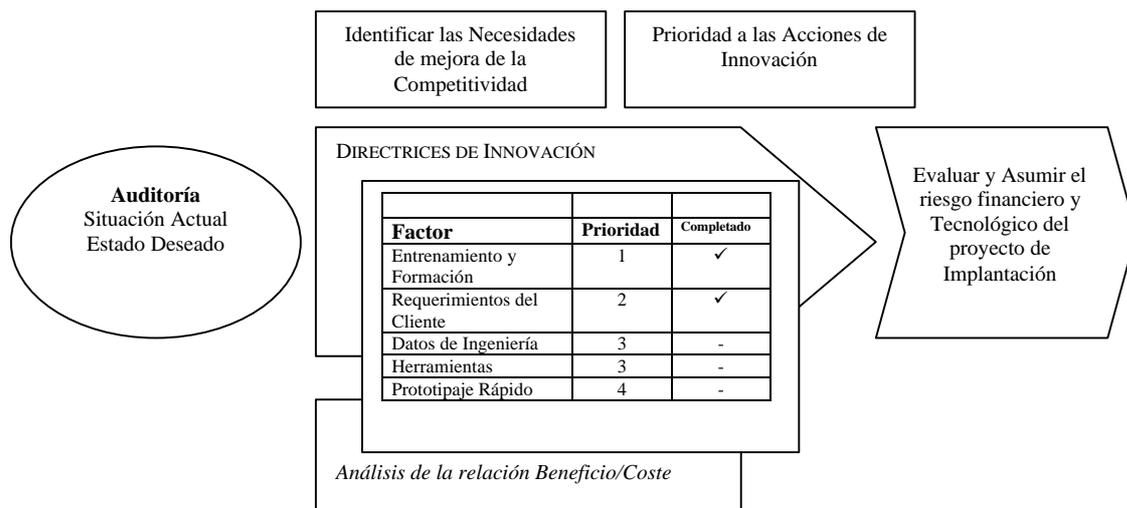


Figura 6.12. Evaluación del riesgo del Proyecto a través de la Auditoría y de las Directrices de Innovación.

Ahora bien, antes de tomar la decisión conviene determinar si la relación beneficio/coste de la innovación es sostenible por la empresa [Frame, 94]. Una aproximación básica vendría determinada por el cociente entre las ventas derivadas por el lanzamiento del producto antes que los competidores (Figura 2.5), por el ratio de beneficios nos pueda proporcionar y por la probabilidad de éxito del proyecto de implantación de la IC, respecto de los costes estimados para la innovación del proceso (Figura 6.13).

$$\frac{\text{Ventas Estimadas} \times \text{Ratio de Beneficios Estimado} \times \text{Probabilidad de Éxito}}{\text{Costes Estimados}}$$

Figura 6.13. Relación beneficios / coste del proyecto de innovación.

El proyecto de innovación del proceso de desarrollo de producto debe quedar perfectamente acotado y definido, pues supondrá un esfuerzo significativo de transformación para la empresa y no puede dejarse ninguna acción por definir.

Así, el Equipo de Gestión de la Implantación deberá reflejar en el informe **I_2** todos los factores sobre los que se debe actuar y en que grado para alcanzar el estado deseado delimitando el ámbito de implantación.

Sin embargo, cabe remarcar que consideramos que para conseguir un entorno de Ingeniería Concurrente mínimamente competitivo debe accederse al nivel de madurez definido como '**Colaborativo**'.

6. 4. 3. Rediseño del Proceso.

Realizar un nuevo Modelo del Proceso Seleccionado.

Seleccionar las nuevas Metodologías de Trabajo.

Seleccionar las Tecnologías de la Información para el nuevo Proceso.

Definir un Sistema de Indicadores para controlar el Proceso.

Identificar las Barreras.

Planificar el Cambio.

6. 4. 3. a. Realizar un nuevo Modelo del Proceso Seleccionado.

La primera fase de esta etapa consiste en mejorar el modelo del proceso de desarrollo del producto, realizando las modificaciones necesarias de forma que se adapte a las exigencias del trabajo en paralelo.

La revisión del modelo supondrá una redefinición de las actividades y la delimitación de las etapas, de forma que permitan el intercambio de información entre las distintas áreas de la empresa, para innovar en el desarrollo de producto y siempre en función del nivel de madurez deseado en la etapa anterior.

Asimismo, el nuevo modelo debe permitir identificar las funciones que deben intervenir en el trabajo en equipo y las interrelaciones de todos sus miembros ayudando a determinar así el *Equipo de Ingeniería Concurrente*.

De manera que en esta primera fase se tienen que realizar dos actividades principales:

Definición del Equipo de Ingeniería Concurrente.

Acotación de Tareas y Funciones.

Definición del Equipo de Ingeniería Concurrente.

Como es obvio en el nuevo modelo de desarrollo de producto necesitaremos identificar las dependencias e interacciones entre las distintas actividades para así poder configurar el equipo de trabajo de Ingeniería Concurrente. Pero aún estando claros estos aspectos la definición del *Equipo de Ingeniería Concurrente* puede plantear distintos problemas, ya que en función del tipo de producto y de la persona que lidere el equipo pueden configurarse diversas estructuras, a las que son inherentes ciertos conflictos o problemáticas.

Por ejemplo, si se desarrolla un producto donde el valor añadido radica en el diseño percibido por el cliente, deben ser los diseñadores los que ejerzan como líderes del equipo, y el resto del equipo tiene que permanecer receptivo a ideas que anteponen la tecnología de fabricación al diseño.

Por otra parte, si lo que importa es la competencia en costes y son los Ingenieros de Fabricación los que lideran el equipo, puede ocurrir que, por ejemplo, al variar el producto mejorando el proceso de fabricación se pierda en el diseño.

Por el contrario, en empresas que deben estar cambiando continuamente respondiendo a los deseos de sus clientes, puede ser apropiado que el líder del equipo sea un director comercial que, sin embargo, suele entrar en conflicto con el resto de las áreas.

Con este escenario, cualquier configuración del equipo promete ser delicada y se deberá prestar la máxima atención a este punto que es de vital importancia, pues del *Equipo de Ingeniería Concurrente* dependerá el éxito futuro de cualquier proyecto piloto y, por tanto, de la implantación.

Acotación de Tareas y Funciones.

En la segunda actividad se definen las tareas que deberá desempeñar cada uno de los miembros del *Equipo de Ingeniería Concurrente*, y clarificar el papel del equipo dentro del proceso; generalmente cada miembro desempeñará funciones englobadas en su ámbito de especialidad.

En el proceso de desarrollo de productos asistido por ordenador es muy importante determinar las distintas fases del proceso y quién tiene permiso para realizar modificaciones o acceder a los datos en función de su papel. Asimismo será necesario determinar quién es el encargado de validar los diseños en cada fase del proceso.

Para ello, se deberá definir una serie de permisos o ‘Lista de Control de Accesos’, que permitirá definir quién tiene permiso para acceder a determinada información.

Nuestra propuesta es que, una vez identificadas las áreas que deben participar en el proceso de desarrollo de producto, se deben seleccionar aquellas personas cualificadas que presenten una actitud emprendedora (tabla 3.4) y definir claramente el papel de cada uno tras el consenso. El líder del equipo debería ser aquella persona que tenga mayor experiencia en el proceso.

6. 4. 3. b. *Seleccionar las nuevas Metodologías de Trabajo.*

Las directrices de innovación determinadas en la etapa anterior, junto con las prioridades de mejora definidas en la primera etapa, permitirán al *Equipo de Gestión de la Implantación* identificar las metodologías necesarias para el diseño y el trabajo en equipo teniendo en cuenta el tipo producto de la empresa, su proceso de desarrollo y su ciclo de vida.

La transformación del proceso puede suponer la selección de diversas metodologías específicas para la unidad de negocio y el proceso. Sin embargo, en la ejecución del proyecto piloto no se deben abordar todas sino las más relevantes como pueden ser las de Diseño para Fabricación que, además, facilitarán el entendimiento entre dos departamentos hasta ahora incomunicados: diseño y fabricación.

En cualquier caso, será necesario adoptar alguna metodología sencilla de trabajo en equipo para las reuniones personales como pueden ser el *Diagrama de Afinidades* o la *Técnica de Grupo Nominal*.

Las metodologías más específicas como el Despliegue de la Función de Calidad o las Técnicas Taguchi, entre otras, pueden encontrarse en la lista de prioritarias pero deben implantarse cuando se haya desarrollado a cabo con éxito un proyecto piloto.

Una pequeña guía para la selección de las metodologías quedaría como sigue:

- Analizar el nuevo modelo de Proceso de Desarrollo de Producto.
- Indicar las posibles metodologías a aplicar en cada etapa y actividades del proceso (ver figura 3.15).
- Realizar una clasificación en cuanto al nivel de complejidad e implicación de áreas.
- Determinar las que requieren formación por parte de agentes externos, y las que deben desarrollarse internamente como, por ejemplo, una metodología de diseño para un proceso específico.
- Seleccionar las de interés y priorizarlas para su despliegue en un proyecto prototipo. Independientemente de que posteriormente sean revisadas y filtradas.

6. 4. 3. c. *Seleccionar las Tecnologías de la Información para el nuevo proceso.*

La selección y adquisición de hardware y de software dependerá del escenario deseado y del nivel tecnológico y dimensión de la empresa. En función de las directrices de innovación se pueden establecer distintos entornos de IC.

Esto es, si se decide implantar un entorno de IC simplemente basado en el trabajo en equipo, solamente necesitaremos metodologías de diseño o programas de calidad. Mientras que si se decide implantar un entorno de IC Asistido por Ordenador (ICAO) deberemos hacerlos a través de herramientas asistidas por ordenador que cubran el campo del CAD/CAM/CAE y de la comunicación.

Como aproximación general a las herramientas que deberían adquirirse cabe indicar que tienen que abarcar aplicaciones como:

- Diseño, Ingeniería y Fabricación Asistidos por ordenador. Herramientas de simulación y análisis para las diversas disciplinas de ingeniería. Será imprescindible que exporten e importen ficheros en formato neutro STEP (ISO 10303).
- Herramientas de Modelización y Simulación de Procesos de Fabricación - Producción.
- Una Base de Datos orientada a Objetos. Herramientas de documentación inteligente que permitan gestionar toda la información del proceso de desarrollo de producto.
- Servicios Genéricos de Comunicación. Correo electrónico o vídeo conferencia.

Una vez establecidas las metodologías de diseño y seleccionadas las herramientas, es necesario establecer un marco y una arquitectura sobre la que trabajar (Figura 3.24). En una implantación ICAO la definición de los equipos centrales (servidores de datos y aplicaciones) y los servicios de red (configuración y velocidad de transferencia de información) debe ser prioritaria; pasando con posterioridad a la selección de las estaciones de trabajo que pueden utilizar los ingenieros.

Si la empresa dispone ya de alguno de estos sistemas puede ocurrir que se incremente la variedad de aquellos que tienen que interaccionar para trabajar en equipo. Esto puede complicar mucho el trabajo en equipo con datos electrónicos y, en especial, su mantenimiento.

La integración se hace difícil, y todavía más compleja de implementar, si se tiene que compaginar con una multiplicidad de sistemas operativos, protocolos de red o estándares de ventanas de trabajo. Los sistemas operativos como UNIX® o Windows NT® son los básicos que se suelen utilizar y mediante protocolos TCP/IP® se puede conseguir la integración real de trabajo.

Todo esto se puede hacer con un pequeño esfuerzo si, por ejemplo utilizamos ordenadores basados en Windows NT® que pueden ser integrados con ordenadores UNIX® e incorporando programas que proporcionen TCP/IP® y X-Windows para apoyo de PC's.

Al final, se debe adoptar algún estándar concreto para permitir que los servicios de IC operen desde cada puesto a través de un servidor, de manera que los ficheros puedan ser intercambiados y que los datos sean mantenidos en un espacio público que pueda llegar a ser visible y accesible a todos.

6. 4. 3. d. Definir un Sistema de Indicadores para controlar el Proceso.

El éxito final del proyecto piloto, correspondiente a la siguiente etapa, depende del logro de los objetivos estratégicos establecidos en la primera etapa. Es necesario entonces definir un sistema de indicadores que permita controlar el nuevo proceso de desarrollo de producto. De esta forma podremos evaluar los beneficios reales que supone la introducción de las nuevas tecnologías y, consecuentemente, de su alineamiento real con la estrategia de la empresa.

Entre la serie de indicadores disponibles, y aquellos nuevos que pudieran definirse, deberán seleccionarse los primarios o secundarios necesarios para evaluar el proceso actual de desarrollo de producto y compararlo con el nuevo y evaluar así el proyecto piloto. El procedimiento a seguir debe ser el explicado en el apartado 3.2.2 (Figura 3.7) que podemos resumir en:

- Analizar las etapas y actividades en el nuevo Modelo.
- Definir los Indicadores Primarios sobre el mismo (Tabla 3.1).
- Definir los Indicadores Secundarios y alinearlos con los Primarios (Tabla 3.2).
- Establecer los Inductores de Actuación y sus relaciones con los Indicadores (Tabla 3.3).
- Definir responsables y procedimientos para recogida de datos (método, periodicidad, etc.)

La lista de indicadores disponibles o capaces de crearse es inmensa, por lo que al menos para el proyecto piloto es necesario acotarlos a los objetivos básicos que se pretenden con la IC como:

- *Tiempo de Desarrollo.*
- *Número de Cambios de Ingeniería.*
- *Número de revisiones.*
- *Reutilización de piezas estándar.*

6. 4. 3. e. *Identificar las Barreras al Cambio.*

Durante el rediseño del proceso deberán identificarse las posibles *barreras técnicas* y *organizativas* de entre las descritas en el capítulo 4, y algunas nuevas que puedan aparecer debidas a particularidades de la empresa.

La mayoría de las *barreras técnicas* y *organizativas* se lograrán detectar con el apoyo de la auditoría previa realizada en la etapa II. Sin embargo, algunas de ellas no serán tan fácilmente reconocibles aunque podremos detectar ciertas actitudes en la empresa que nos permitirán prevenirlas.

Las barreras técnicas deberán ser superadas por medio de un plan de implantación y la correspondiente inversión en las herramientas necesarias para alcanzar el nivel de madurez establecido y a través de los cursos específicos de formación en las mismas que deben plantearse a largo plazo. Lo mismo cabe decir respecto de la utilización de metodologías de diseño integradas.

Sin embargo, estas barreras se refieren al cambio y no al propio proceso de aplicación. Esto es, en los entornos de Ingeniería Concurrente Asistidos por Ordenador además del esfuerzo en la comunicación y en las relaciones personales, deberemos contemplar las barreras propias que aparecerán con la utilización de las nuevas tecnologías.

Así, el diseño de interfaces de usuario y la gestión de los datos del producto representa un papel importante. El entorno debe permitir fácilmente todas las clases de transacciones alrededor de los datos del producto, para hacer que la perspectiva de un miembro del equipo pueda compartirse bajo muchas clases de información, e influir en el trabajo de otros miembros del equipo. La configuración podría incluir los protocolos por los cuales cierta información se distribuye en la organización, y replicas electrónicas específicas de formularios que serán utilizados para conducir ciertos tipos de transacciones como revisiones, autorizaciones de trabajo, cambio de órdenes de ingeniería, etc.

Respecto de las barreras organizativas el apoyo de la alta dirección debe estar asegurado desde el momento en que el proceso de reingeniería se ha iniciado, implicándose desde la primera etapa. Las directrices de innovación también deben permitir establecer un sistema de recompensas acorde con los niveles de madurez establecidos, de forma que el equipo de IC trabaje con la suficiente motivación. Para crear un clima adecuado y la cooperación de los directivos y mandos intermedios es necesario realizar sesiones informativas en las que estos comprendan el beneficio global que supondrá la nueva manera de trabajar.

En cualquier caso una vez iniciado el proceso de implantación y puesta en marcha la filosofía existirán ciertos tipos de actitudes en el ámbito corporativo y en el directivo, que supondrán pequeños obstáculos al proceso al aparecer aleatoriamente.

Actitudes corporativas como la falta de procedimientos y aptitud para el trabajo en equipo, la ausencia de compromisos con el cliente o la falta de presupuesto para ese “nuevo departamento”. O bien actitudes desde la dirección en cuanto a desinterés en apoyar los valores de equipo, poco entusiasmo ante la delegación o carencia de tiempo para desarrollar la IC.

6. 4. 3. f. *Planificar el Cambio.*

La planificación del cambio constituye la última fase de esta etapa y en ella se deberá definir un proyecto piloto como paso previo a la transformación total y decidir su ejecución.

Esto quiere decir que, una vez rediseñado el proceso y vistas todas sus ventajas e inconvenientes, se debe decidir seguir adelante con el proceso de implantación mediante dicho proyecto o, simplemente, realizar mejoras en el proceso de desarrollo de producto, sin entrar en el despliegue de la IC.

Para ello, la selección y planificación del proyecto piloto deberá considerar aspectos fundamentales como son los siguientes:

1. **Seleccionar y Clarificar las Especificaciones Funcionales del Proyecto Piloto.** El *Equipo de Gestión de la Implantación* debe seleccionar el proyecto piloto a partir del análisis y de las Directrices de Innovación. Así, se debe concretar el alcance del proyecto indicando las áreas de deben implicarse y determinando si el nivel de madurez deseado se va a implantar totalmente o si se alcanza progresivamente. Se debe hacer hincapié en las necesidades de formación y entrenamiento para conseguir los cambios de actitud y formas de trabajo. Uno de los aspectos importantes radica en prestar atención a los recursos humanos lo que significa establecer un sistema de recompensas que permita estimular el trabajo en equipo manteniendo las pautas de promoción profesional.
2. **Detallar las Especificaciones del Producto.** El *Equipo de Gestión de la Implantación* deberá ahora especificar el producto y vincularlo a las áreas para identificar el *Equipo de Ingeniería Concurrente para el proyecto piloto*. Posteriormente seleccionará a los miembros del *Equipo de Ingeniería Concurrente* que estudiarán las especificaciones funcionales del producto y detallarán los aspectos conceptuales y físicos del mismo.
3. **Concretar el Proyecto Piloto.** El control pasa ahora a manos del *Equipo de Ingeniería Concurrente que*, junto con los asesores, debe planificar detalladamente el proyecto de desarrollo del producto, listando todas las tareas a realizar y asegurándose de que todos los aspectos están definidos apropiadamente. La tarea más difícil consiste ahora en seleccionar al líder del proyecto piloto lo que requiere del consenso y aprobar de todos los miembros del *Equipo de Ingeniería Concurrente*.
4. **Generar el Plan de Trabajo y Definir las Infraestructuras Necesarias.** El Equipo debe establecer prioridades entre todas las tareas que componen el proyecto, tanto del proceso de desarrollo como de las actividades de formación inicial o en paralelo. En la generación del plan deberán indicar después de cada actividad las que le preceden inmediatamente y elaborar un gráfico del entorno de trabajo para ilustrar la correcta configuración. Esto permitirá estudiar los recursos necesarios, tras lo que deberán revisar y aprobar el plan de trabajo y las inversiones en infraestructuras. Identificar el camino crítico en un diagrama tipo Gantt o PERT.

5. **Validar la Situación de los Recursos.** Estas últimas actividades son ya propias de la planificación de proyectos y en ellas se deberá diseñar la estructura del trabajo y asignar a los expertos las tareas correspondientes. A partir de aquí se procurará obtener financiación por parte de la gerencia y modificar la configuración de la infraestructura si fuere necesario. Todos los miembros del *Equipo de IC* deben revisar y aprobar el plan de recursos.
6. **Generar la Distribución de Costes.** Dibujar una curva de costes en función del tiempo utilizando la misma escala que en el plan de infraestructuras y que en el histograma de recursos. Todos los miembros del *Equipo de Ingeniería Concurrente* deben aprobar la distribución de costes.
7. **Informe sobre el Plan a la Alta Dirección y Petición de Fondos.** Debido a que los expertos y miembros *Equipo de Ingeniería Concurrente* han sido implicados podemos asegurar que se ha realizado la mejor planificación posible para el proyecto piloto. Ahora el líder del proyecto tiene la responsabilidad de presentar el plan para su aprobación por parte de la Alta Dirección.

Con el visto bueno de la dirección procederíamos a ejecutar el proyecto piloto que puede realizarse por el equipo en paralelo a las actividades habituales de la empresa. La planificación del cambio debe venir reflejada en el **informe I_3** (Anexo VI).

En cuanto a la selección y creación del *Equipo de Ingeniería Concurrente* para el proyecto piloto, cabe destacar ciertas consideraciones básicas que sería deseable tener en cuenta para poder desarrollar el proyecto de forma óptima:

1. El **tamaño** del equipo debe estar limitado de cinco a nueve personas.
2. Hay que **incluir** a las **personas que puedan prever cambios** ingenieriles en las últimas fases del proceso de desarrollo del producto.
3. Si se integra apropiadamente a las personas, se conseguirá que los miembros del equipo estén tan **compenetrados** que no puedan pasar los unos sin los otros.
4. Se debe permitir a cada miembro individual **desarrollar completamente la responsabilidad que le ha sido asignada**.
5. Se le debe proporcionar a cada miembro del equipo las **herramientas adecuadas**.
6. Deben trabajar todos con una **base de datos común**.
7. La misma gente que especificó los **requerimientos de diseño**, son aquellos que deben estar hasta el final para conseguir que el producto satisfaga los mismos.
8. El equipo debe **ir más allá de las especificaciones escritas**, intentando identificar todas las necesidades que el cliente también valoraría positivamente.

6. 4. 4. Desarrollo del Proyecto Piloto.

Formar al Equipo de IC en las Metodologías y Herramientas Seleccionadas.

Ejecutar el Proyecto Piloto.

Analizar el Proyecto Piloto.

Decidir Transformar el Proceso

6. 4. 4. a. Formar al Equipo de IC en las Metodologías y Herramientas Seleccionadas.

La formación es el punto de partida para introducir los cambios que pudieran acompañar la adopción de la IC en toda la organización y por ello deberá realizarse de forma previa a la ejecución del proyecto piloto.

La duración de la formación en la filosofía de la IC y su contenido debe plantearse de forma gradual ya que el entrenamiento no es un para un proyecto limitado en el tiempo, sino para un proceso de mejora continua.

Dentro del ámbito del proyecto piloto no es posible, y tampoco necesario, implantar cada uno de los aspectos conocidos de la filosofía de la IC. En la definición del proyecto piloto realizada en la etapa anterior han sido seleccionadas aquellas metodologías y herramientas suficientes para asegurar el éxito.

Si el proyecto piloto realizado sólo con ciertos aspectos de la IC se desarrollase satisfactoriamente, podría estimular el entorno de IC y el espíritu de la mejora continua en toda la organización, cuando se dé cuenta de los beneficios alcanzados.

Paralelamente a la formación en las metodologías de Diseño de Producto y técnicas de Trabajo en Equipo, se deberá formar a los miembros del Equipo en las distintas herramientas asistidas por ordenador seleccionadas y en el nuevo entorno de comunicaciones. Es decir, la formación en estos ámbitos no tiene porqué ser secuencial, y puede realizarse en paralelo entre sí, en función de las necesidades planificadas para el proyecto piloto.

Así, en esta fase se formará al *Equipo de Ingeniería Concurrente* en cuatro ámbitos claramente diferenciados:

- *Trabajo en Equipo*
- *Metodologías de Diseño.*
- *Herramientas de Diseño e Ingeniería.*
- *Entorno de Comunicaciones.*

Formación en Metodologías de Trabajo en Equipo.

La etapa de Desarrollo del Proyecto Piloto debe iniciarse con una formación para realizar el trabajo en equipo y así reforzar los valores del trabajo diario en equipo. Es necesario formar a los miembros del *Equipo de Ingeniería Concurrente* en la realización de reuniones y en la toma de decisiones conjuntas, aprendiendo los procedimientos para el trabajo en equipo, dentro de una progresión por etapas del desarrollo de producto.

Una de las técnicas más comunes para el trabajo en equipo suele ser la Técnica de Grupo Nominal (TGN), que permite a un equipo llegar rápidamente a un consenso. Esta técnica convierte las clasificaciones individuales de importancia de un asunto en las prioridades finales del equipo. Además, permite que los miembros menos activos se sitúen en una posición de igual en relación con los integrantes más dominantes.

La formación en otra técnica como el “brainstorming”, o método de búsqueda y análisis, puede ser básica en para el trabajo en equipo, donde bien de forma estructurada o no estructurada los miembros dan ideas sobre un asunto.

Por otra parte, también es esencial una formación básica para la alta dirección de cómo utilizar la filosofía de la IC con el fin de satisfacer sus objetivos. Esta formación incluye delegación de poder y autoridad, asignación de papeles para los miembros del equipo, dirección de reuniones de trabajo en red, gestión de proyectos utilizando datos adquiridos de transacciones de IC, etc. Formación que se verá ampliada en la última etapa si hubiere éxito.

Por último, indicar que en algunos casos es necesario acudir a los consultores externos, pues aportan objetividad y experiencia. Pero el entrenamiento debe hacerse conjuntamente, con los ejercicios de formación enfocados a los problemas de la empresa. Una buena solución en ese sentido es la asistencia de los consultores, como facilitadores, a las primeras reuniones de trabajo incorporando la formación necesaria en el momento.

Formación en Metodologías de Diseño de Producto.

Una vez formados los miembros en la dinámica de trabajo en equipo es necesario formarlos en las metodologías seleccionadas de diseño mediante unas sesiones temáticas dedicadas. Para cada una de estas sesiones se tendrá que concertar con expertos en la materia, que sepan transmitir las técnicas de la metodología y que orienten al equipo en sus primeras actividades.

En cualquier caso, si las metodologías de ámbito general suponen dedicar mucho esfuerzo para conseguir lanzar el proyecto, será aconsejable centrarse en las de diseño para fabricación en el ámbito del propio producto.

Esto es, aprender nuevos procedimientos de diseño puede suponer un gran esfuerzo debido a la gran variedad existente que, sumado a la formación en las nuevas herramientas, puede derivar en alguno de los típicos modos de fallo de la implantación.

Otro aspecto que se debe analizar con profundidad es el flujo de información que se establece dentro de la empresa y fuera, con sus clientes y suministradores, para determinar hasta qué grado vale la pena implicarlos en función de los resultados de la auditoría.

Por ello, proponemos que durante el proyecto piloto deben minimizarse las metodologías y trabajar con un único suministrador para simplificarlo, y centrarse en el desarrollo propio de metodologías de *diseño para fabricación*. Estas pueden ser elaboradas por el mismo Equipo de Ingeniería Concurrente y enfocadas al propio producto de la empresa y sus procesos de producción relacionados, de forma que suponga un inicio del trabajo en equipo y del conocimiento mutuo. Todo ello servirá para que los ingenieros de diseño de producto adquieran conocimiento sobre las limitaciones y detalles de las técnicas de producción más relevantes o para que los directores de compras adopten una visión más amplia de la relación coste/rendimiento de productos y máquinas.

Formación en Herramientas de Diseño e Ingeniería.

La decisión de implantar un entorno de IC basado en las tecnologías de la información supone necesariamente una inversión en herramientas informáticas de última generación.

Aunque la utilización de las mismas puede no ser necesario para adquirir el nivel de madurez cooperativo, que a nuestro entender es el mínimo para establecer la Ingeniería Concurrente, si que es concluyente su incorporación.

Así, en función el nivel tecnológico del producto y procesos de la empresa, y una vez adquirido el software adecuado, será conveniente un pequeño periodo de formación en las distintas herramientas.

Herramientas que básicamente comprenderán *sistemas CAD/CAM/CAE* de modelado sólido y que supondrán abarcar prácticamente las actividades seleccionadas para el ámbito del proyecto piloto.

Formación en el Entorno de Comunicaciones.

Con la implantación de la Ingeniería Concurrente Asistida por Ordenador el entorno tecnológico cambia radicalmente. Por tanto, los miembros de la organización deberán tener nuevos conocimientos que competan a tecnologías y modos de gestión.

Las nuevas funciones que se desempeñarán en este entorno automatizado pueden comprender diversos ámbitos como:

- Notificación electrónica de una primera versión de un Diseño.
- Evaluación de restricciones y anotaciones sobre un modelo virtual.
- Informes electrónicos sobre el estado de Diseño.
- Sistemas para dirigir reuniones virtuales con negociaciones.
- Petición de voto en asesoramiento para una decisión.
- Firma digital de una pieza y de un producto completo.
- Publicación del Diseño.

Así el entorno puede comprender muchas aplicaciones que permitan los servicios básicos de IC considerados más importantes para la organización. Estas aplicaciones serán fundamentalmente de comunicación y de gestión.

El entorno de red y las pantallas de menús del entorno debe permitir todas las clases de transacciones electrónicas citadas anteriormente, de manera que la perspectiva de un miembro del equipo pueda compartirse con otras clases de información e influir en el trabajo de los otros miembros del equipo.

La configuración debe incluir también los protocolos por los cuales cierta información se distribuye en la organización, y cómo las versiones electrónicas de los formularios se utilizan para conducir todo tipo de transacciones: *miembros, documentación, situación del estado del producto, revisiones, autorizaciones de trabajo, órdenes de cambio de ingeniería*, etc. Debe pues formarse al equipo en el manejo de los sistemas de correo electrónico y en la utilización de herramientas multimedia, además de los sistemas de gestión datos del producto (PDM).

El proceso de formación debe orientarse a conseguir que cada miembro del equipo se habitúe a facilitar y trabajar con datos incompletos del producto, lo cual supone inculcar una **cultura de compartir los datos y el conocimiento sobre el proceso de desarrollo**.

La formación en este campo es bastante compleja pues cada miembro del equipo debe olvidarse de los antiguos procedimientos sobre papel y romper con el sistema tradicional. Por tanto, este aspecto es, definitivamente, el más importante de esta etapa por cuanto supone el pilar básico de la Ingeniería Concurrente.

Cabe indicar que la formación se puede incorporar, en parte, cuando se necesite evitando así una fase de formación excesivamente larga lo cual supone uno de los típicos modos de fallo.

6. 4. 4. b. Ejecutar el Proyecto Piloto.

La actividad principal de esta etapa conlleva el propio desarrollo de las prácticas de Ingeniería Concurrente. Ahora es cuando debemos trabajar con el proyecto piloto ya que en este instante ya está formado el *Equipo de Ingeniería Concurrente* en todo lo necesario para obtener el éxito. El desarrollo del proyecto debe prestar atención a tres actividades fundamentales:

- Inicio del Proyecto Piloto.
- Gestión del Proyecto.
- Revisión de los Indicadores y Objetivos Parciales.

Inicio del Proyecto.

El inicio del proyecto piloto debe plantearse únicamente cuando todos los miembros del *Equipo de Ingeniería Concurrente* estén plenamente formados en las metodologías y herramientas básicas, dispongan del equipo necesario y se haya creado el ambiente de trabajo en equipo adecuado.

Para dar comienzo al proyecto el equipo debe considerarse plenamente capacitado en las actividades y los medios deben estar a pleno rendimiento, habiéndose eliminado cualquier posible riesgo de fallo ajeno a la propia filosofía de la IC, generando de esta manera una confianza absoluta.

La dirección debe ratificar su confianza al Equipo de Trabajo dándole autonomía y dejando claro su apoyo al proyecto. Por su parte, el líder debe estar fuertemente convencido en el éxito de la IC para transmitir en todo momento este sentir al equipo.

Ahora es el momento de revisar y concretar los puntos 3 a 6 de la planificación del cambio (6.4.3.f), especialmente determinando claramente los objetivos parciales a cumplir en cada una de las actividades del diseño e incluyendo metas alcanzables para un primer paso.

Gestión del Proyecto.

La gestión del proyecto piloto de Ingeniería Concurrente supone una ruptura con los esquemas tradicionales de la gestión de proyectos. La diferencia no radica en que se deban gestionar tareas y actividades simultáneas, lo cual suele ser habitual en proyectos complejos, sino en que todas ellas están completamente interrelacionadas.

Debido a esta interrelación el trabajo en paralelo y, por tanto, la concurrencia no puede ser total al inicio ya que algunas áreas deben esperar a que otras terminen ciertos trabajos previos para poder tener algo en que basarse.

Este plan de trabajo debe reflejar no sólo la simultaneidad sino también los requisitos para el comienzo de una actividad en paralelo y, por supuesto, la responsabilidad de cada una en las diferentes etapas del proceso de desarrollo del producto.

Para poder gestionar el proceso concurrente de desarrollo de producto podemos acudir a las herramientas clásicas para gestionar el proceso, pero teniendo en cuenta la particularidad de que a partir de un tiempo mínimo la información debe distribuirse sin esperar a la total finalización de la actividad (Figura 6.14).

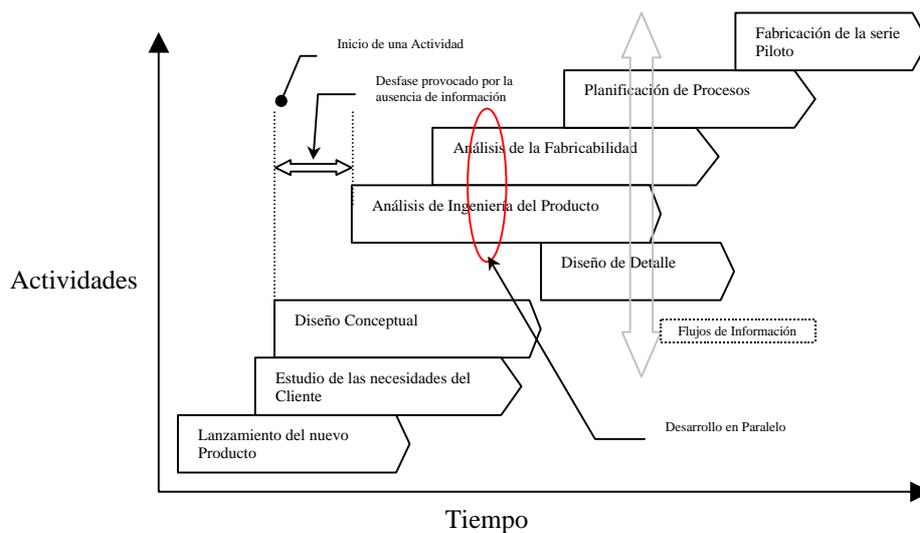


Figura 6.14. Actividades en el proceso de desarrollo de productos.

La gestión del proyecto debe ser realizada por el líder designado por el equipo, y debe comprometerse en organizar reuniones periódicas. Reuniones en las que se mostrarán los resultados parciales y que permitirán reaccionar a cambios en todos los niveles, asegurando la capacidad del equipo en cada etapa del proceso, si el proyecto cumple la programación y si converge hacia los resultados deseados.

Uno de los aspectos principales a los que debe prestar la máxima atención el responsable de la gestión del proyecto piloto consiste en asegurar que no aparezcan los típicos *modos de fallo*. Para ello será necesario prestar mucha atención a ciertos aspectos referentes al trabajo con las nuevas metodologías y tecnologías como pueden ser los siguientes:

1. Establecer las diferentes etapas del proceso de desarrollo de producto para clarificar los papeles de los miembros del equipo, de manera que se indique cómo se desencadenen todas las actividades necesarias.
2. Cómo se intercambia la información electrónica necesaria para el desarrollo de reuniones.
3. La velocidad, precisión y esfuerzo con el cual se efectúan las transacciones de datos. Esto determinará la capacidad para reaccionar a cambios en todos los niveles y etapas del proyecto.
4. La rápida publicación de resultados aproximados. Estos influirán en las decisiones de cada etapa y aportarán perspectivas que podrán afectar a actividades posteriores.
5. El enfoque de añadir valor al producto para el cliente, como un determinante de actividades realizadas durante el proyecto. En este sentido es necesario una verificación en los momentos iniciales del diseño básico y, en su caso, una conformidad del diseño conceptual por el cliente.
6. Deben de incorporarse pronto al proyecto los proveedores de máquinas y grandes componentes. Cuando existan proveedores de componentes y de sistemas importantes, involucrados en el desarrollo de algún producto, sus ingenieros deben de trabajar con el Equipo de IC durante el periodo crítico del diseño conceptual.
7. Debe asignarse un presupuesto a fabricación para desarrollar células en las que se realicen pruebas y ensayos de nuevas técnicas si fuere necesario.
8. La capacidad de asegurar, en cada etapa del proceso, si el proyecto cumple la programación y converge hacia los resultados deseados.

Revisión de los Indicadores y Objetivos Parciales.

Una parte importante de la actividad de la gestión es recopilar los datos necesarios para calcular los indicadores definidos previamente disponiendo, en otros, de una colección de datos sobre tiempo y costes directos e indirectos en las distintas fases del proceso.

Todos estos datos merecerán ser reflejados en algún formato gráfico para compararlos fácilmente frente al desarrollo secuencial, característico de las prácticas anteriores, y el líder del equipo debe presentarlos a la alta dirección para demostrar así los beneficios de a IC (Figura 6.15).

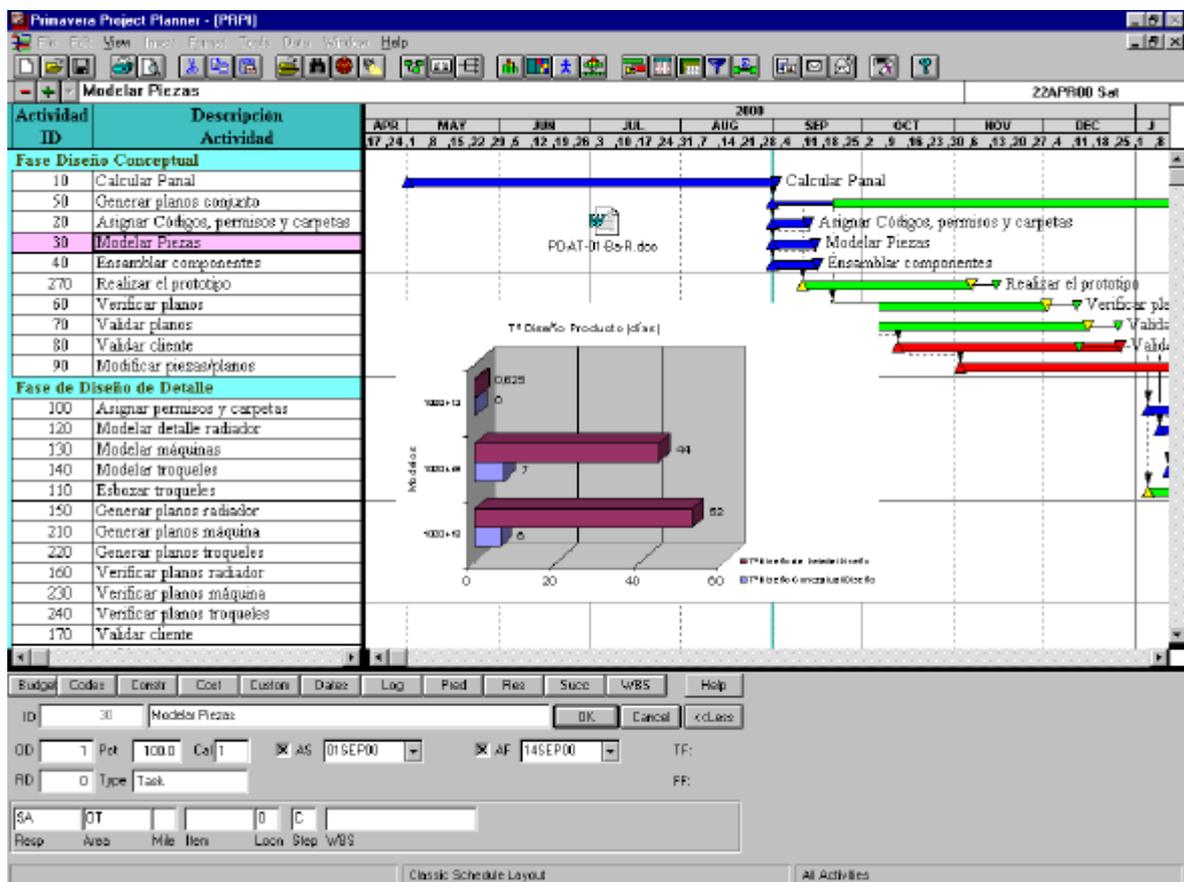


Figura 6.15. Revisión de Indicadores durante la Gestión del Proyecto.

6. 4. 4. c. *Analizar el Proyecto Piloto.*

Una vez finalizada la experiencia del proyecto piloto de desarrollo concurrente de producto es fundamental analizar los resultados. Análisis que deberá centrarse en el grado de cumplimiento de los objetivos del proyecto y en la comparación de los indicadores de resultados del nuevo proceso con el proceso anterior.

Fundamentalmente, el proyecto piloto tiene que servir para poder demostrar que las prácticas de desarrollo de productos en entornos de IC son muchos más competitivas que las prácticas anteriores en la empresa. Competitivas en cuanto a tiempo, coste, calidad e innovación del producto.

Sin embargo, a lo largo de todo el proceso de desarrollo de la experiencia piloto se puede volver a caer en las prácticas pasadas, o tratar de trabajar según los esquemas o paradigmas preestablecidos. Así, durante el análisis es importante identificar aquellas acciones que han asegurado el éxito del proyecto y han permitido superar las barreras al cambio y los típicos modos de fallo del proceso de implantación.

Por tanto, cabe indicar que el análisis debe incluir dos aspectos básicos: en primer lugar los logros cualitativos y, en segundo, los resultados cuantitativos.

Los logros cualitativos se referirán a todo aquello conseguido en cuanto a relaciones humanas (trabajo en equipo, comunicación, compartir los datos, transparencia en el desarrollo, etc.) y mejoras tecnológicas (utilización de las nuevas tecnologías y herramientas, integración con clientes y suministradores). En definitiva todas aquellas mejoras sobre los inductores de actuación que influyen sobre el proceso.

Los logros cualitativos conciernen a todas aquellas mejoras tangibles por la alta dirección y que se centran en la reducción global del tiempo de desarrollo de producto, disminución de costes de desarrollo y producción, incremento de la calidad o innovación en el producto perceptible por el cliente.

Cualquier proceso que haya sido expresamente mejorado en un proceso reingeniería debe estar sujeto a la crítica de las propias personas implicadas antes del lanzamiento de un nuevo proceso o de su expansión.

Una vez trabajando en el entorno de IC por un periodo de tiempo debemos analizar qué sienten los participantes sobre los beneficios intencionados y los reales. Es esencial para el personal del proyecto piloto de implantación obtener datos, a través del sistema de indicadores de proceso predefinido, sobre el impacto en los participantes de los cambios realizados y utilizarlos para ejecutar correcciones.

Para ello, se deben promocionar reuniones donde se compartan impresiones y experiencias del usuario. Esto puede crear un clima favorable para la utilización y explotación de la tecnología, y reforzará los resultados positivos.

Este análisis debe reflejarse en el **informe I_4**, que el *Equipo de Gestión de la Implantación* deberá presentar a la alta dirección como resultado final del proceso de desarrollo.

6. 4. 4. d. Decidir Transformar el Proceso.

El informe generado tras el análisis del proyecto piloto debe permitir a la alta dirección de la empresa evaluar las mejoras conseguidas con el nuevo proceso de desarrollo concurrente. El informe puede diferenciar claramente entre dos resultados obvios del proyecto piloto: éxito o fracaso. La consecución con éxito del proyecto piloto supondrá haber conseguido la mayoría de los objetivos planteados en la evaluación y en la planificación del cambio.

Sin embargo, cabe la posibilidad de un fracaso en el proyecto piloto. Fracaso que puede venir de una cultura corporativa o de un producto inadecuado para el desarrollo concurrente o bien de un mal desarrollo del proceso de implantación. En el primer caso nos vemos obligados a volver a las prácticas anteriores de desarrollo de producto abandonando la filosofía de la IC. En el segundo caso el fracaso del proyecto no tiene porqué ser total, puede aprovecharse la experiencia adquirida y crear un equipo informal de trabajo que mantenga el espíritu de la IC y así poder seguir explorando las distintas posibilidades (Figura 6.16).

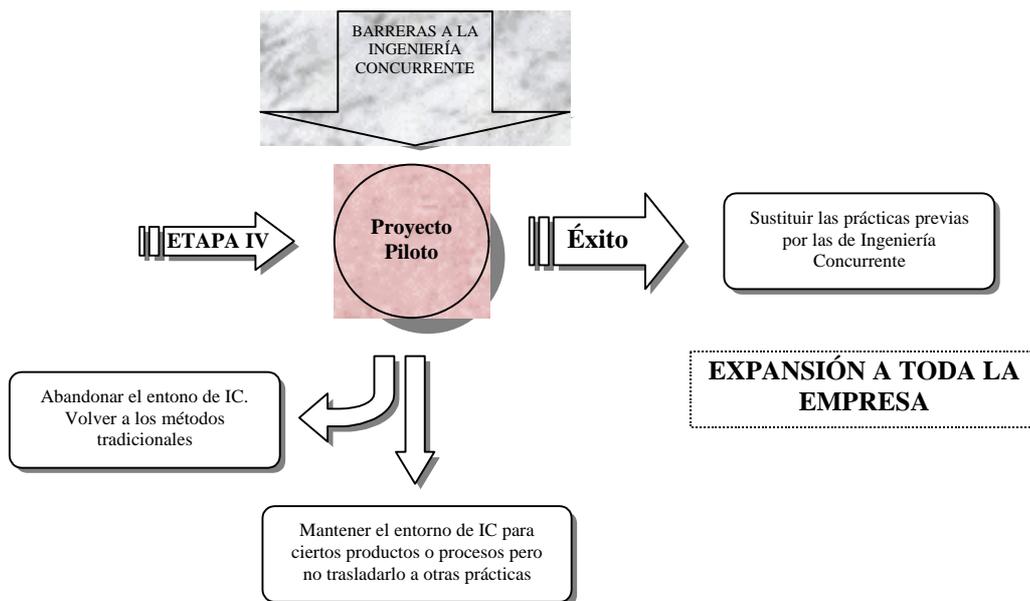


Figura 6.16. Expansión de la IC a toda la empresa.

Si las barreras a la IC fuesen tales que no se hubiera conseguido el éxito del proyecto, entonces no sería aconsejable tratar de extrapolar las prácticas de IC al resto de los miembros de los distintos departamentos, ni mucho menos a toda la empresa. Ahora bien, la experiencia tendrá repercusión sobre la forma de trabajar en el futuro.

Por el contrario, si el proyecto piloto supera todas las barreras y consigue alcanzar con éxito los objetivos, es el momento de plantearse la expansión de las prácticas al resto de la empresa.

6. 4. 5. Transformación del Proceso en la Empresa.

Promocionar los Resultados del Proyecto Piloto.

Definir Planes de implantación globales.

Mejorar las infraestructuras para alcanzar el cambio.

Adaptar la Cultura de la Organización.

6. 4. 5. a. Promocionar los Resultados del Proyecto Piloto.

El inicio de la transformación total del proceso de desarrollo de producto en la empresa, debe consolidarse con la presentación de resultados a los diferentes responsables de los departamentos.

La colección de datos sobre los éxitos conseguidos con el proyecto piloto y los procedimientos por los que se han alcanzado los mismos permitirán demostrar al resto de la empresa la necesidad de transformar el proceso como punto de partida para la mejora de la competitividad.

El potencial para mejorar debe considerarse a lo largo de muchas dimensiones en la empresa y la implicación en decisiones concretas debe comprometer a todos los miembros de la misma, ya que estas decisiones afectarán a las actividades futuras.

La experiencia del proyecto piloto debe permitir analizar si se ha conseguido alinear la estrategia corporativa con la estrategia de la unidad de negocio y si convergemos hacia los modelos de excelencia que nos han servido de referencia.

El proceso de transformación y expansión será más complicado de lo que pueda parecer en principio puesto que su desarrollo depende de la capacidad de renovación de la empresa. Es cuestión de determinar unas pautas a todos los niveles, de acuerdo con las experiencias adquiridas en el proyecto piloto y con datos contrastados de los beneficios que supone esta nueva manera de trabajar.

6. 4. 5. b. Definir Planes de Implantación Globales.

El proceso de transformación requiere de una planificación nueva que contemple la problemática global de la empresa. Dentro del proceso de reingeniería (Figura 4.1) nos encontramos en el punto más crítico ya que supone el cambio más severo.

El nuevo Equipo de Gestión de la Implantación, formado ahora por miembros de la alta dirección debe diseñar un plan adecuado a la empresa para transformar todo el proceso de desarrollo de producto e incluso ciertas áreas que se verán implicadas indirectamente.

Este plan de implantación global deberá seguir un procedimiento adecuado para no interferir en el trabajo en curso y debe permitir, mediante una reacción en cadena, una transición suave en los distintos departamentos.

Para ello es necesario definir una nueva estructura formal de los departamentos y de configuración de los nuevos equipos de trabajo, de modo que todos sepan cuáles son los métodos para trabajar conjuntamente. El plan debe preparar un documento de intenciones que indique la meta fijada por cada equipo de trabajo.

El plan de transformación hacia entornos de IC deberá realizarse atendiendo a los siguientes aspectos:

- **Análisis de Resultados.** Detectar puntos fuertes y débiles del proyecto piloto. Volver a seleccionar las metodologías y herramientas necesarias de forma que abarquen la totalidad del proceso.
- **Seleccionar la Secuencia de Cambio.** Determinar otros proyectos con equipos multidisciplinares para realizar una formación gradual hasta completar todos los departamentos. Establecer las etapas de formación y transición de forma que no suponga un retraso de los proyectos en curso.
- **Implantar en todo el Proceso.** Formación a todas las personas y departamentos en las prácticas de Ingeniería Concurrente con diversos proyectos compuestos por equipos multidisciplinares. Formación a todo el departamento en metodologías y herramientas con perspectivas de un entorno de Diseño y Fabricación Integrado que alcance los sistemas de producción (fabricación celular, fabricación flexible, etc.).
- **Implantaciones Sucesivas en la Unidad de Negocio.** Transmisión de la nueva visión por procesos y sustitución de las prácticas anteriores.

El plan de implantación global deberá contemplar la necesidad de realizar cambios organizativos y cambios en los modelos de gestión orientados a la gestión por procesos y no por funciones. A estos habrá que añadir nuevas unidades de soporte a los procesos y nuevos sistemas de incentivos basados en los sistemas de recompensas y motivación experimentados en el proyecto piloto.

6. 4. 5. c. Mejorar las Infraestructuras para Alcanzar el Cambio.

Una vez establecido el plan global el Equipo de Gestión de la Implantación debe centrarse en la disponibilidad de recursos y en el estado de las infraestructuras para poder desplegar totalmente la Ingeniería Concurrente.

Esta fase supondrá analizar cuidadosamente toda la unidad de negocio y los actores implicados en el proceso de forma que podamos extrapolar a toda la empresa la arquitectura de los sistemas de información utilizada en el proyecto piloto.

El nivel de madurez determinado en la etapa de evaluación permitirá ahora dimensionar las inversiones necesarias para equilibrar los recursos en todo el proceso de desarrollo.

La mejora de las infraestructuras implica especialmente a las tecnologías de comunicación para que apoyen el desarrollo de la IC y a los medios con los que puedan trabajar con herramientas de última generación. Esto supone la creación de nuevos departamentos que poco a poco van incorporándose a las empresas como es el departamento de informática.

El nuevo nivel tecnológico debe permitir que tanto la red interna y externa sea capaz de soportar todas las transacciones de datos sin problemas y en el mínimo tiempo. Por tanto, supone diseñar un sistema con una previsión a largo plazo pues la cantidad de datos y el número interacciones a través de la red irá creciendo día a día conforme los usuarios se habitúen a trabajar con este nuevo entorno.

De esta manera las consideraciones más importantes a la hora de mejorar las infraestructuras deben ir en cuatro líneas fundamentales:

- Alinear las nuevas tecnologías con la estrategia corporativa.
- Las herramientas estar integradas y abarcar tanto el ámbito de cada proceso como el de otros procesos sin duplicarse.
- El sistema debe ser capaz de presentar los datos necesarios a cada una de las actividades.
- Habrá que prestar especial atención para que el usuario requiera poco tiempo en el aprendizaje del sistema.

6. 4. 5. d. Adaptar la Cultura de la Organización.

Finalmente el proceso transformación debe contemplar el cambio cultural que debe sufrir la empresa para adaptarse a la nueva filosofía. Los departamentos y las personas tienen que apreciar que la intención de este cambio es la mejora continua no sólo de los procesos y de la tecnología sino también de las condiciones de trabajo.

La transformación total de la unidad de negocio y, por tanto, de sus procesos no puede considerarse finalizada hasta que la nueva filosofía de trabajo se extienda a todas las personas y estas se comprometan realmente con sus principios. La adaptación es compleja por cuanto compete a diferentes personas con diferentes caracteres, personalidades, formación básica y predisposiciones al cambio.

Hay un detalle que no debe escaparse en esta última etapa, las barreras organizativas y las barreras técnicas. En esta etapa volverán a aparecer y con mucha más fuerza que al principio, pues hasta ahora parecía que por ser una experiencia piloto no iba a trascender más.

Así volveremos a las prácticas comunes y no conseguiremos el cambio deseado. Es fundamental pues romper estos paradigmas en el ámbito corporativo y directivo para conseguir que finalmente la IC sea una realidad en toda la empresa y que las áreas no perciban la IC como una interferencia en su disciplina, sino como una mejora y potenciación de la misma.

Si se consigue romper estas barreras tendremos una empresa orientada hacia la IC, una empresa donde existirán equipos de equipos en función del tamaño y donde se orientará el trabajo hacia el cumplimiento de los modelos de calidad.

Aparte de conseguir los objetivos de mejora global en el proceso de desarrollo, el entorno de IC debe suponer una situación de confort en el trabajo. Sin embargo, no todo el mundo está a gusto con la tecnología de la información para trabajar. Así que, como la utilización de la tecnología de la información no es el objetivo último de la IC, sino el trabajo en equipo, debemos prever que a ciertas personas no se les deberá obligar a trabajar con estas tecnologías, lo cual es perfectamente válido.

En cualquier caso, es necesario definir toda una serie de planes de formación generales y particulares para cada departamento y procesos en cuanto a técnicas de trabajo en equipo y manejo de los nuevos sistemas de información.

En este entorno, todos los movimientos deberán ser supervisados por la Dirección, que cooperará estrechamente con los líderes de los diversos Equipos de Trabajo hasta que todos trabajen eficientemente.

En cuanto a los nuevos modelos de gestión de los procesos, será necesario adoptar también la metodología de gestión de proyectos concurrentes experimentada en la etapa piloto.

6. 5. Resumen de la Estrategia.

Con el objetivo de facilitar la comprensión de las acciones a realizar en cada una de las etapas del proceso de implantación propuesto, presentamos a continuación un diagrama de flujo del mismo. En él podemos identificar los diferentes niveles de mando de la empresa, implicados en cada una de las etapas.

Asimismo, se muestran las actividades desarrolladas en el Diagrama de flujo general, la documentación necesaria para el proceso y la que se genera durante las diferentes etapas.

En el diagrama podemos identificar cuándo intervienen los diferentes expertos pertenecientes al *Equipo de Gestión de la Implantación*, y cuándo se define y empieza a trabajar el *equipo de Ingeniería Concurrente*.

Una vez establecidos estos pasos para la expansión a toda la empresa, podemos decir que la implantación ha llegado a su fin con éxito, aunque desde este nuevo entorno deberemos dedicar especial atención a mantener todos los principios de la Ingeniería Concurrente.

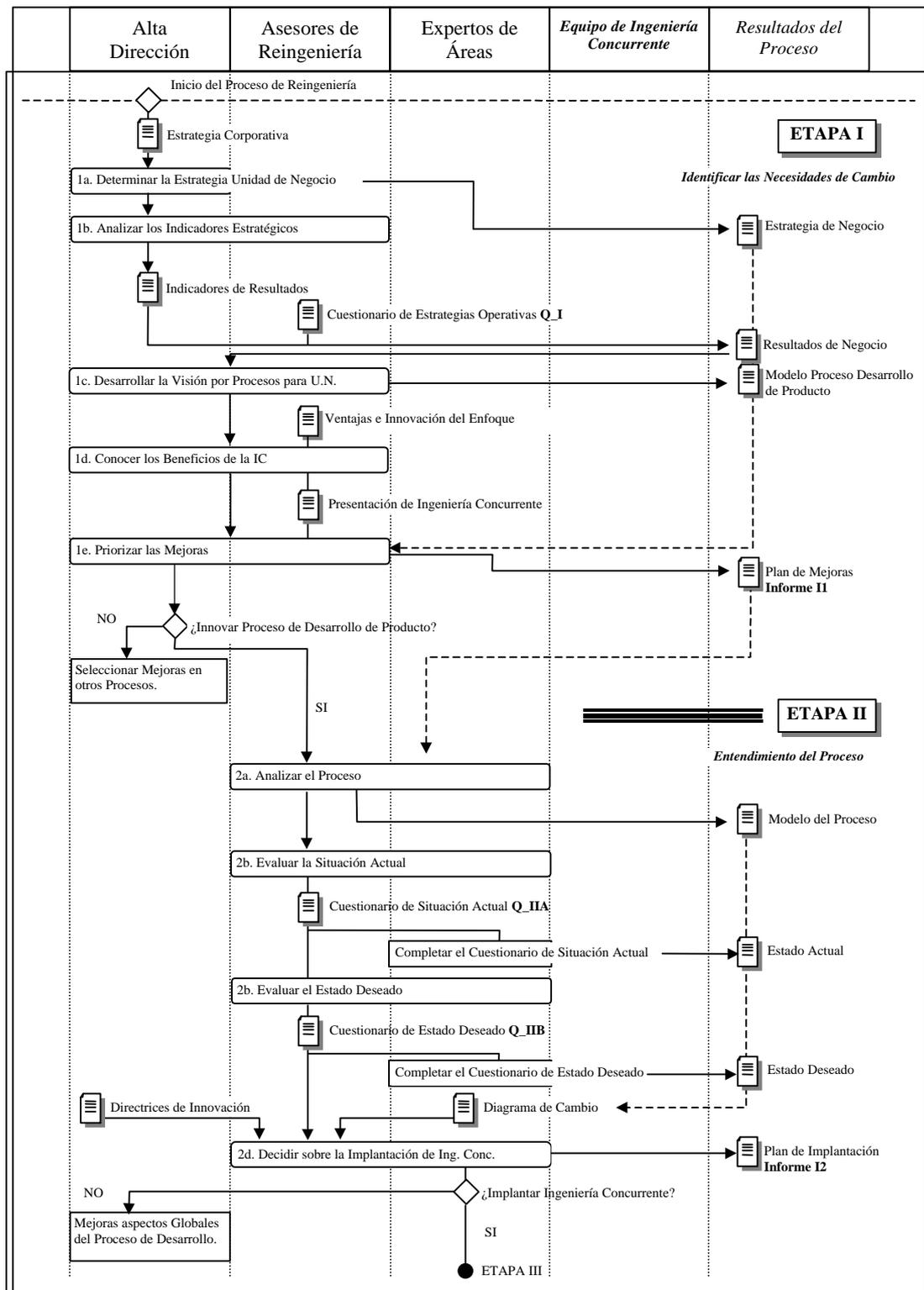


Figura 6.17. Etapas I y II del Proceso de Implantación de Ingeniería Concurrente Propuesta.

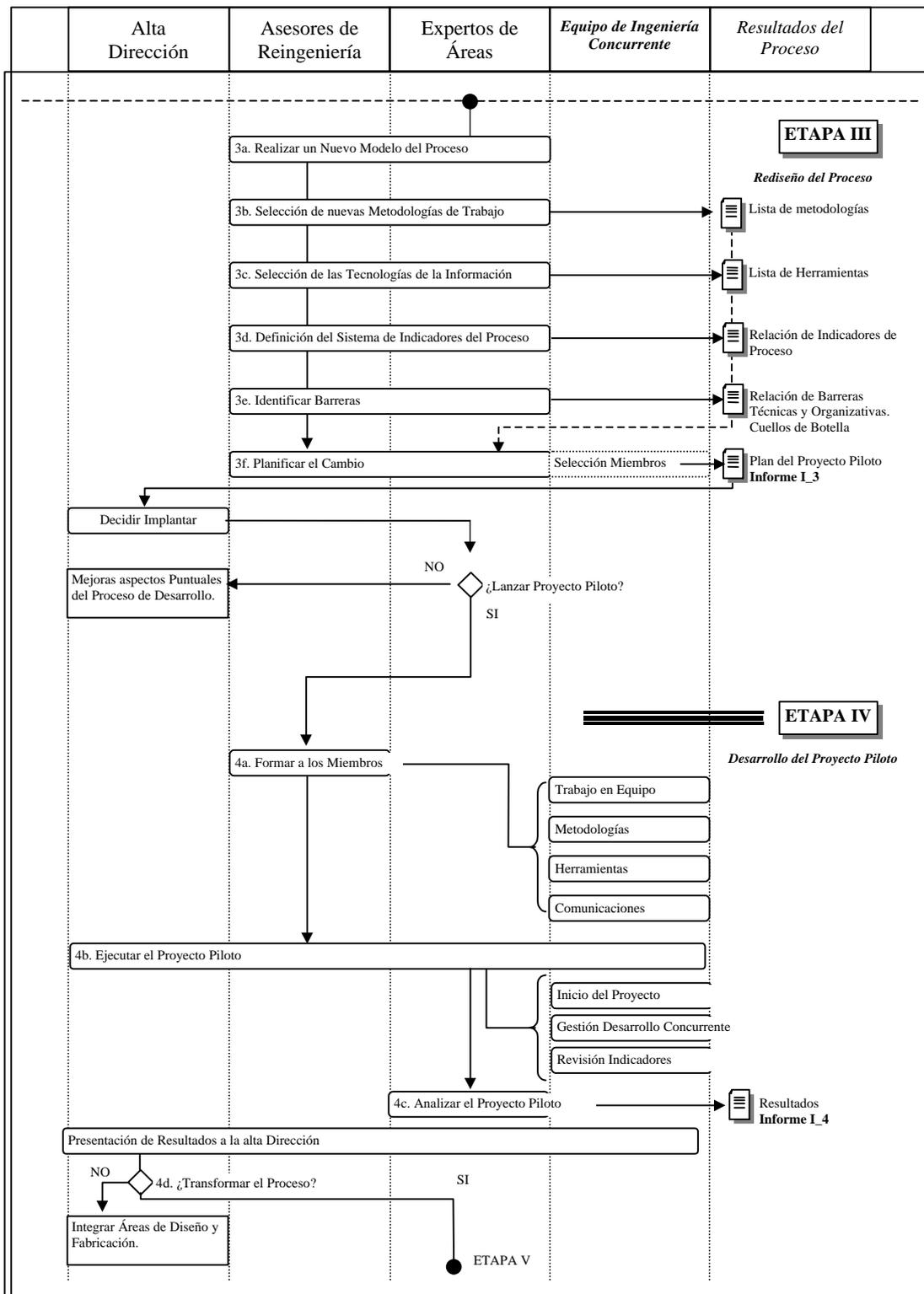


Figura 6.18. Etapas III y IV del Proceso de Implantación de Ingeniería Concurrente Propuesto.

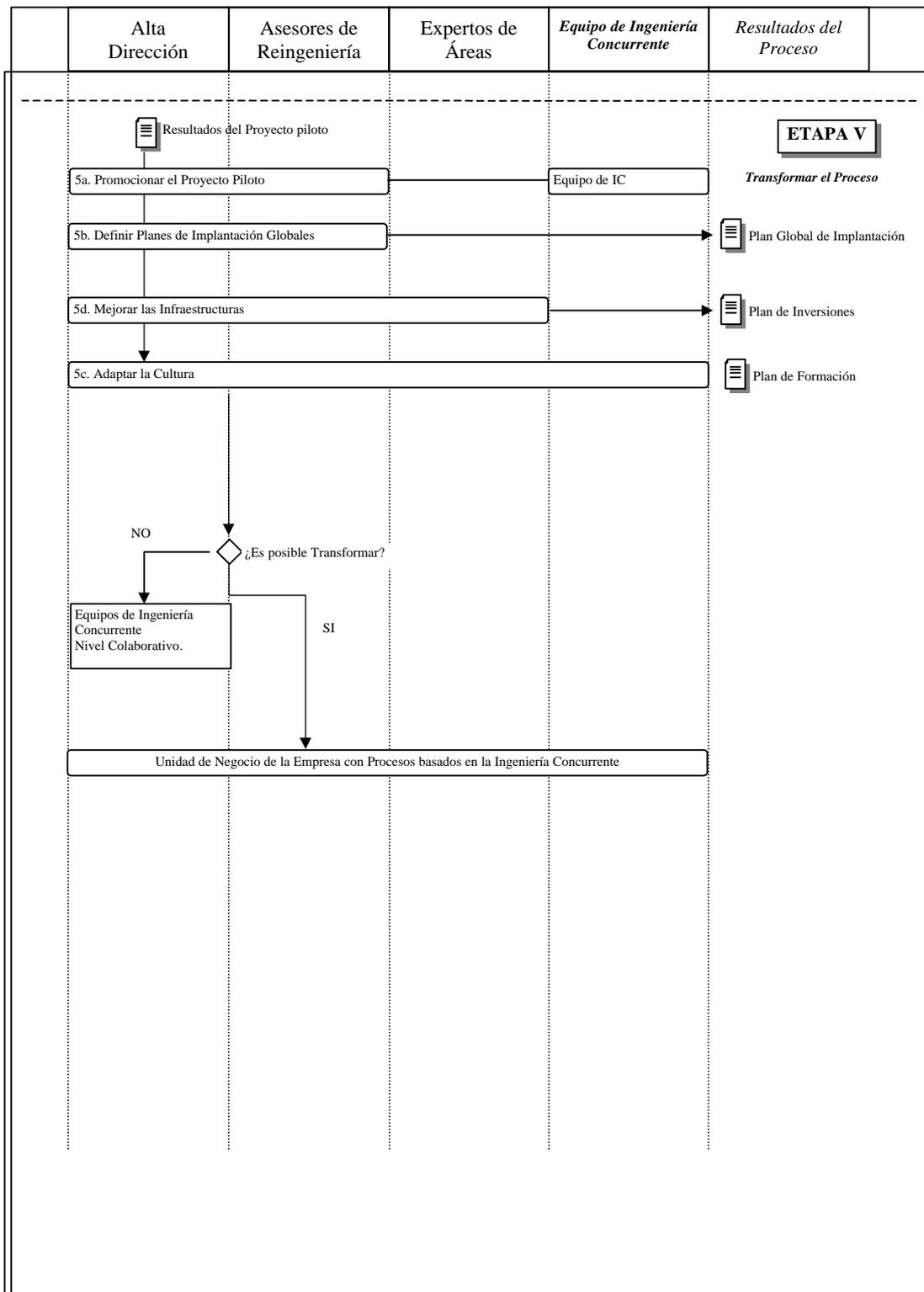


Figura 6.19. Etapa V del Proceso de Implantación de Ingeniería Concurrente Propuesto.

página en blanco

Capítulo 7

página en blanco

Aplicación de la Metodología

Resultados Obtenidos

7. 1. Introducción.

En el desarrollo de esta investigación, para demostrar la validez de la metodología propuesta para la implantación de Ingeniería Concurrente y mejorar el conocimiento de estos entornos, hemos ejecutado un proyecto “académico” consistente en la puesta a punto de un entorno de Ingeniería Concurrente, implantado en los laboratorios y talleres del área de conocimiento de *Ingeniería de los Procesos de Fabricación*, que nos han permitido dominar ciertas tecnologías y su interacción para conseguir el trabajo en equipo.

Este proyecto se ha apoyado en parte de los recursos e infraestructuras para la investigación del área de conocimiento, que fueron dotadas con motivo de la creación de las nuevas instalaciones de la Universitat Jaume I y, en lo fundamental, por fondos FEDER destinados a regiones tipo 1.

Por otra parte se expone también un proyecto de investigación cuyo objetivo es elevar el nivel tecnológico de la empresa auxiliar del automóvil, para equiparlo al nivel tecnológico de sus clientes, proponiendo la implantación de un entorno de Ingeniería Concurrente. El proyecto, financiado con fondos FEDER CICYT (*Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología*), se denomina “*Implantación de Tecnologías Avanzadas de Diseño y Fabricación en el ámbito de la Ingeniería Concurrente. Aplicación a una Empresa de Componentes para Automoción*” (proyecto 1FD1997-0784).

Un proyecto que ha tenido gran importancia para la presente investigación, dado que ha permitido poner en práctica toda la metodología desarrollada y verificar los puntos débiles y fuertes de la misma. Otros aspectos destacados del proyecto son: que ha fomentado el trabajo conjunto de profesores de diferentes áreas de conocimiento del Departamento de Tecnología (fomentando la creación de un grupo de investigación multidisciplinar y concurrente) y que ha permitido ganar en conocimiento y experiencia sobre la situación actual en un determinado sector de la industria metal mecánica como es el de la empresa auxiliar del automóvil.

7. 2. Laboratorio Integrado de Diseño y Fabricación.

La primera experiencia llevada a cabo con entornos de Ingeniería Concurrente fue de carácter formativo y se desarrolló en el *Laboratorio Integrado de Diseño y Fabricación*, en el que participan básicamente las áreas de *Ingeniería de los Procesos de Fabricación* y de *Expresión Gráfica en la Ingeniería* de la *Universitat Jaume I* de Castellón.

El objetivo básico perseguido con el establecimiento de este entorno de desarrollo era, fundamentalmente, adquirir experiencia en el desarrollo integrado de producto con las nuevas tecnologías de Ingeniería Asistida por Ordenador. Objetivo vinculado con otros más operativos, necesarios para la preparación de actividades y proyectos docentes de las titulaciones de Ingeniería Industrial e Ingeniería Técnica en Diseño Industrial; en concreto para las asignaturas “*Fabricación Integrada*” o “*Fabricación. Automatizada. Ingeniería Concurrente*”, respectivamente.

Para desarrollar las prácticas de Ingeniería Concurrente se realizó una inversión en ordenadores, equipos de red y software para implementar la arquitectura de referencia de A.I.S. (Figura 3.24). En la Figura 7.1, que representa la arquitectura del laboratorio, podemos observar la existencia de dos tipos de servicios colocados físicamente en dos estaciones distintas. El primero es el módulo funcional encargado de gestionar los accesos de los usuarios del sistema con sus diferentes permisos para trabajar en estaciones de trabajo y programas. El segundo es el módulo de documentación sobre el que se encuentra la base de datos para la integración del desarrollo de producto. Finalmente, cada Estación de Trabajo tiene sus aplicaciones entre las que destacamos las de diseño, ingeniería o fabricación.

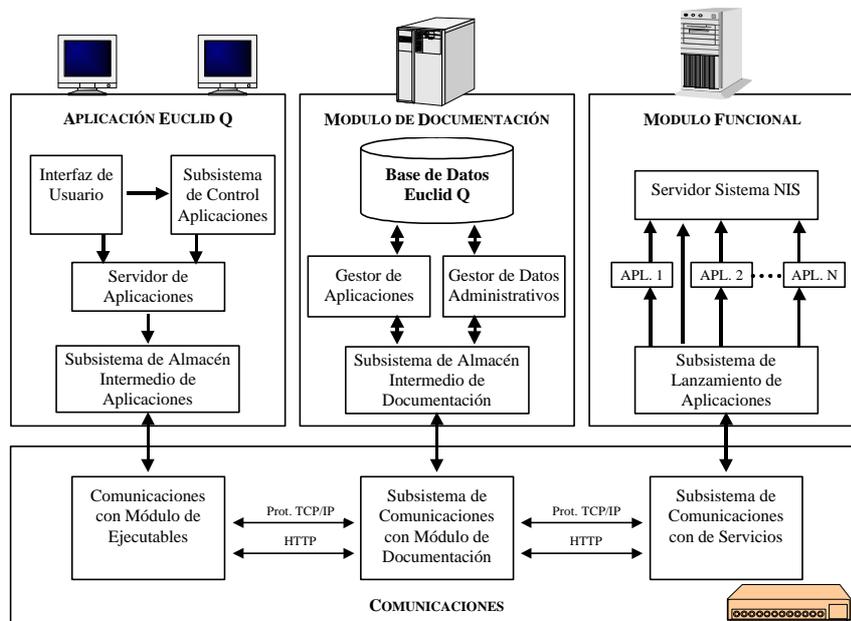


Figura 7.1. Arquitectura del Laboratorio Integrado de Diseño y Fabricación basado en el modelo AIS.

Esta experiencia práctica se realizó inicialmente con el sistema comercial EUCLID QUANTUM® de la empresa francesa *Matra Datavision*. Este sistema permitía integrar las actividades de diseño, análisis y fabricación utilizando tres herramientas que compartían el modelo sólido generado durante la actividad de desarrollo de producto.

En la investigación se estableció un entorno de red bajo una plataforma UNIX que, mediante el protocolo N.I.S. (*Network Information System*), permitía a los usuarios trabajar en cualquiera de las estaciones contra el servidor de aplicaciones de EUCLID QUANTUM y con una base de datos común.

El interés de esta experiencia se pone de manifiesto al destacar que este laboratorio fue el primero de España en implantarla. Como principal resultado de la experiencia, cabe destacar la constatación de que el principal problema de esta plataforma consistía en su disponibilidad únicamente para plataformas UNIX, lo cual encarecía la inversión en hardware y dificultaba la gestión del sistema operativo.

Otro de los aspectos importantes del desarrollo fue experimentar con un gestor de datos del producto (PDM) disponible en el mercado. Las experiencias demostraron la importancia de esta herramienta para gestionar la concurrencia, aunque mostraron que la tecnología no estaba realmente madura debido a que cualquier acción de recuperación de datos o búsqueda de los mismos requería largos tiempos de espera, lo cual desanimaba enormemente el proceso concurrente.

En la experiencia se utilizaron también técnicas de *prototipaje rápido*. Para ello se trabajó con una de las tecnologías disponibles en el mercado basada en la deposición fundida de poliéster (máquina *Genisys* de *Stratasys Corp.*). Esta técnica podemos considerarla como de generación rápida de modelos, y no prototipos, por las características del material y precisión de construcción de la pieza. Puede decirse que es, básicamente, una impresora tridimensional que permite obtener el modelo físico en cuestión de horas y en un ambiente de oficina técnica.

Otra de las líneas exploradas fue la capacidad de programación de aplicaciones propias que pudieran integrarse con estas herramientas independientes. Se trabajó con el módulo CASE (*Computer Aided Software Engineering*) CAS.CADE de *Matra Datavision*, que permitiría incorporar el conocimiento propio al proceso de desarrollo de producto. La conclusión fue que la herramienta CASE era poco amigable, por lo que el esfuerzo de programación era grande en todos los casos.

Finalmente, este entorno, considerado por nosotros como la parte técnica de un modelo de Fabricación Integrada, está conectado a la parte operativa del laboratorio. Parte operativa que dispone de un Centro de Mecanizado de alta velocidad, de un Torno de control numérico y un robot antropomórfico. Robot que pertenece a una Célula Automatizada de Inspección y Ensamblaje, diseñada para otra línea actual de investigación del área, y compuesta por una máquina de medir por coordenadas, el robot antropomórfico y un sistema de transporte de palets automatizado.

La experiencia ganada en aspectos particulares de EUCLID QUANTUM no ha tenido repercusiones futuras, debido a que, tras la alianza estratégica de esta empresa con *Dassault Systemes*, ha sido drásticamente modificada e incorporada posteriormente a la versión 5 de CATIA®.

En el gráfico de la Figura 7.2 se puede apreciar la distribución física de los equipos utilizados en el laboratorio y su conexión en red con otros equipos del departamento.

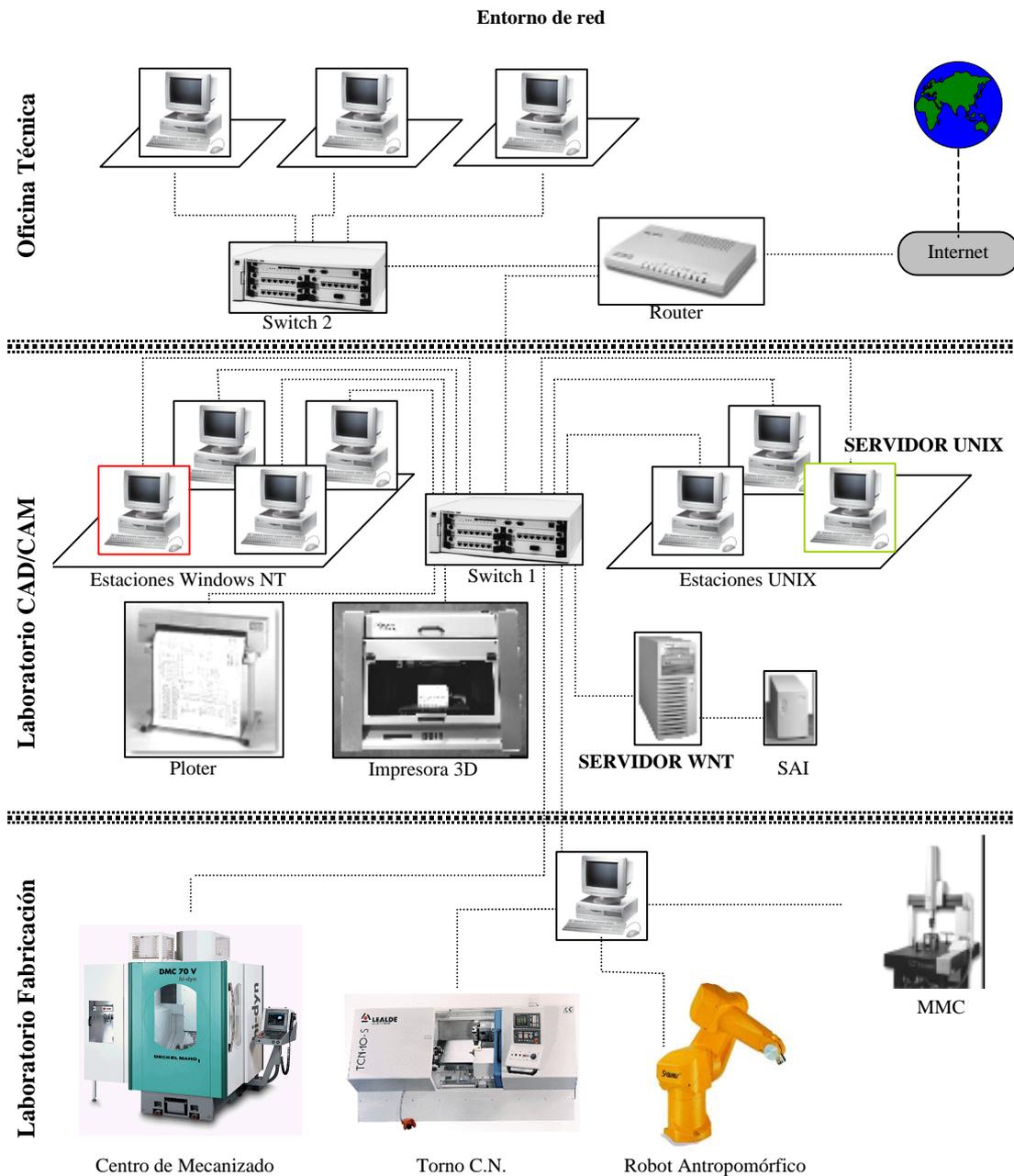


Figura 7.2. Distribución física de equipos del Laboratorio Integrado de Diseño y Fabricación.

Para gestionar el proceso de desarrollo con definición de usuarios, equipos y roles se utilizó la herramienta *Euclid Design Manager* de EUCLID QUANTUM (Figura 7.3). Para realizar experiencias de Ingeniería Colaborativa se utilizó la aplicación **InPerson**® de *Silicon Graphics* (Figura 7.4), la cual permitió detectar los problemas de trabajo en tiempo real.

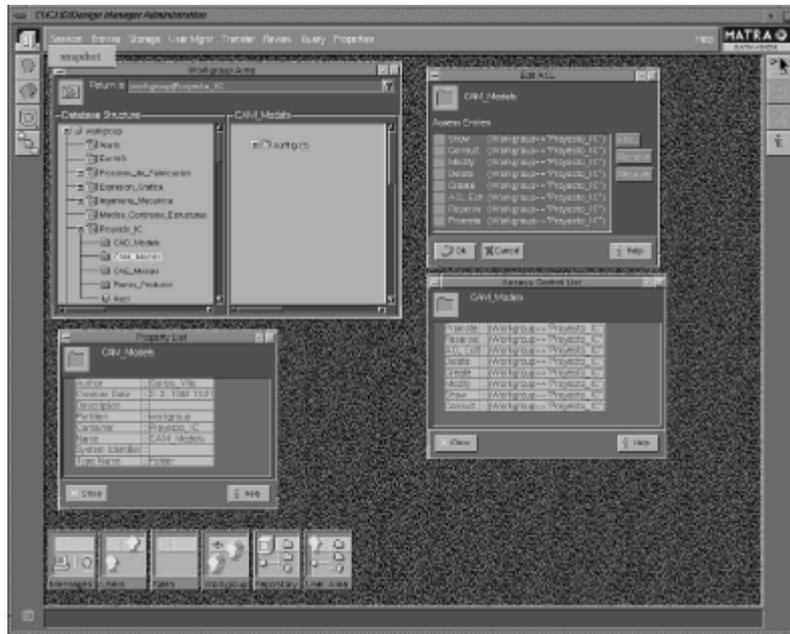


Figura 7.3. Interfaz del Gestor de Datos de Producto (Euclid Design Manager®).

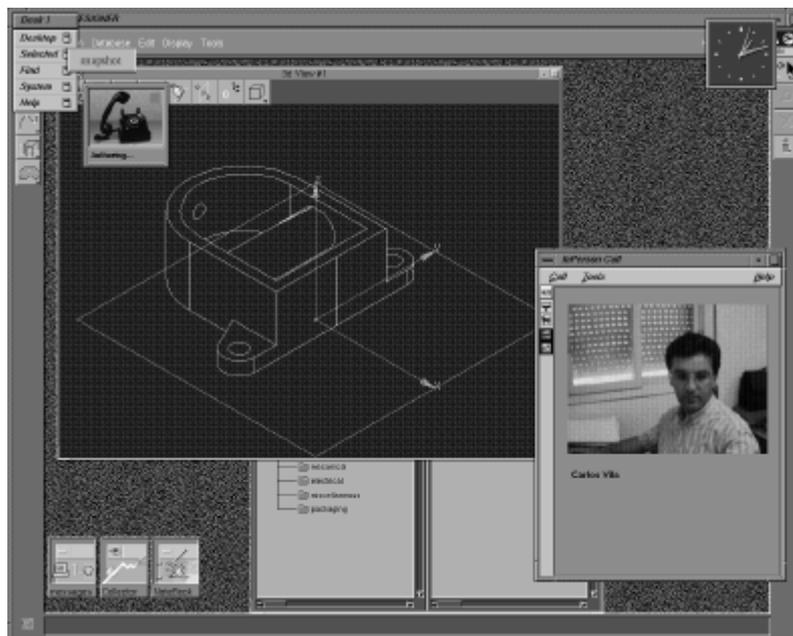


Figura 7.4. Interfaz de un entorno de Ingeniería Concurrente.

Con EUCLID QUANTUM se realizaron experiencias, utilizando herramientas de diseño, análisis y fabricación, sobre componentes de automoción (Figura 7.5 y Figura 7.6), analizando la problemática del trabajo en paralelo con un mismo modelo sobre diversas aplicaciones.

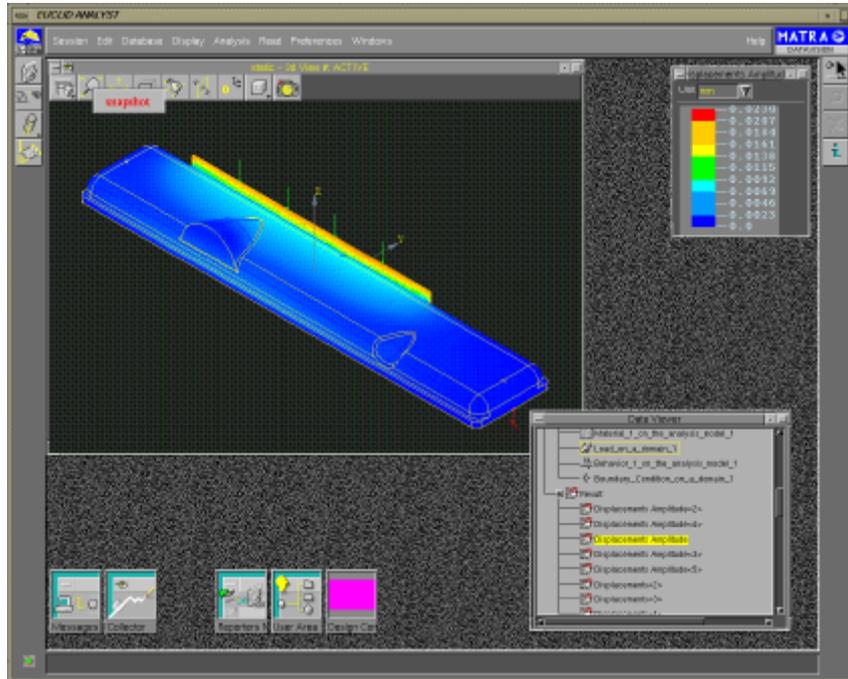


Figura 7.5. Análisis de elementos finitos con el entorno Euclid Analyst[®].

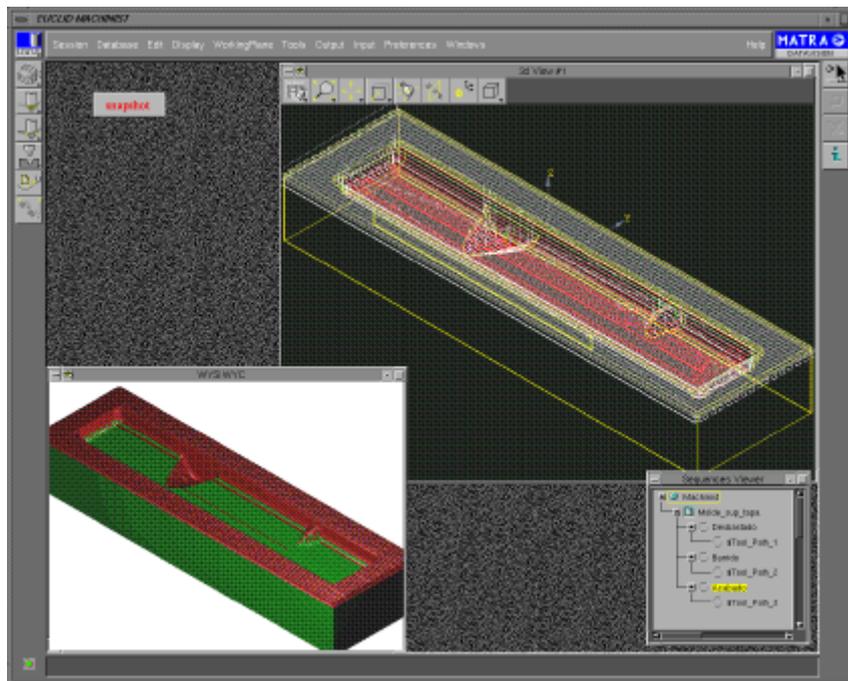


Figura 7.6. Generación de programas de Mecanizado de un Molde con Euclid Machinist[®].

Tras las experiencias realizadas con las herramientas CAD/CAM/CAE de EUCLID QUANTUM se comprobó que no estaban suficientemente desarrolladas y que, por lo tanto, no permitirían el tratamiento integrado de las fases de CAD, CAE y CAM. Los problemas concretos que se detectaron podemos resumirlos en:

La herramienta de gestión de datos del producto (PDM) requería de un servidor con capacidad de memoria RAM entre 512 MegaBytes y 1 GigaByte. Aún así los tiempos de recuperación de datos oscilaban entre 10 y 15 minutos. El espacio requerido sólo para la instalación de la herramienta era de 1,5 GigaBytes. Únicamente podía trabajar en entornos homogéneos tales como el IRIX (Silicon Graphics), aunque podían integrarse estaciones de trabajo de otros fabricantes con sistemas operativos UNIX, por lo que iba en contra del principio de heterogeneidad de la Ingeniería Concurrente.

El desarrollo utilizando las herramientas de vídeo - conferencia se veía limitado por la capacidad de transmisión de datos de la red, aún cuando las estaciones estaban en distribuidas en una pequeña red local mediante un 'switch' de conexiones.

La herramienta de modelado fallaba en operaciones booleanas básicas como la sustracción o adición de sólidos, especialmente cuando existían superficies límite de primitivas coincidentes.

En cuanto a la herramienta de análisis no pudo ser verificada con profundidad ya que fallaba la integración con el módulo de modelado. Pese a ello se pudo constatar que cualquier modificación realizada en el modelo original no se veía reflejada en esta herramienta, o bien requería tiempos de regeneración superiores a 30 minutos.

Algunos aspectos estaban, no obstante, suficientemente maduros. Entre ellos cabe destacar:

El módulo de fabricación asistida era el que presentaba mejores prestaciones ya que permitía fácilmente planificar las operaciones básicas de mecanizado a partir de los volúmenes del modelo sólido.

En cuanto a la capacidad de intercambio de datos la herramienta de modelado incluía una primera versión del protocolo de aplicación 214 de STEP (Tabla 3.8). Este permitía exportar los modelos a otras herramientas aunque todavía se perdía parte de la información.

Ante esta situación se decidió explorar el mercado en busca de herramientas que tuvieran resuelto el problema del modelado y permitieran mayor integración, aunque perdiéramos prestaciones en otras herramientas que sobre el papel disponía EUCLID QUANTUM.

Tras analizar las herramientas existentes se decidió cambiar al sistema ProENGINEER® de *Parametric Technology Corporation*. Este producto incluía todas las aplicaciones de CAD/CAM/CAE, e incluso algunas herramientas de estilo, consideradas de diseño industrial, que permitían trabajar con superficies y texturas. Se valoró principalmente que se adquiriría una plataforma con herramientas integradas que abarcaran prácticamente todo el proceso de desarrollo de producto.

Una de las principales ventajas de esta plataforma es su herramienta de modelado paramétrico que es más robusta que la de EUCLID QUANTUM y, al mismo tiempo, da mayores facilidades de diseño y rediseño porque permite la generación de modelos sólidos estableciendo relaciones entre las dimensiones críticas de las primitivas que lo forman.

Por otra parte, dicha plataforma posee una herramienta de gestión de datos del producto, INTRALINK®, mucho más eficaz que la correspondiente *Euclid Design Manager*, ya que es más rápida facilitando datos cuando un usuario accede a la misma mediante búsqueda por atributos de un objeto. Por otra parte, es más completa, debido a que permite definir las diversas etapas del proceso de desarrollo para así gestionar más flexiblemente los permisos de acceso y el control de los datos por parte de los usuarios.

Otra de las ventajas fundamentales consistía en que este sistema estaba disponible tanto en plataformas UNIX como en el sistema operativo Windows NT®. Esto permitió, por una parte, conseguir entornos heterogéneos de Ingeniería Concurrente y, por otra, reducir el coste de las inversiones en hardware. Además, este último sistema operativo permite trabajar con aplicaciones ofimáticas lo cual supone una gran ventaja para el usuario y, por tanto, para los entornos multidisciplinares.

Por último, la herramienta también incorpora una herramienta CASE, ProTOOLKIT (con programación en C y java®), que también nos ofrece la posibilidad de desarrollar aplicaciones propias.

7. 3. Proyecto de Implantación de Ingeniería Concurrente.

Partiendo de la experiencia académica de acercamiento al nuevo enfoque de desarrollo de producto con las nuevas tecnologías, descritas en el apartado precedente, se decidió buscar una empresa en la que se pudiera comprobar la metodología de implantación y desplegar dichas herramientas en un entorno real.

La empresa que se ofreció a participar en la investigación pertenece al sector metal - mecánico de fabricantes de componentes para automoción. Esta empresa trabaja para multinacionales del ámbito del automóvil, motocicletas y vehículos pesados.

Los clientes principales de sus productos son empresas como Renault o el grupo PSA en el automóvil, BMW en las motocicletas de gran cilindrada y CATERPILLAR en el mercado de los vehículos pesados. La empresa está en este momento considerada como mediana empresa, aunque por número de trabajadores (alrededor de 500) y volumen de facturación (por encima de los 7.000 millones de pesetas) roza el límite de las consideradas grandes empresas.

La empresa incorpora un amplio abanico de procesos de fabricación - producción: todo tipo de deformación plástica para componentes del marco, colector o tubos del radiador, procesos de soldadura por capilaridad o MIG/MAG robotizada para operaciones de ensamblaje, etc. La mayoría de los depósitos son de termoplástico y la fabricación de moldes para su inyección se subcontrata, aunque se dispone de secciones de mecanizado para fabricación de utillajes y elementos de producción.

El acuerdo de participación de la empresa en la experiencia partió de una situación previa de escaso, pero no nulo, conocimiento mutuo. Así pues, ya se habían realizado un proyecto final de carrera explorando las posibilidades de las herramientas CAD/CAM/CAE, un convenio de colaboración para formación básica en herramientas de dibujo asistido por ordenador, y otro convenio para realizar análisis mediante elementos finitos de un modelo de radiador en el que el cliente planteaba problemas posiblemente imputables a la empresa.

A raíz de esta situación pudo hacerse ver a la empresa la necesidad de mejorar el proceso de Diseño y Fabricación. Tras un análisis previo del tipo de producto de la empresa y de las directrices básicas de su planificación estratégica, se constató que era susceptible de implantar un entorno de Ingeniería Concurrente.

El proyecto, que se inició en junio de 1999 comprometiendo 6 hombres/mes y que tiene prevista su finalización en mayo de 2001, ha servido para validar la metodología propuesta, además de servir como caso piloto de implantación de un entorno de Ingeniería Concurrente en una empresa.

En lo que afecta el desarrollo y las propuestas de esta tesis, pasamos a describir, según las etapas de la metodología, los aspectos más relevantes de la implantación que han guiado hasta ahora esta experiencia.

7. 3. 1. Identificación de las Necesidades de Cambio.

7. 3. 1. a. Determinación de la Estrategia de la Unidad de Negocio.

En una primera aproximación se realizaron una serie de entrevistas de carácter informal con los responsables del departamento de ingeniería de la empresa. En las entrevistas se puso de manifiesto que la empresa tenía dos unidades de negocio claramente diferenciadas: productos de fabricación en serie, que se desarrollan bajo pedidos concretos de clientes, y productos de fabricación comercial, que se producen para satisfacer el mercado de repuestos.

La dirección determinó cuál era su estrategia de negocios y cuál era su estrategia de funciones para cada una de ellas, identificando cómo quería competir dentro de la cadena de valor a largo plazo. Para la unidad estratégica de productos de fabricación en serie, los pedidos se realizan directamente por los departamentos de desarrollo de los clientes, por lo que la dirección de la empresa clarifica que su objetivo es adaptarse el nivel tecnológico de sus clientes y suministradores, y reducir así el tiempo de desarrollo y aumentar la calidad del producto. Mientras que para la unidad de negocio de productos de fabricación comercial los objetivos estaban más centrados en reducir costes.

7. 3. 1. b. Análisis de los Indicadores Estratégicos.

Para determinar cuál era el nivel de cambio necesario se realizó un análisis de los indicadores primarios relacionados con el desarrollo de producto, que mostraban básicamente que los tiempos de desarrollo de producto se estaban incrementando en los últimos años, debido a las mayores exigencias de los clientes y a que la información manejada aumentaba con la variedad de productos.

Por otra parte, los clientes empezaban a enviar la información en formatos electrónicos y no en papel (modelos 3D virtuales y no planos 2D). Por lo que mantener el método de diseño mediante planos desarrollado hasta ahora en la empresa suponía desaprovechar parte del trabajo ya realizado y no mejorar la fluidez en la comunicación. Por su parte ciertos suministradores también demandaban los pedidos en formatos electrónicos con modelos sólidos para reducir los plazos de entrega.

Con esta información, y con los objetivos claramente definidos, se concluyó que no hacía falta prácticamente la evaluación general de la unidad de negocio para acordar que este proyecto debía abordarse.

7. 3. 1. c. *Desarrollo de la Visión por Procesos.*

En esta fase se ayudó a la empresa a identificar los procesos sobre los que se debía aplicar el cambio para acercarse a los modelos de calidad. Para desarrollar la visión por procesos se realizó un modelo simplificado de etapas y áreas de actividad (Figura 7.7) que permitió conocer el funcionamiento de forma global y detectar las posibles carencias. Para determinar el proceso se hicieron explícitos la *Misión*, la *Visión* y los *Objetivos*.

Misión: Desarrollar y suministrar productos para refrigerar motores térmicos de vehículos autopropulsados de alta calidad, en el mínimo tiempo y siempre dentro de los plazos dispuestos por los clientes.

Visión: Disfrutar de una posición competitiva y sostenida en el sector europeo de suministradores de radiadores, mediante productos superiores en calidad y prestaciones, estableciendo relaciones a largo plazo con clientes y proveedores.

Objetivos:

Integrar eficientemente los datos generados por las distintas actividades.

Integrar los Departamentos implicados en el Desarrollo de Productos.

Mejorar la comunicación con clientes y suministradores.

Controlar el Proceso mediante Sistemas de Indicadores.

Mejorar el Proceso de Desarrollo de Productos implantando Nuevas Tecnologías.

7. 3. 1. d. *Conocimiento de los Beneficios de la Ingeniería Concurrente.*

Tras el análisis de la estrategia de la unidad de negocio, se presentó a los responsables de desarrollo de producto los beneficios que se podrían obtener con la implantación de un entorno de Ingeniería Concurrente en el desarrollo de producto.

La idea de implantar un entorno en el cual se pudieran compartir los datos internamente y mejorar su gestión, unido a la utilización de herramientas de nueva generación satisfizo a la alta dirección.

7. 3. 1. e. *Priorización de las Mejoras.*

La dirección junto con el equipo de expertos decidió como prioritaria la mejora del proceso de desarrollo del producto desarrollando la visión por procesos para conseguir innovar. De esta forma se asumió que la relación beneficio/coste de la implantación era un riesgo que debía asumirse, ahora bien acotándolo a la mejora de un número concreto de actividades en el proceso.

Así se propuso a la empresa el inicio del proceso de innovación aplicando dicha metodología para la implantación, solicitando el proyecto de investigación conjunto mencionado en la introducción.

7.3.2. Entendimiento del Proceso.

7.3.2.a. Análisis del Proceso.

El proyecto de investigación se inició analizando el proceso de desarrollo de productos para la unidad de radiadores de serie. En este caso no existía ningún modelo del proceso de desarrollo, por lo que se decidió realizar un primer análisis general a partir de cual se establecerían las necesidades de mejora (Figura 7.7).

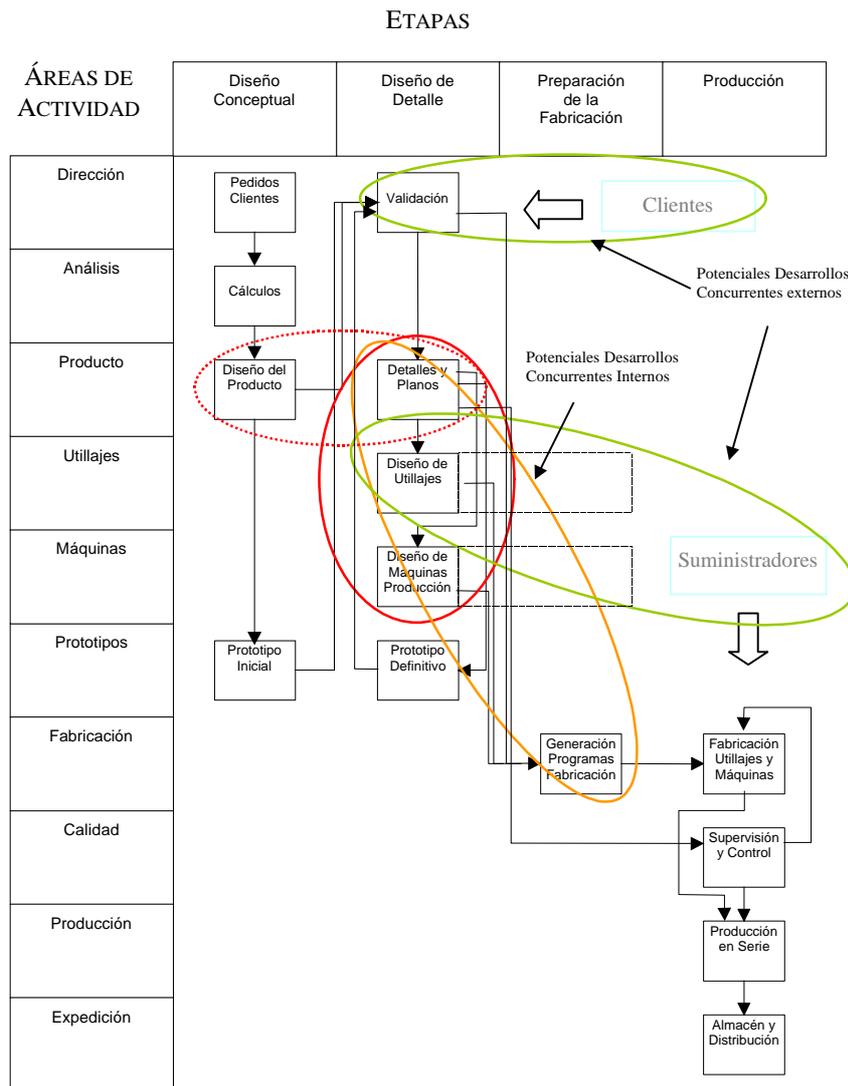


Figura 7.7. Modelo simplificado del Proceso de Desarrollo de Producto en la Empresa.

Esta primera fase se desarrolló mediante dos proyectos finales de carrera que permitieron conocer el proceso y las interrelaciones entre las distintas actividades.

Como podemos observar en la Figura 7.7, se consideró que el proceso de desarrollo de producto se podía dividir básicamente en cuatro etapas fundamentales: *diseño conceptual*, *diseño de detalle*, *preparación de la fabricación* y *producción*. Los estudios se centraron principalmente en las actividades realizadas durante las tres primeras etapas.

En la primera etapa se realizan los cálculos para determinar la capacidad de refrigeración del radiador y, por tanto, sus características de caudal, número de tubos, etc., a partir de los requerimientos del cliente. Aunque los desarrollos contemplaban un nivel exhaustivo de definición del producto, no podían considerarse definitivos hasta obtener el visto bueno del cliente, por lo que se decidió que este podría ser el aspecto que delimitase esta etapa respecto de la siguiente.

En la segunda de las etapas se realizan las últimas modificaciones propuestas por el cliente y se detallan todos los aspectos que pudieren haber quedado por definir. A partir de aquí se inician las actividades de diseño de utillajes para fabricación de cada uno de los elementos y el diseño de máquinas para producción, ensamblaje y pruebas del producto.

Las herramientas utilizadas en estas dos primeras etapas son herramientas de modelado en dos dimensiones como AUTOCAD.

En esta etapa coexisten el diseño de producto y la planificación de los procesos de fabricación (selección de procesos y diseño de utillajes y máquinas) dentro de la misma oficina. Por tanto, existe un cierto solapamiento de actividades que podría definirse como desarrollo simultáneo más que concurrente. Esta situación que, en principio, parece favorable ha supuesto un inconveniente para alcanzar la nueva filosofía de trabajo en equipo, debido a que la carencia de metodologías y herramientas adecuadas hace que se adquieran hábitos difíciles de cambiar.

En la tercera etapa se realiza la preparación de la fabricación, planificándose los procesos de mecanizado de utillajes y demás componentes, y se generan los programas de control numérico para las máquinas herramienta. Las piezas deben diseñarse entonces de nuevo para trabajar con los programas de fabricación asistida por ordenador, que utilizan modelos sólidos para el mecanizado en dos ejes y medio o más, con la consecuente pérdida de tiempo y recursos.

El análisis mostró que podría lograrse un índice de concurrencia alto dentro de cada etapa utilizando herramientas integradas de modelado sólido. En la etapa de *diseño conceptual* trabajando varias personas sobre un mismo radiador, compartiendo elementos y evaluando las interacciones espaciales entre los mismos. En la etapa de *diseño de detalle*, trabajando conjuntamente utillajes y diseño de máquinas con los diseñadores de producto e implicando a las personas de preparación de la fabricación para considerar antes los aspectos de mecanizado. Finalmente, la etapa de *preparación de la fabricación* se vería beneficiada al poder trabajar directamente con los moldes y piezas sólidas y tener que preocuparse únicamente de los aspectos propios del mecanizado.

7.3.2.b. Evaluación de la Situación Actual y del Estado Deseado.

La actividad de análisis de la situación actual y del estado deseado se realizó mediante entrevistas a cinco responsables de los departamentos involucrados en el proceso de desarrollo: análisis y diseño, prototipos, preparación de la fabricación, calidad y producción.

Las transcripciones de los cuestionarios de la situación actual y del estado deseado en el Diagrama de Cambio de la pueden observarse en la Figura 7.8 y en la Figura 7.9, respectivamente.

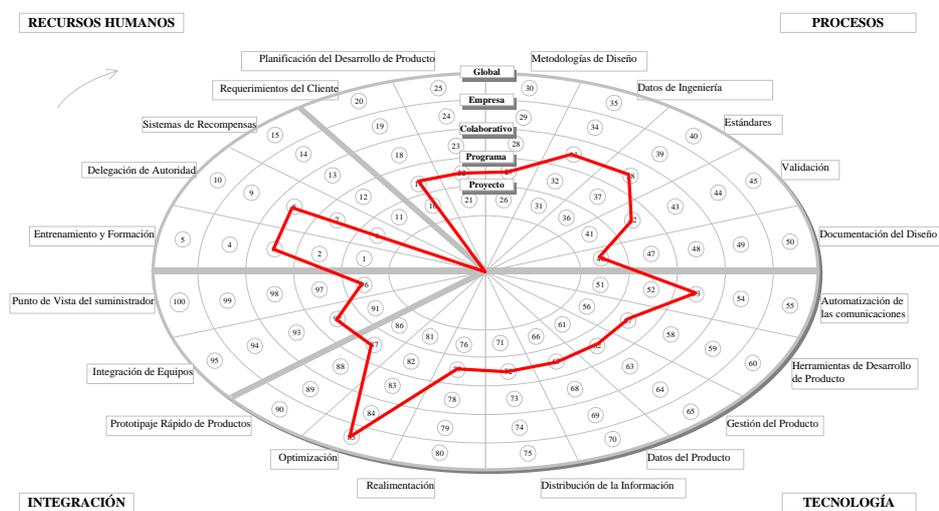


Figura 7.8. Diagrama Radar de la Situación Actual de la empresa.

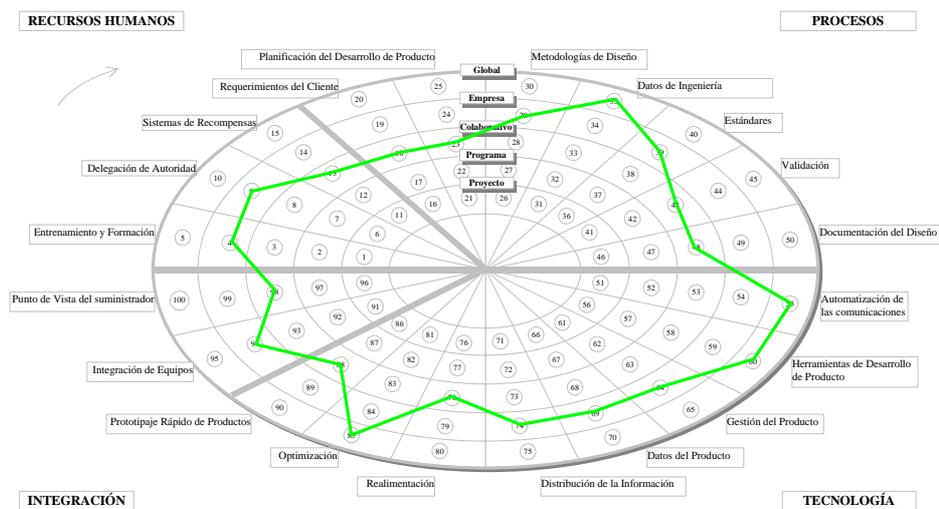


Figura 7.9. Diagrama Radar del Estado Deseado de la empresa.

El resultado refleja una situación actual en la que no existe, en términos generales, trabajo en equipo y ninguna gestión sobre los datos de producto.

Además cabe resaltar el desequilibrio existente entre los factores clave. Destaca el contraste entre optimización, con un nivel de madurez considerado como Global, y un sistema de recompensas inexistente.

Al realizar la composición de las dos evaluaciones, podemos observar que el nivel de madurez deseado para el proceso de desarrollo de producto coincide básicamente con el nivel de madurez de *Empresa* (Figura 7.10) en un 55% de los factores clave, especialmente en los referentes a Tecnología.

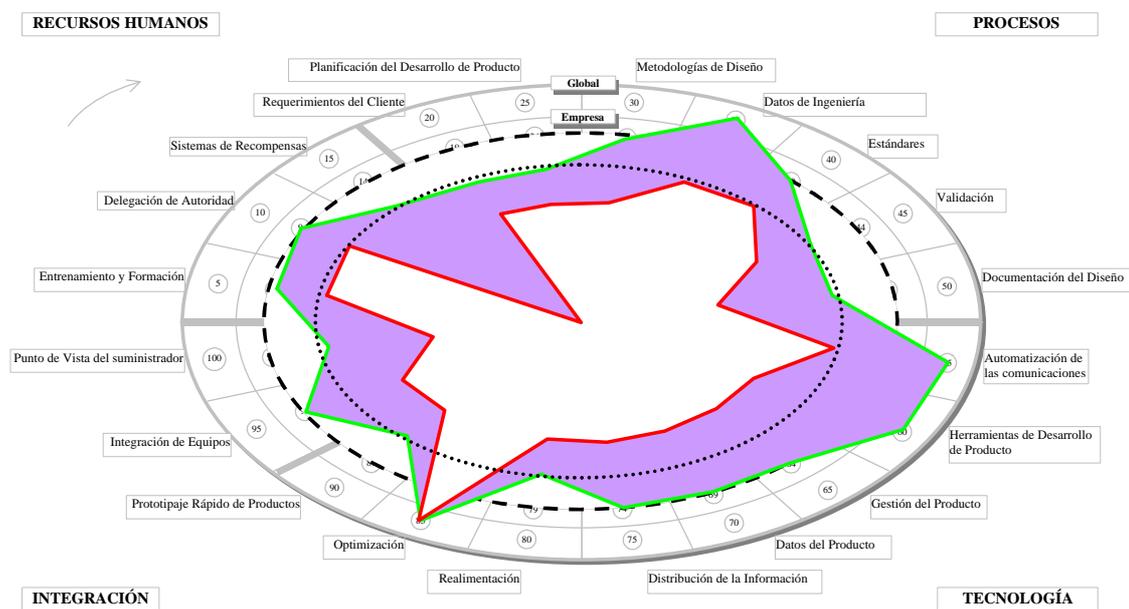


Figura 7.10. Diagrama de Cambio de la Situación Actual y del Estado Deseado de la empresa.

7. 3. 2. c. Decisiones sobre la Implantación.

Para disponer de una visión más clara de la información extraída podemos reflejar los tres gráficos anteriores en un formato de tipo barras. Estos gráficos permiten analizar la situación actual (Figura 7.11) y el estado deseado (Figura 7.12) de cada uno de los factores clave respecto de los niveles de madurez expuestos, partiendo de un nivel cero donde no se alcanzaría ni siquiera el primero de ellos; este nivel cero corresponde con el centro de la elipse del mapa de Dimensiones.

Se presenta entonces un tercer gráfico (Figura 7.13) en el que se puede apreciar el nivel de cambio que debe alcanzarse, en opinión de los propios expertos de la empresa, para adquirir un nivel competitivo en el proceso.

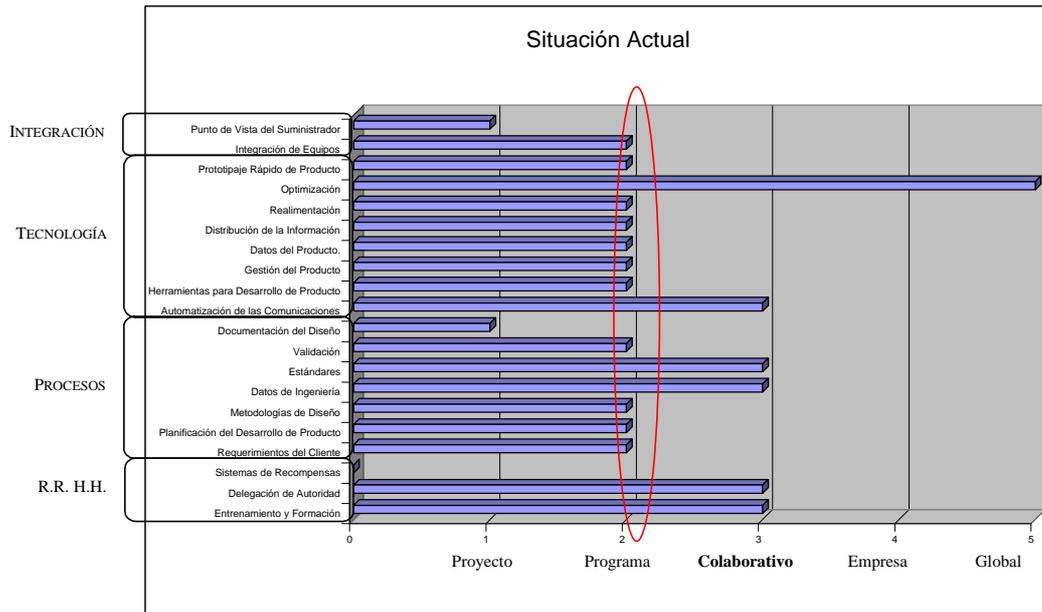


Figura 7.11. Situación Actual del Proceso.

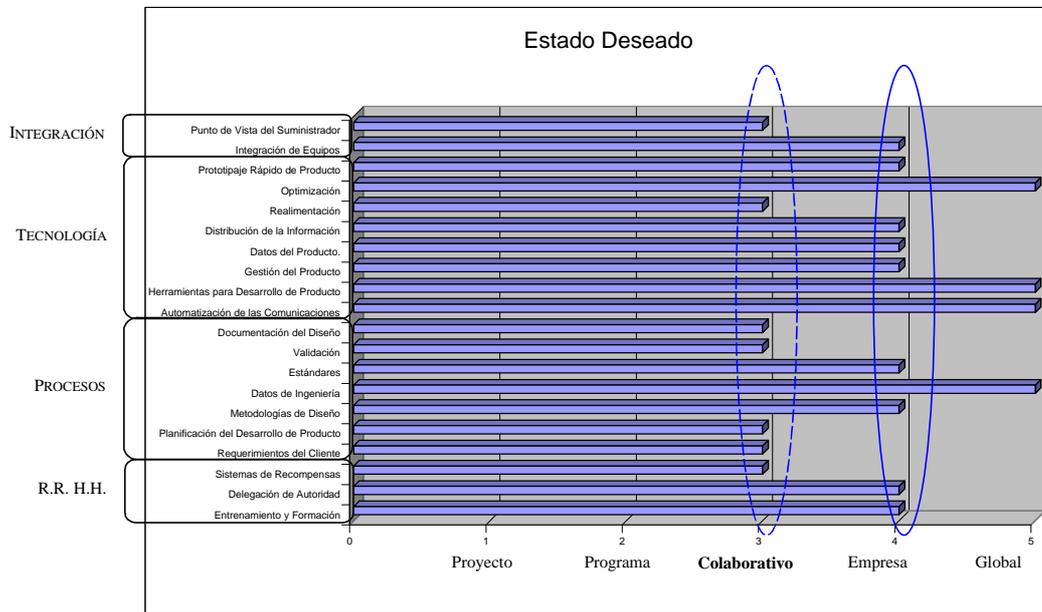


Figura 7.12. Estado Deseado del Proceso.

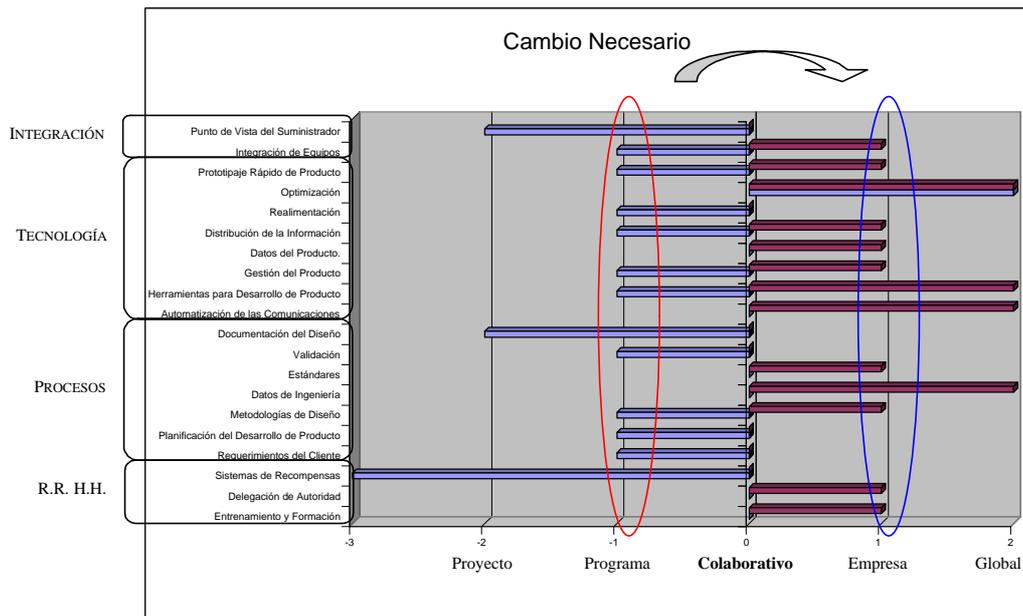


Figura 7.13. Cambio de la Situación Actual y al Estado Deseado.

Como podemos observar en la Figura 7.11, únicamente en seis de los Factores Clave se alcanza el nivel de madurez *Colaborativo*. Es importante notar que la mayoría de los ítems de tecnología se encuentran en el nivel *Programa*. Sin embargo, el factor *Optimización* tiene un alto nivel de madurez, esto se debe al profundo conocimiento del producto que tiene cada uno de los implicados y de las técnicas propias que utilizan.

Por otra parte, la Figura 7.12 muestra que el Estado Deseado corresponde al nivel de madurez de *Empresa* en 13 de los 20 Factores Clave, lo que supone un deseo de alcanzar un nivel que permita mejorar la comunicación en toda la empresa.

Pero, tal y como podemos observar en la Figura 7.13, este cambio suponía transformar radicalmente ciertos Factores Clave. Por tanto, se decidió realizar una primera mejora de aquellos Factores que no alcanzaban el nivel de madurez *Colaborativo* para conseguir un estado intermedio más equilibrado, que permitiera alcanzar el nivel mínimo de Ingeniería Concurrente.

Por otra parte, para minimizar el impacto de la transformación, y evitar que el funcionamiento ordinario de la empresa se viera afectado críticamente por las nuevas metodologías, se decidió que la implantación debía centrar su atención en las actividades propias de desarrollo de producto sin implicar inicialmente a otros departamentos como prototipos, calidad o métodos y tiempos, y utilizar las nuevas herramientas de modelado sólido de forma integrada. De esta manera, el Equipo de Ingeniería Concurrente debía seguir el modelo planteado con el segundo enfoque (apartado 3.3.1), ya que se consideraba crucial la utilización de estas nuevas tecnologías, especialmente en los aspectos de diseño y fabricación.

Con estos datos y objetivos se establecieron las Directrices de Innovación para los Factores Clave que debían mejorarse (Tabla 7.1) y se redactaron acciones concretas asumiendo las restricciones que pudieran aparecer.

DIRECTRICES DE INNOVACIÓN						
Factor Clave	Prioridad	Estado actual	Estado deseado	Acciones	Completado	Comentarios
Entrenamiento y Formación	1	Colaborativo	Empresa	Formar en nuevas Tecnologías.	-	Cursos Herramientas CAD de modelado sólido.
Delegación de Autoridad	-	Colaborativo	Empresa		-	
Sistemas de Recompensas	1	-	Colaborativo	Motivar empleados.	-	Sistema de incentivos
Requerimientos del Cliente	1	Programa	Colaborativo	Mejorar Tiempo de respuesta.	-	Adaptarse al nivel tecnológico
Planificación del Desarrollo de Producto	-	Programa	Colaborativo		-	
Metodologías de Diseño	-	Programa	Empresa		-	
Datos de Ingeniería	--	Colaborativo	Global		-	
Estándares	-	Colaborativo	Empresa		-	
Validación	-	Programa	Colaborativo		-	
Documentación del Diseño	-	Proyecto	Colaborativo		-	
Automatización de las Comunicaciones	1	Colaborativo	Global	Mejorar capacidad red interna de empresa.	-	Inversión en equipos y redes de comunicaciones.
Herramientas para Desarrollo de Producto	1	Programa	Colaborativo	Mejorar software de diseño y fabricación.	-	Revisar alcance de viejas y nuevas herramientas
Gestión del Producto	1	Programa	Empresa	Gestionar proyectos eficientemente	-	Sistemas de Gestión electrónica de proyectos
Datos del Producto.	1	Programa	Empresa	Centralizar la información del proceso	-	Bases de Datos orientada objeto PDM
Distribución de la Información	2	Programa	Empresa	Implantar comunicaciones electrónicas	-	Lograr que todos dispongan de correo electrónico
Realimentación	-	Programa	Colaborativo		-	
Optimización	-	Global	Global		-	
Prototipaje Rápido de Producto	-	Programa	Colaborativo		-	
Integración de Equipos	-	Programa	Empresa		-	
Punto de Vista del Suministrador	2	Proyecto	Colaborativo	Cooperar durante fase detalle en moldes	-	Vistas a suministrador

Tabla 7.1. Modelo Global de Directrices de Innovación elaborado en el proyecto.

7. 3. 3. Rediseño del Proceso.

7. 3. 3. a. Realización del nuevo modelo del Proceso.

En esta fase del proceso de implantación se procedió a la elaboración de un modelo detallado del proceso de desarrollo de productos, de la unidad de negocio de radiadores de serie, utilizando la metodología IDEF0. Modelo que permitió reflejar las interacciones entre las distintas actividades, los posibles desarrollos secuenciales y los cuellos de botella del proceso.

Una parte del modelo final se muestra en la Figura 7.14, y su elaboración fue el resultado de uno de los proyectos finales de carrera comentados anteriormente [Galmés, 99].

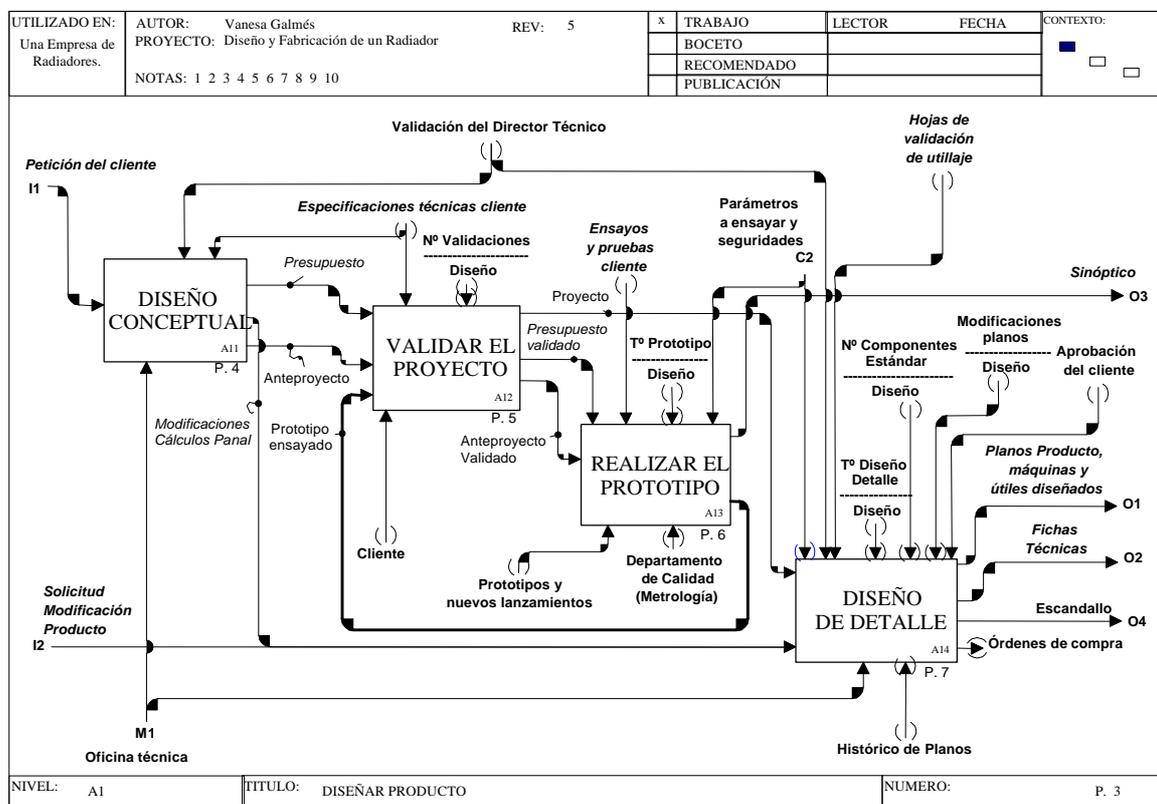


Figura 7.14. Modelo IDEF0 del Proceso de Desarrollo de Producto en la Empresa.

Para obtener dicho modelo se realizaron entrevistas con personal de todos y cada uno de los departamentos, y se establecieron las relaciones de entradas, salidas, mecanismos y controles que influían sobre cada una de las actividades del proceso.

Este modelo permitió definir posteriormente las tareas de cada una de las personas que intervienen en el proceso de desarrollo, así como los papeles que debían desempeñar. A partir de aquí se determinaron los permisos para trabajar con los diseños y en qué fase del proceso era posible realizar modificaciones.

Como conclusiones generales podemos decir que, gracias a este proyecto, se consiguió no sólo conocer el proceso de desarrollo del producto sino también entender el funcionamiento exacto de cada una de las actividades y el intercambio de la información generada. Esto nos permitió establecer los criterios necesarios para seleccionar las metodologías y herramientas que debían incorporarse para su mejora.

7. 3. 3. b. Selección de las nuevas Metodología de Trabajo.

Las metodologías de trabajo seleccionadas se limitaron únicamente a técnicas de trabajo en equipo, como sesiones de “brainstorming”, y al desarrollo de metodologías específicas de diseño para conformado de piezas de chapa y mecanizado.

La selección de una metodología sencilla para obtener puntos de vista de cada uno de los miembros tenía su justificación en dos razones. La primera razón se debía a que hasta ese momento nunca habían realizado ejercicios de esta índole, y se debía empezar por algo muy básico. La segunda razón porque se consideró que si el objetivo era, fundamentalmente, implantar nuevas tecnologías no era recomendable complicar la formación con métodos más elaborados como el Despliegue de la Función de Calidad o las Técnicas Taguchi.

Por otra parte, teniendo en cuenta las nuevas herramientas y los sistemas de fabricación - producción principales, se pensó que era necesario incluir guías básicas con consideraciones de diseño para piezas de chapa conformadas por deformación plástica, para que los diseñadores las tuvieran en cuenta a la hora de desarrollar ciertos componentes del radiador. Asimismo, se planteó la necesidad de incluir otra guía de diseño para mecanizado de forma que los diseñadores de troqueles y utillajes facilitasen la labor de las personas de preparación de la fabricación.

De la misma forma se incluyó en el proyecto la elaboración de guías de modelado sólido orientadas al diseño de los componentes más característicos del radiador, como son los depósitos. De esta forma se establecerían una serie de reglas que permitirán a los diseñadores optimizar el trabajo y reutilizar los modelos existentes, con la consiguiente mejora en los tiempos de diseño conceptual.

7. 3. 3. c. Selección de las Tecnologías de la Información para el nuevo proceso.

Las tecnologías seleccionadas apostaron por un entorno de IC Asistido por Ordenador (ICAO), basado en software comercial que debía ser adquirido. Tras un estudio detallado del proceso de desarrollo del producto y de las herramientas disponibles en el mercado se decidió comprar herramientas de modelado sólido, modelado de chapa y un módulo de fabricación asistida por ordenador para la generación de programas de control numérico.

Partiendo de la experiencia adquirida en el Laboratorio Integrado de Diseño y Fabricación y teniendo en cuenta la diversidad de herramientas que utilizaban tanto clientes como proveedores se seleccionó ProENGINEER (Figura 7.15) como la más adecuada, ya que permitía la integración de sus diferentes aplicaciones y el intercambio modelos mediante el protocolo STEP AP214.

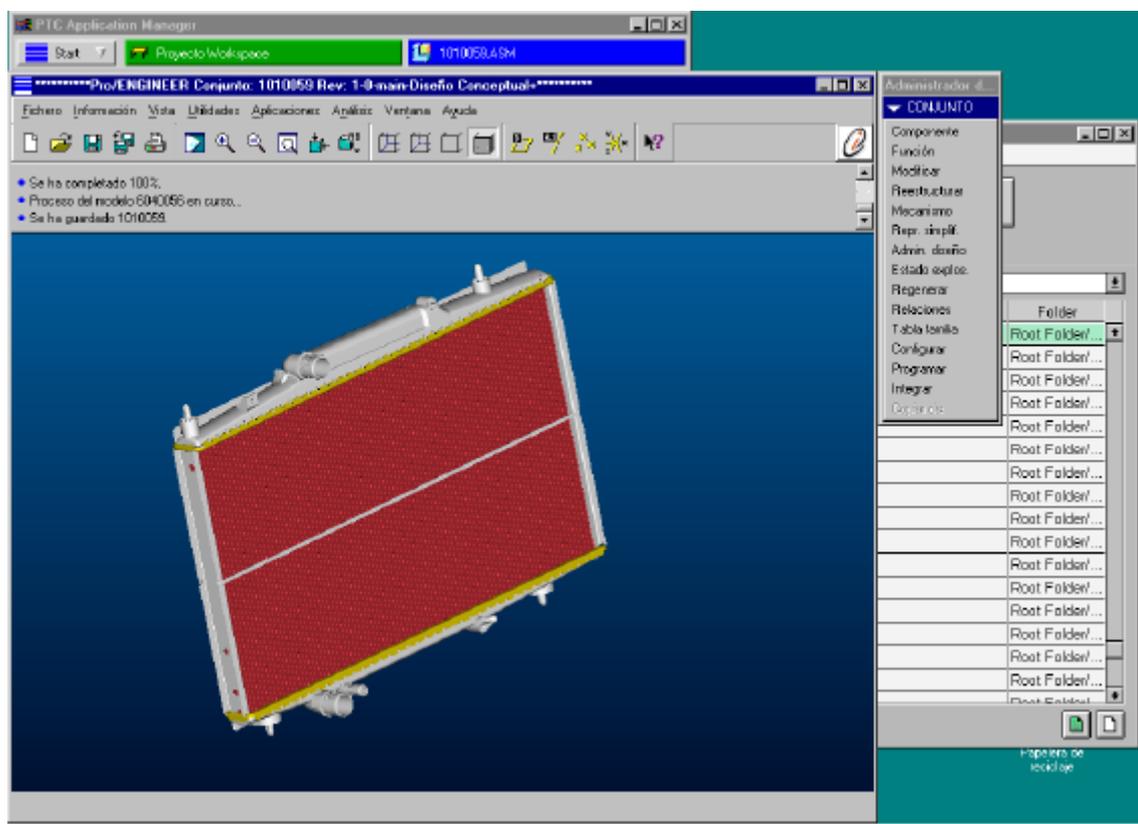


Figura 7.15. Entorno de IC asistido por computadora. Herramienta CAD.

En lo referente al sistema de gestión de datos del producto, el mismo fabricante suministró la aplicación correspondiente, INTRALINK®, que permite controlar los datos generados durante el proceso de desarrollo.

La ventaja de esta herramienta, respecto a las demás herramientas con prestaciones semejantes, consistía en que podía funcionar bajo sistemas operativos Windows NT, lo cual suponía reducir considerablemente la inversión en nuevos equipos para la empresa y facilitaba la formación del Equipo de Ingeniería Concurrente en el nuevo entorno. Además, INTRALINK, permite definir una serie de permisos o 'Lista de Control de Accesos' (*Roles* o *Access Control List, ACL*) para controlar quienes pueden acceder a determinada información y en qué fase del proceso de diseño pueden hacerlo (Figura 7.16 y Figura 7.7).

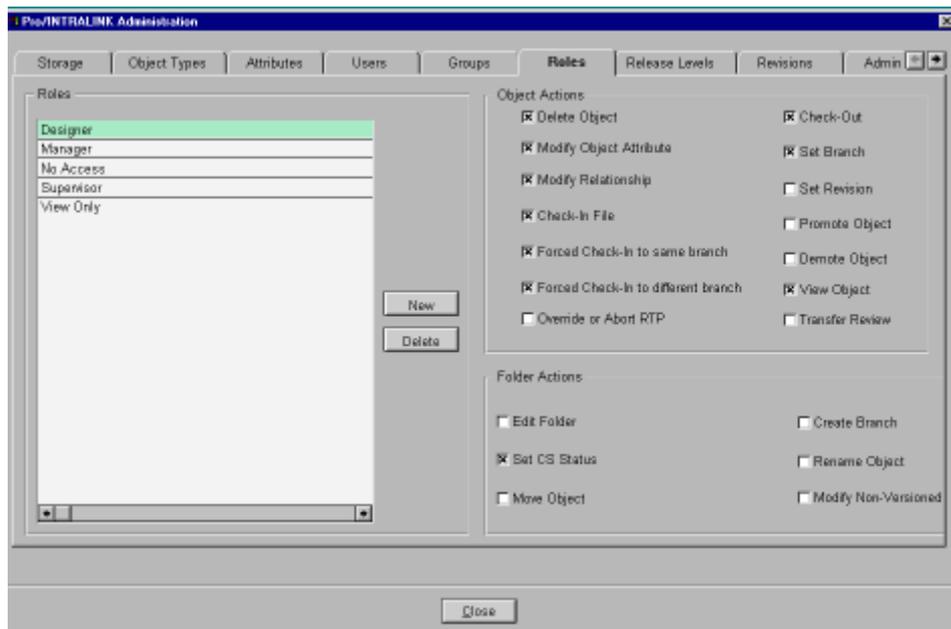


Figura 7.16. Gestión de Roles.

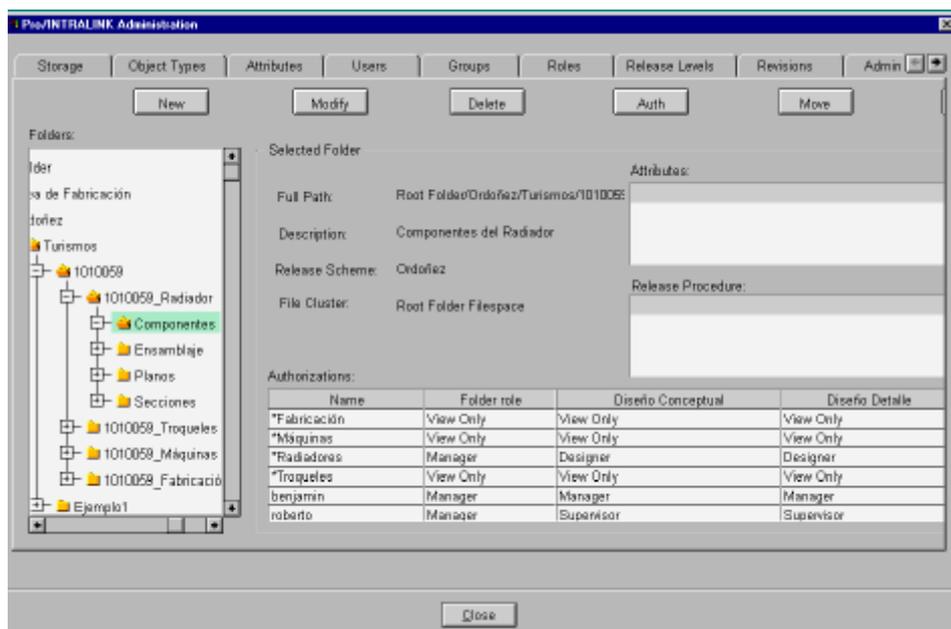


Figura 7.17. Gestión de Permisos durante el flujo de trabajo.

7. 3. 3. d. Definición del Sistema de Indicadores para controlar el Proceso.

Para realizar un seguimiento y control del desarrollo del proyecto se definió un sistema de indicadores sobre la base del modelo IDEF0 para cuantificar los beneficios directos e indirectos que debería producir la implantación del sistema (Figura 7.18).

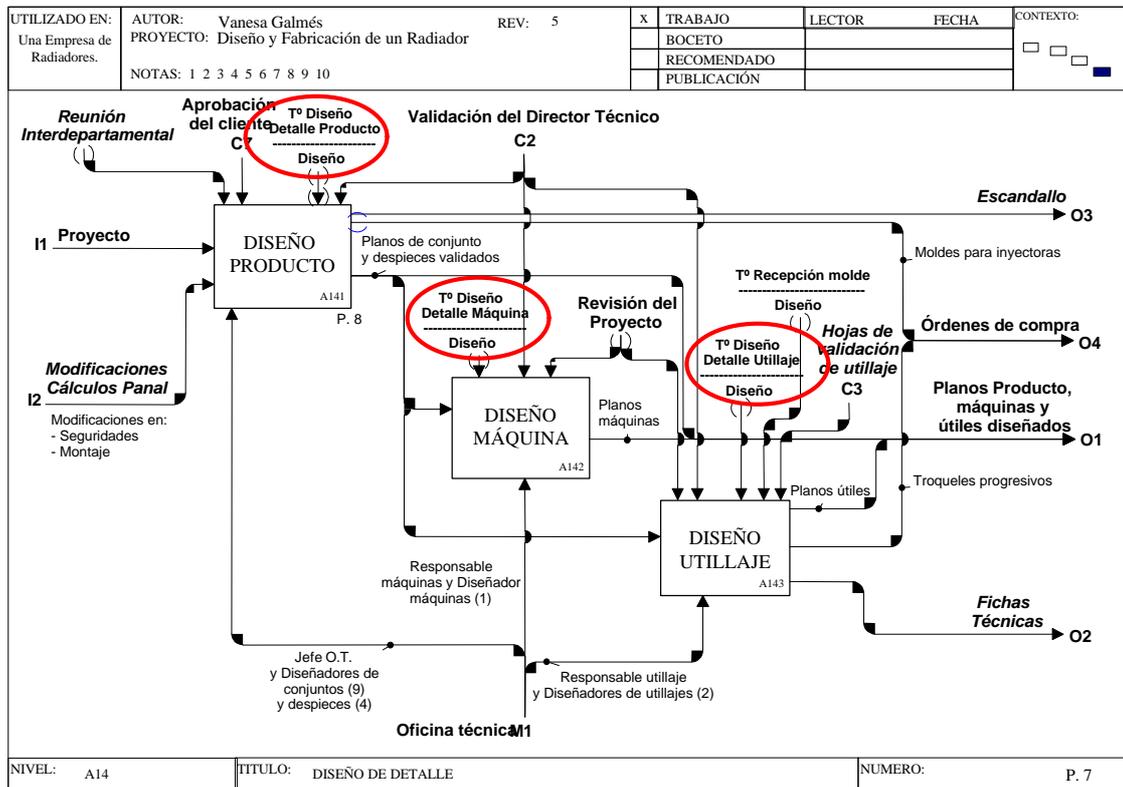


Figura 7.18. Indicadores para el Control del Proceso de Desarrollo de Producto.

En la Tabla 7.2 de la página siguiente se muestra una parte de los indicadores seleccionados para controlar el proceso de desarrollo de producto. Los indicadores que se refieren a tiempos permitirán evaluar si se está reduciendo eficientemente el proceso de desarrollo; podremos detectar la concurrencia a través de la comparación de los tiempos de diseño de detalle de radiador, utillajes y máquinas con el tiempo total de diseño de detalle, que no debe coincidir con la suma de los anteriores.

La utilización de componentes estándares y la generación de planos asociados nos permitirá detectar si se está aprovechando el trabajo realizado anteriormente y si se está optimizando la información generada.

Por último, el número de validaciones y el número de modificaciones nos mostrarán si realmente se están reduciendo las órdenes de cambio de ingeniería.

	Indicador	Descripción	Metodología	Unidades
	Tº Total Desarrollo Producto	Tiempo total desde que el cliente realiza su petición, hasta que se obtiene la primera unidad de radiador fabricado.	Se mide el tiempo desde que el cliente realiza el pedido de un radiador, hasta que se da el aviso de que el radiador ha sido fabricado.	Días
	Tº Total Diseño Conceptual	Tiempo total desde que el cliente realiza un pedido con requisitos concretos hasta que tras varias iteraciones da su conformidad el cliente.	Se mide el tiempo desde que el cliente envió los requisitos de un nuevo producto hasta que se confirma el pedido y se empiezan a precisar utillajes y máquinas.	Días
	Tº Total Diseño Detalle	Tº correspondiente a la Fase de Diseño de Detalle, desde que el cliente valida el proyecto hasta que se obtienen los planos definitivos.	Se mide el tiempo de diseño de un modelo (radiador, máquinas y utillajes), tras ser validado por el cliente.	Días
	Tº Cálculo Panal	Tiempo Total necesario para calcular el panel (tubos y esquema de refrigeración) del radiador.	Se mide el tiempo de cálculo del panel.	Días
	Tº Diseño Detalle Producto	Tiempo necesario para obtener el diseño de detalle del radiador.	Se mide el tiempo necesario para realizar el diseño de detalle del radiador desde que el cliente lo valida, hasta que se obtienen los planos definitivos.	Días
	Tº Diseño Detalle Máquina	Tiempo necesario para obtener el diseño de detalle de la máquina.	Se mide el tiempo necesario para realizar el diseño de la máquina asociada a ese modelo.	Días
	Tº Diseño Detalle Utillaje	Tiempo necesario para obtener el diseño de detalle del utillaje.	Se mide el tiempo necesario para realizar el diseño de los troqueles asociados a ese modelo.	Días
	Tº Recepción Molde	Tiempo transcurrido desde que se transmite la orden de fabricar un molde para inyección de plástico, hasta que se recibe el molde fabricado.	Se mide el tiempo que transcurre desde que se solicita un molde hasta que éste llega a la empresa.	Días
	Tº Planificación Procesos Diseño	Tiempo necesario desde que el personal de mecanizado recibe los planos de Oficina Técnica y decide cómo fabricar la pieza.	Se mide el tiempo necesario para tomar la decisión de cómo fabricar una pieza desde que se reciben los planos.	Días
	Tº Fabricación Producción Diseño	Tiempo necesario desde que llegan los planos hasta que se fabrica el radiador.	Se mide el tiempo necesario para la fabricación del radiador, desde que llegan los planos a planta hasta que se obtiene el producto embalado.	Días
	Nº Planos asociados Diseño	Número de planos que se generan para definir totalmente un diseño de un modelo de radiador.	Se cuenta el total de planos asociados a un radiador, así como a la máquina y troqueles necesarios para su fabricación.	Nº Planos asociados
	Nº Validaciones Diseño	Número de validaciones realizadas por el Director Técnico en el proceso de diseño.	Se cuenta el número de veces que el Director técnico realiza una validación de cualquiera de los planos asociados a un modelo de radiador.	Nº Validaciones
	Nº Componentes Estándar Diseño	Número de componentes estándar que se emplean en el diseño de un radiador.	Se cuenta el nº de componentes utilizados en un modelo, que se están reutilizando de modelos anteriores.	Nº Componentes Estándar
	Modificaciones Previas al Lanzamiento del Proyecto Diseño	Total modificaciones necesarias anteriores al Lanzamiento del Proyecto, por tanto, durante la Fase de Diseño Conceptual.	Se cuenta el nº de modificaciones necesarias en los planos del modelo durante la fase de diseño conceptual (antes de la validación del cliente).	Nº Modificaciones
	Modificaciones tras el Lanzamiento del Proyecto Diseño	Total de modificaciones en los planos, durante la Fase de Diseño de Detalle.	Se cuenta el nº de modificaciones realizadas en los planos de un modelo (radiador, máquinas y utillajes) durante la Fase de Diseño de Detalle.	Nº Modificaciones

Tabla 7.2. Sistema de Indicadores propuesto para Distintas Actividades.

7. 3. 3. e. *Identificación de Barreras al Cambio.*

La actividad de identificación de las barreras al cambio detectó varias de las pronosticadas en esta disertación. Dichas barreras podemos resumirlas en dos aspectos generales: la empresa no estaba al corriente de las nuevas tecnologías para el desarrollo de producto, aunque sí de las tecnologías de fabricación - producción, y la política corporativa contemplaba seminarios de formación para trabajar en Equipo pero dichos procedimientos no se llevaban a la práctica.

Más concretamente y en lo referente a las ‘Barreras Técnicas’ encontradas podemos destacar que se daban muchas de las expuestas en nuestra disertación:

- Falta de Recursos en cuanto a Tecnologías de la Información. La oficina técnica disponía de equipos con poca capacidad de procesamiento y cálculo para trabajar con herramientas de modelado sólido.
- Desconocimiento de la implicación de las Nuevas Tecnologías. No se disponía de información suficiente sobre las ventajas que suponía para las relaciones con los clientes la adopción de estas tecnologías; especialmente en la posibilidad de intercambio con ficheros neutros, que permitía no estar supeditado a las mismas herramientas de los clientes y trabajar con una única herramienta.
- Utilización de metodologías de diseño no integradas. El departamento de ingeniería de la fabricación debía rediseñar las piezas generadas en el departamento de diseño para poder utilizar sus propias herramientas, lo que suponía hacer dos veces el mismo trabajo.

En cuanto a las ‘Barreras Organizativas’ es interesante reflejar que también se daban algunas de las que adelantábamos; mereciendo especial hincapié las siguientes:

- Clima Inadecuado. Las relaciones intradepartamentales no contemplaban el trabajo en equipo. En este sentido podemos decir que muchas de las tareas se realizaban por duplicado, como por ejemplo la generación de plantillas para planos.
- Sistemas de Recompensas Inadecuados. La empresa no disponía de un sistema conocido para motivar a los empleados en la mejora del proceso de desarrollo de producto o en la innovación del mismo y tampoco de incentivos colectivos.
- Falta de Cooperación con el Cliente y con el Suministrador. Aunque existen relaciones estrechas con clientes y suministradores no se llegan a tratar los problemas que pueden permitir una mejora del proceso. Por ejemplo, los fabricantes de moldes para inyección se ven obligados a realizar modificaciones sobre el modelo que podrían haberse evitado si hubieran participado con los diseñadores en el diseño de detalle; en otros casos deben remodelar completamente las piezas para adaptarlas a su sistema CAM.

7. 3. 3. f. Planificación del Cambio.

La planificación del cambio se realizó teniendo en cuenta la decisión previa de mejorar sólo las actividades de diseño y preparación de la fabricación del proceso de desarrollo del producto, excluyendo las relacionadas con la producción.

Se decidió que lo oportuno era desarrollar un proyecto piloto para un radiador de serie y que el Equipo de Ingeniería Concurrente para el proyecto debían formarlos una persona experimentada en diseño de radiadores, un diseñador experimentado en herramientas CAD, un diseñador de utillajes, un diseñador de máquinas y dos miembros del departamento de fabricación.

A partir de la experiencia adquirida en el *Laboratorio Integrado de Diseño y Fabricación* se definieron los recursos necesarios para ordenadores de los puestos de trabajo (incidiendo en las capacidades de procesador, memoria y tarjetas gráficas) y el servidor de datos con sistema operativo Windows NT® (IBM Netfiniti).

Posteriormente se estructuró el plan de desarrollo del proyecto piloto y se planificaron las actividades y tareas a desarrollar en un diagrama temporal (Figura 7.19), obteniéndose finalmente el visto bueno de la dirección.

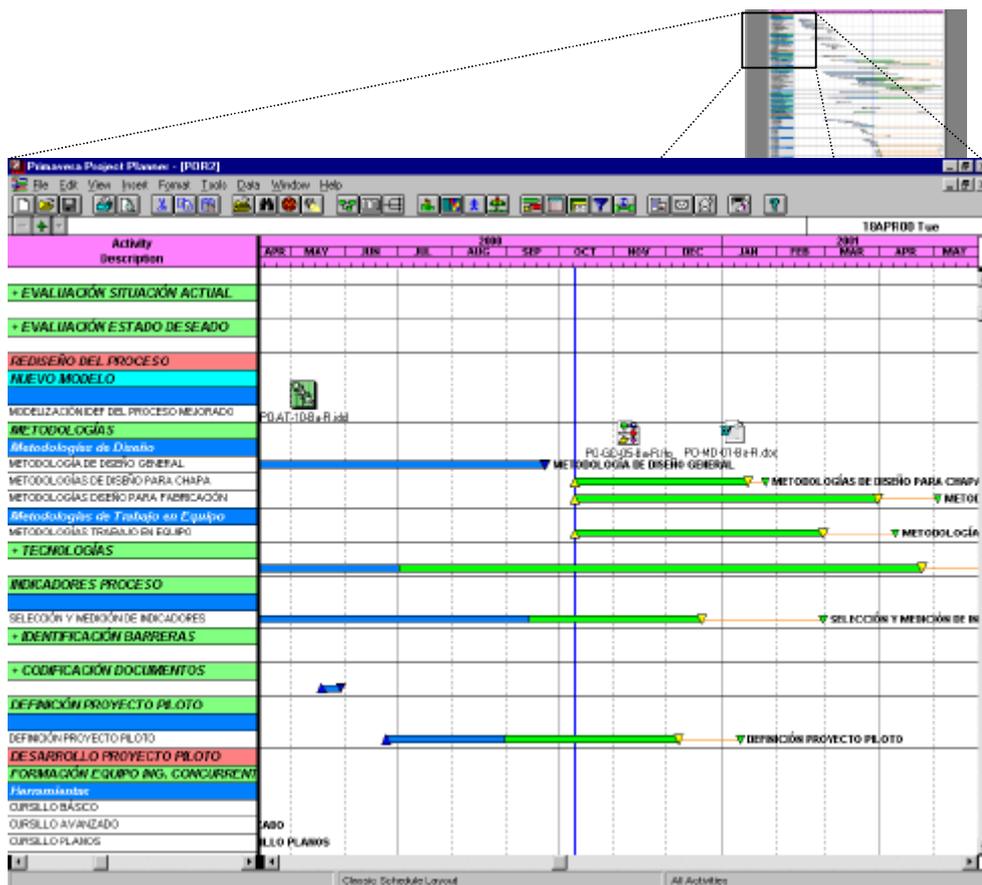


Figura 7.19. Planificación de la Implantación.

7. 3. 4. Desarrollo del Proyecto Piloto.

El proyecto piloto seleccionado fue el desarrollo de un radiador para una máquina para talar árboles de CATERPILLAR (Harvester 570/580).

7. 3. 4. a. Formación del Equipo en las Metodologías y Herramientas.

El proyecto piloto se inició con una serie de sesiones de formación y entrenamiento en las herramientas seleccionadas y en los distintos aspectos de la IC. Paralelamente se realizó la formación en las metodologías de Diseño de Producto y Técnicas de Trabajo en Equipo que se extienden a lo largo de todo el proyecto piloto.

Formación en Herramientas CAD/CAM. Se formó al equipo en el modelado básico y avanzado con la herramienta ProENGINEER, en el módulo de planos y módulo de chapa.

Formación en el Entorno de Comunicaciones. La formación en el entorno de comunicaciones se centró en INTRALINK.

Formación en Metodologías de Diseño de Producto. Las metodologías de diseño se centraron especialmente en el Diseño para Conformado por deformación plástica de piezas de chapa de forma que los diseñadores adquirieran mayores conocimientos sobre el proceso.

Formación en Metodologías de Trabajo en Equipo. Para reforzar los valores del trabajo diario en equipo se realizó un preproyecto piloto que afianzó las reuniones y decisiones conjuntas. Se deben aprender los protocolos de trabajo en equipo y la progresión por etapas del diseño en equipo.

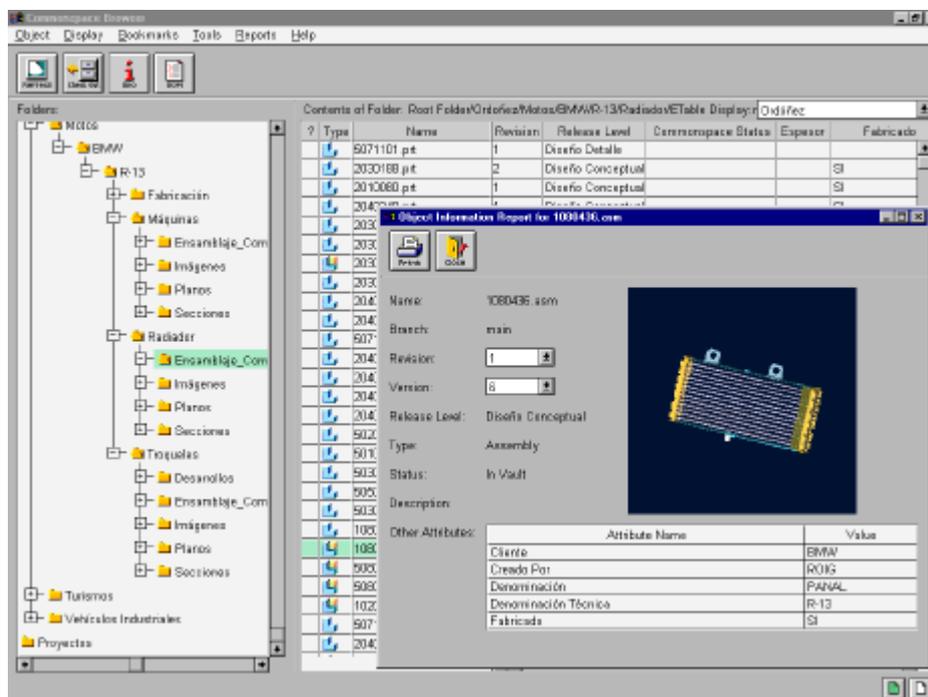


Figura 7.20. Base de Datos para un entorno de IC.

7. 3. 4. b. Ejecución del proyecto piloto.

Cuando se completó la formación se decidió, siempre según el plan del proyecto piloto, abordar el pedido de CATERPILLAR, que justamente trabajaba con la misma herramienta CAD, lo cual facilitaba muchas cosas.

Al plantear el proyecto se prestó especial atención a dos posibles modos de fallo que podían malograr todo el proceso: el equipo debía estar plenamente capacitado para las actividades a realizar y los medios debían estar a pleno rendimiento. Ambas condiciones se cumplían, en gran medida gracias a que el proceso de formación del personal se había completado (a menos en los aspectos que iban a intervenir en el proyecto) y gracias a que la experiencia acumulada en el laboratorio integrado de Diseño y Fabricación descrito en el segundo epígrafe de este capítulo permitió configurar un entorno de trabajo completo y robusto.

También se consideró que eran necesarias ciertas herramientas que ayudasen a gestionar el proceso y facilitaran que todos los implicados conocieran tanto el proceso como su propio papel.

Para poder gestionar el proceso concurrente de desarrollo de producto utilizamos la metodología clásica de gestión de proyectos mediante gráficos de Gantt y con la herramienta *Primavera Project Planner* (Figura 7.19) se determinaron las tareas que se debían realizar simultáneamente.

Debido a la complejidad del modelo IDEF0 (Figura 7.14), se realizó un modelo gráfico simplificado que permitiría a los miembros del equipo identificar todas las tareas a realizar con las nuevas herramientas (Figura 7.21).

El inicio del proyecto piloto se ha realizado planificando reuniones bisemanales entre los investigadores de la universidad y los miembros del equipo. De esta manera se pueden intercambiar opiniones sobre el trabajo diario e ir corrigiendo problemas de la puesta en marcha del sistema informático y de la metodología.

En una de estas reuniones se consiguió implicar a los mandos intermedios lo cual ha permitido salvar uno de los posibles modos de fallo que más nos preocupaba tras las conversaciones mantenidas con los miembros del equipo.

Durante el tiempo transcurrido del proyecto se han detectado algunos problemas en el ámbito tecnológico, concretamente en la puesta en marcha de la base de datos y en lo referente a la ubicación y actualización de elementos estándares. Por ejemplo, al actualizar los elementos mecánicos de unión y generar las familias de piezas en modelado sólido, se detectó que los planos antiguos de estos no correspondían geoméricamente a la norma UNE a la cual hacían referencia.

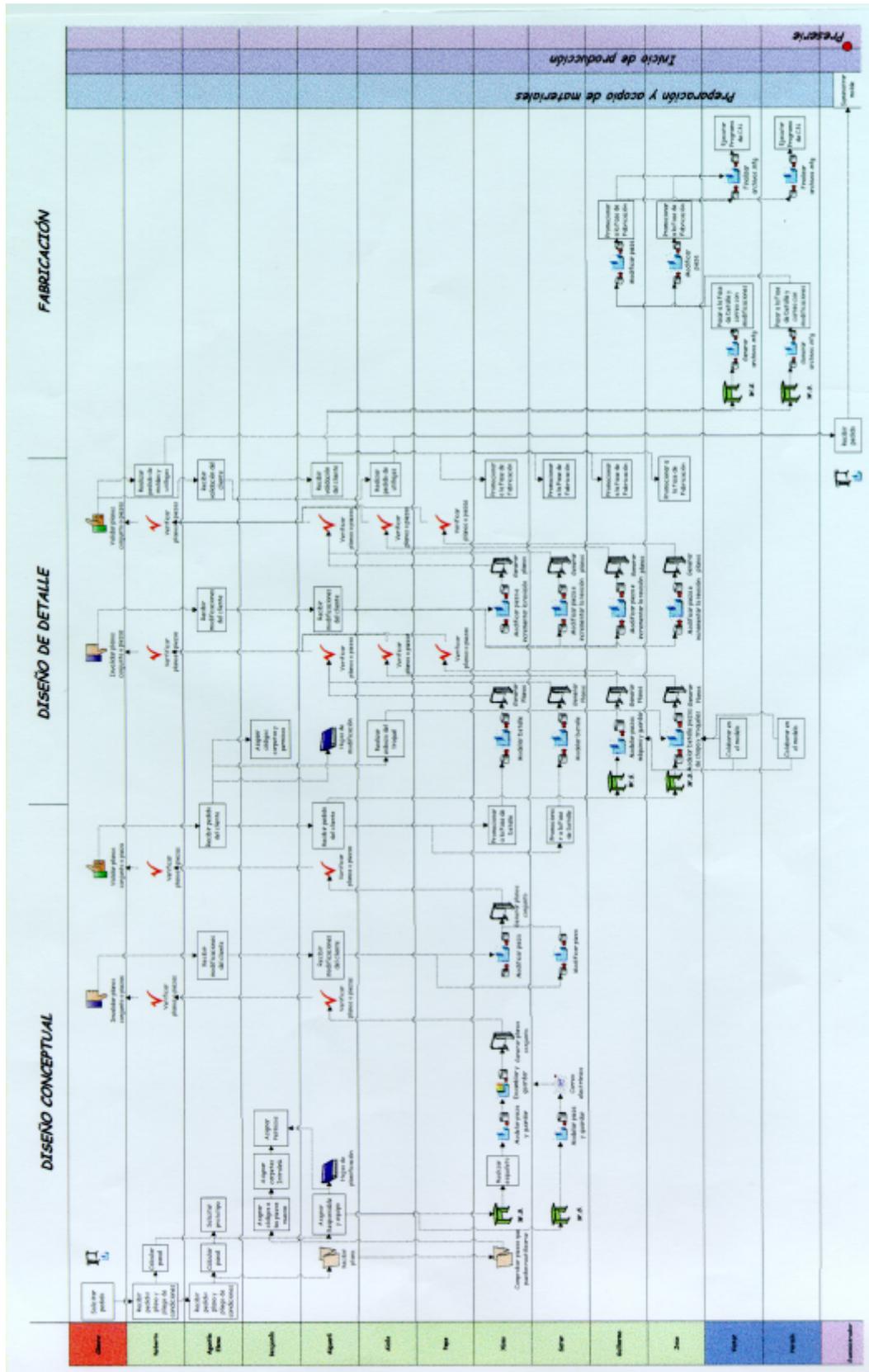


Figura 7.21. Diagrama de la Metodología de Trabajo utilizando las nuevas herramientas.

7. 4. Análisis de los Resultados del Proyecto.

En el momento de la presentación de esta tesis doctoral, los resultados obtenidos en el proyecto CICYT, que llevaba transcurridos 18 de sus 24 meses de duración, cumplían el ochenta por ciento de los objetivos establecidos inicialmente, y el proyecto piloto se encontraba en su etapa de preparación de la fabricación. Aún así, se pueden extraer toda una serie de conclusiones más destacables de la experiencia que podemos resumirlas en los siguientes aspectos:

La utilización de las herramientas de modelado sólido, y de una base de datos que las integraba, permitió acortar el proceso de desarrollo, al permitir que dos personas pudieran trabajar simultáneamente sobre el producto con los datos siempre actualizados.

Se empezó a trabajar en equipo con el objetivo de lograr mejoras en el producto y, por tanto, las relaciones personales se vieron potenciadas no sólo entre diseñadores de radiador sino también entre aquellos que diseñaban troqueles y máquinas.

Por primera vez el personal de preparación de la fabricación trabajó en equipo con el departamento de diseño y no se limitó a recibir planos y rehacerlos. Cabe destacar que, antes, ni siquiera podían aprovechar los modelos DXF ya que cuando llevaban varias modificaciones en la etapa de diseño de detalle las cotas del plano no coincidían con el modelo de AUTOCAD.

Las relaciones con los clientes se vieron mejoradas debido a que, al trabajar con sistemas de modelado de su mismo nivel, la empresa podía responder a las propuestas de modificaciones de sus clientes en aproximadamente dos días, frente a los quince días que necesitaban antes.

Por su parte, los suministradores comenzaron a involucrarse en el proceso y plantearon sugerencias que consideraban podrían mejorar sus plazos de entrega y que, hasta el momento, no se habían abordado.

Así, y en términos generales, podemos adelantar que la implantación estaba empezando a dar los resultados previstos aún cuando el nuevo proceso no estaba completamente desarrollado y suficientemente maduro para afirmar que finalmente se alcanzará la mejora deseada y lo que es más importante habrá supuesto un cambio cultural que permitirá su extensión, al menos, al resto de las personas de los dos departamentos implicados.

Capítulo 8

página en blanco

Conclusiones y Desarrollos Futuros

Consideraciones Finales

8. 1. Conclusiones.

Como hemos tratado de demostrar, los entornos de *Ingeniería Concurrente* pueden mejorar considerablemente el proceso de desarrollo de productos. Esta nueva filosofía de trabajo puede dar solución a muchos problemas de la empresa, pero la profundidad de la transformación que plantea y su complejidad hace que su implantación y desarrollo sea una tarea difícil.

Atendiendo al objetivo principal de esta disertación hemos desarrollado una metodología que sirve como referencia para implantar entornos de *Ingeniería Concurrente* en pequeñas y medianas empresas manufactureras. Durante su elaboración se han trasladado los modelos generales de reingeniería de procesos al caso concreto de la innovación del proceso de desarrollo de productos. Tras el análisis de las propuestas realizadas por diferentes expertos, se concluye la necesidad de definir un modelo básico que los unifique y que determine las acciones concretas a realizar en la mejora de este proceso.

Desde el inicio del trabajo se entendió que los problemas que plantea cualquier transformación de una empresa hacia las nuevas tecnologías requiere disponer de la información adecuada en momentos críticos de decisión y que, por tanto, los sistemas de evaluación son fundamentales. Por otra parte, a las puertas del siglo XXI, no se puede diseñar ningún procedimiento de mejora que no considere los modelos de excelencia empresarial. Por ello *consideramos de vital importancia que el proceso de reingeniería incluya un sistema de evaluación que contemple estos modelos de excelencia.*

Las propuestas existentes para la gestión de este cambio utilizan sistemas de evaluación basados en modelos de excelencia de la década de los ochenta e inicios de los noventa que son demasiado generales. Nuestra propuesta, no pudiendo ignorar que existen empresas manufactureras que con su visión han incorporado nuevos conceptos realimentando los modelos anteriores, sí que contempla los últimos modelos específicos para la empresa manufacturera excelente.

Por ello se investigaron aquellas iniciativas que aproximaban estos modelos de excelencia a la industria manufacturera y que, en consecuencia, resultaban más cercanas al área de conocimiento de ingeniería de los procesos de fabricación.

Se eligió como referencia el modelo *Next Generation Manufacturing* (NGM) que nos facilita disponer de un marco general compatible con la filosofía de la *Ingeniería Concurrente* que la complementa y refuerza, permitiendo mejorar la competitividad del proceso de desarrollo de productos, alcanzando así el **primer objetivo** buscado.

Sin embargo, nuestra propuesta no se ha limitado únicamente al sistema de evaluación pues también desarrolla una guía completa en cinco etapas, que ayuda a desplegar la estrategia corporativa de aquellas empresas que han adoptado la orientación NGM a través de la transformación del proceso de desarrollo de productos. Aunque la última etapa de extensión no se ha abordado con profundidad, la metodología es clara, coherente y completa al contemplar todos los pasos de los modelos de reingeniería, por lo que consideramos cumplido el **segundo objetivo**.

La metodología trata de asegurar el éxito y, por eso, establece un proceso escalonado que contempla un proyecto piloto y establece puntos de decisión que, en cada una de las etapas del proceso de cambio, analizan el impacto de la implantación de la nueva filosofía. De esta forma se pueden elaborar las guías de sugerencias necesarias para que la empresa tome las decisiones correctas en cada etapa, especialmente en lo referente al grado de extensión de la implantación aconsejable y a las metodologías o herramientas adecuadas.

Al asumir el modelo NGM como válido, hemos podido analizar posteriormente las distintas propuestas de implantación de la *Ingeniería Concurrente* desde una perspectiva objetiva que integra los procesos de una empresa excelente. Pudiendo, así, proponer una metodología de reingeniería del proceso de desarrollo de productos que incorpora un sistema de evaluación que abarca los imperativos de NGM.

Como de la revisión del estado del arte se dedujo que las metodologías propuestas por RACE y Carter y Baker dejaban sin resolver aspectos relevantes del modelo de referencia utilizado, en concreto en lo referente a la innovación del producto y a la integración del proceso en la empresa, se han mejorado las propuestas estableciendo un sistema de evaluación más completo.

Uno de los aspectos claves que teníamos que resolver en la metodología de evaluación radicaba en el propio entendimiento del *nivel de concurrencia* - es decir, la forma de valorar cualquier dimensión o factor - que, a nuestro juicio, no estaba bien resuelto por el modelo RACE al establecer dos niveles de madurez distintos para Proceso y Tecnología. El modelo de Carter y Baker tampoco acababa de resolverlo ya que, al plantear un único nivel para evaluar el trabajo multidisciplinar, no incluían en su sistema la posibilidad de distinguir entre trabajo en equipo, que suele practicarse en la mayoría de los casos, y el trabajo en equipo orientado a la innovación, aspecto básico que caracteriza la *Ingeniería Concurrente*.

Conforme a la exposición presentada y a la definición de *Ingeniería Concurrente*, hemos sido capaces de aportar una escala única justificada y coherente que permite que nuestro sistema de evaluación pueda aplicarse a los cuatro imperativos principales de NGM por medio del análisis de los Factores Clave propuestos.

Al haber definido cinco niveles de madurez con un nivel como central, que refleja nuestra visión de la *Ingeniería Concurrente* (nivel de madurez *Colaborativo*), consideramos que hemos simplificado la forma en que las empresas pueden identificar sus prácticas actuales en el desarrollo rápido de productos y el estado deseado y alcanzable. Con todo lo expuesto, podemos concluir que se ha logrado cumplir el **tercer objetivo** marcado.

Por otra parte, el enfoque de gestión del cambio de estas propuestas tenía un interés distinto al *nuestro* que *lo aborda desde la perspectiva de la implantación por procesos*. En este sentido cabe recordar que RACE daba respuesta al proceso de desarrollo de software y Carter y Baker se centraban en el desarrollo de productos electrónicos. Además, en el caso de RACE el enfoque venía determinado por la implantación por proyectos, como es el caso del sector aerospacial, y dirigido a la colaboración de grandes empresas, por lo que no podíamos trasladarlo a los sectores de manufactura de bienes de consumo. Por ello, su sistema de evaluación era demasiado complejo para poder transmitirlos a las pequeñas y medianas empresas que decidiesen implantar las nuevas tecnologías para el desarrollo de la *Ingeniería Concurrente*.

También se destaca especialmente, que el trabajo según el modo inherente de la *Ingeniería Concurrente* requiere de la integración, coordinación y gestión de las herramientas basadas en el ordenador pero, sobre todo, que se requiere de la *creación de una nueva estructura organizativa que permita el trabajo en equipo y la gestión por procesos*, aspecto que se trata con detenimiento.

Otro de los puntos importantes de la metodología es que en la misma se contemplan los problemas humanos agregados a la implantación de estas herramientas y se incide en la necesidad de una formación adecuada previa al desarrollo del proyecto piloto. Asunto que muchos consultores pertenecientes a empresas fabricantes de software, que facilitan plataformas para la *Ingeniería Concurrente Asistida por Ordenador*, no han sabido tratar con suficiente atención y que ha supuesto que, en la última década, estos sistemas hayan fracasado en su implantación en pequeñas y medianas empresas.

Al haber realizado una experiencia en una empresa se ha dispuesto de una referencia que nos ha permitido detectar los problemas propios del modelo de reingeniería y del sistema de auditoría, alcanzando así el **cuarto objetivo**; pero así y todo consideramos que se debe testear más el método propuesto y elaborar material de apoyo.

La experiencia nos demuestra que la metodología es fácil de aplicar y asequible para las pequeñas y medianas empresas, aunque es necesaria la implicación de consultores cuando deben implantarse técnicas específicas ya desarrolladas. Sin embargo, para una empresa medianamente cualificada puede ser suficiente con una asesoría general, que bien pueden prestar los centros universitarios.

Asimismo, y tras concluir que la propuesta es válida, también conviene constatar y sugerir que la metodología requiere de una aplicación flexible. Con esto queremos decir que ésta no pretende ser un modelo rígido que impone pasar por todas las fases en cada una de las etapas para conseguir el éxito. Aunque es deseable seguir las cinco etapas, dentro de cada una deberemos cumplimentar las fases en función de la situación actual, de las experiencias previas y de la capacidad de la empresa, teniendo en cuenta sus recursos tecnológicos y humanos.

Finalmente, podemos decir que con esta metodología hemos tratado de poner a disposición de las organizaciones una guía que ayuda a recorrer el camino desde la evaluación de la necesidad de mejora del proceso de desarrollo de productos hasta la consecución de la transformación, preparando los cambios necesarios de forma completa y asegurando el éxito. Desde esta perspectiva se debe valorar la contribución que se planteó, inicialmente, de la necesidad de abordar la gestión del cambio si queremos dar respuesta a las necesidades de las empresas en un momento en el que asistimos a una transformación continua.

Una gestión del cambio que ha de merecer el interés de los ingenieros y de los tecnólogos, y que no debe ser algo ajeno que esté en manos exclusivas de los especialistas de otras disciplinas.

Conclusión que también es de interés para el ámbito académico y que nos obliga a desarrollar un enfoque integrador, que debe conseguir el acercamiento de las distintas áreas de conocimiento, tanto en la realización de proyectos de investigación como en los formativos.

8. 2. Desarrollos Futuros.

El rápido desarrollo de internet, y de sus protocolos de comunicación, permite hoy en día prever que, a corto plazo, estará al alcance de muchas empresas conseguir un nivel de madurez Global en la implantación de la *Ingeniería Concurrente*.

El impulso que está adquiriendo el *e-business* y las actividades más desarrolladas de comercio electrónico, como la transmisión de datos a alta velocidad y las videoconferencias, están facilitando el intercambio en tiempo real de la información y están cambiando la cultura de las empresas.

Precisamente, las nuevas generaciones de estructuras y herramientas de apoyo a la Ingeniería Concurrente, desarrolladas por empresas y proyectos internacionales, están potenciando la integración de la *Ingeniería Concurrente* entre empresas, denominándola definitivamente *Ingeniería Colaborativa*.

Así, la incorporación de los procesos de desarrollo de productos de las empresas a mercados electrónicos globales es inevitable, y da paso a nuevos conceptos como '*Empresas Concurrentes*' o '*Empresas Colaborativas*'. Por tanto, estos nuevos modelos deben ser analizados, potenciados y coordinados de forma que puedan acoplarse a la empresa sustituyendo los modelos actuales. Unos cambios en la estructura empresarial que tienen influencia en las pequeñas y medianas empresas (PYMES) que ahora tienen la oportunidad de participar en proyectos de más envergadura y adquirir a través de ellos una dimensión internacional.

Sin embargo, no debemos perder de vista que estas nuevas líneas de trabajo deben ir precedidas de una correcta implantación de la filosofía básica de la *Ingeniería Concurrente* y del consiguiente cambio cultural.

Partiendo de la tesis, que hemos mantenido en este trabajo, de que el perfeccionamiento y mejora de las estrategias de implantación va a ser, según nuestro criterio, tan importante o más que el desarrollo de las propias tecnologías, consideramos que las actividades de investigación más importantes a desarrollar en trabajos futuros, que afectarán directamente al proceso de desarrollo de producto, se deberán enfocar a:

Establecer nuevos Métodos de Programación de Tareas que permitan coordinar las Actividades en Paralelo. La concurrencia de actividades puede verse como una de las mayores oportunidades para reducir el proceso de desarrollo de producto, sin embargo, existen problemas de coordinación de estas actividades no resueltos con los modelos actuales de gestión y que necesitan de la ayuda de herramientas de software.

Mejorar los Sistemas de Gestión del Conocimiento. Sistemas que deben permitir controlar toda la información generada por la empresa, los datos del proceso de desarrollo y el conocimiento de los expertos, que es en definitiva lo que permite la innovación en el producto.

Estudio de las nuevas Funciones y Formas de Trabajar de las Personas, y de los Sistemas de Incentivos. Es el factor más crítico en el desarrollo de estas nuevas filosofías y supone la piedra angular del posible éxito. Las personas son las que deben hacer posible su desarrollo, por lo que no sólo es necesario entrenamiento y formación sino también motivar a los mismos a través de los incentivos adecuados.

Desarrollar Técnicas para la Selección de Tecnologías y Metodologías específicas. Cada empresa utiliza sus propios procesos de fabricación - producción. Para seleccionar las tecnologías y metodologías más adecuadas para el desarrollo concurrente, es necesario establecer técnicas que aseguren las más óptimas para conseguir que todos los servicios y herramientas de ingeniería permitan al equipo interaccionar fuertemente y de manera natural a lo largo del proceso. Una tarea que debe abordarse por sectores y tipos de empresas.

Desarrollar Sistemas de Indicadores Equilibrados. Sistemas de indicadores para el control de las diferentes actividades, que deberán estar alineados con los Indicadores de Resultados y con los Inductores de Actuación que adoptarán las empresas de fabricación de la próxima generación (NGM).

Establecer Guías de Cómo abordar la Expansión en la Empresa, facilitando la Transformación Total. Las experiencias piloto difícilmente pueden contemplar toda la problemática de la empresa y la realidad de cada una es distinta. Se necesita entonces de modelos de transformación global o de casos que sirvan de guía y permitan un cambio gradual en toda la empresa.

Definir modelos adaptados de Implantación por Sectores. A partir de las experiencias realizadas es necesario definir una metodología orientada a pequeñas y medianas empresas que permita a cada sector acceder a guías de implantación y un caso tipo para poder establecer analogías y relaciones.

Fomentar Grupos de Empresas Colaborativas. Esto implica ir más allá de la concurrencia interna en el proceso y contemplar alianzas estratégicas entre empresas que abarquen la cadena de valor. Este grupo o “cluster” de empresas permitirá a pequeñas y medianas empresas acceder al nivel de madurez Global, definido en nuestra propuesta, e incrementar su nivel de competitividad.

Fomentar el Desarrollo de Redes Temáticas en el ámbito europeo alrededor de la Ingeniería Colaborativa. En este sentido el grupo de investigación de diseño y fabricación integrada de la Universitat Jaume I va a comenzar su trabajo en un proyecto europeo titulado “*Concurrent Enterprising Network of Excellence*” (acrónimo CE-NET 2 y referencia IST-1999-29107), dentro del programa *Information Society Technologies* (IST) y que permitirá seguir profundizando en el campo de la Ingeniería Concurrente.

Referencias

página en blanco

Referencias Bibliográficas

- [Adler, 89] Adler, Paul S., Riggs, Henry E. y Wheelwright, Steven C. *Product Development Know-How: Trading Tactics for Strategy*. Sloan Review of Management. Fall 89, pp 7-17. 1989.
- [ADVANCE, 96] ADVANCE. *Advancing Common Basic Services for Distributed Concurrent Engineering Applications*. ESPRIT project 8148. <http://borneo.gmd.de/RS/Projekte/ADVANCE.html>. 1996.
- [AIT, 97] AIT. *Developing Advanced IT Solutions for European Manufacturing Industry*. ESPRIT Project 25285. <http://www.ait.org>. 1997.
- [Albano, 94] Albano, Leonard D. y Suh, Nam P. *Axiomatic Design and Concurrent Engineering*. Computer Aided Design. Vol. 26, nº 7, pp. 499-504. 1994.
- [Alting, 94] Alting, Leo. *Manufacturing Engineering Processes*. 2nd. revised and expanded edition. 1994.
- [Applegate, 96] Applegate, Lynda M., McFarlan, F. Warren, McKenney, James L. *Corporate Information Systems Management. Text and Cases*. 4th ed. Chicago Irwin cop. 1996.
- [Babcock, 96] Babcock, Daniel L. *Managing Engineering and Technology*. Prentice Hall. 1996
- [Baldrige, 99] *Malcolm Baldrige National Quality Program*. Baldrige National Quality Program, National Institute of Standards and Technology. "<http://www.quality.nist.gov>". 1999.
- [Bogdanowitz, 95] Bogdanowicz, Leszek y Neuscheler, Frank. *CIMOSA. The CIM Open System Architecture*. Nuclear Research Center Karlsruhe. KfK. 1995. "<http://www.cimosa.pl>".
- [Boothroyd, 92] Boothroyd, Geoffrey. *Assembly automation and product design*. New York Marcel Dekker cop. 1992
- [Boothroyd, 94] Boothroyd, Geoffrey, Peter Dewhurst, Winston Knight. *Product design for manufacture and assembly*. New York M. Dekker. 1994.

- [Bowen, 91] Bowen, J. y Bahler, D. *Supporting cooperation between multiple perspectives in a constrain-based approach to concurrent engineering*. International Journal of Design and Manufacturing. Vol. 1, pp. 89-105. 1991.
- [Bralla, 86] Bralla, J.G., *Handbook of Product Design for Manufacturing*. McGrawHill Book Company, 1986.
- [Brassad, 94] Brassard, Michael y Ritter, Diane. *El impulsor de la Memoria II*. GOAL/QPC. 1994.
- [Brown, 95] Brown, T. T. Lucas Engineering & Systems. *Integrated Design and Manufacture. A Pilot Project approach to implementation*. IEE Colloquium on CE. N° 127, pp. 10/1-10/5. 1995.
- [Bryant , 96] Bryant, Robert V.E., Laliberty, Thomas J. et al. *Common Product/Process Models for Integrating Manufacturing Simulation, Process Planning and CAD*. ASME Conference. Irvine, CA. 1996.
- [Burns, 97] Burns, T.W. y Szczerbicki, E. *Implementing Concurrent Engineering: Case Studies from Eastern Australia*. Concurrent Engineering. Research and Applications. Vol. 5, n° 2, pp. 163-170. 1997.
- [Buss, 83] Buss, M.D.J. *How to Rank Computer Projects*. Harvard Business Review. N° 61, pp. 118-125. 1983.
- [Byrd, 92] Byrd, Jack; Wood, Ralph E. y Farquer, Al. *Overcoming Resistance to IPD/CE*. CE 92. Conference, pp. 521-536. 1992.
- [CALs, 91] Concurrent Engineering Task Group. *Continuous Acquisition & Life Cycle Support*. Firsts Principles of concurrent engineering: A Competitive Strategy for Electronic Systems Development. Review Draft, Washington D.C. CALs Industry Steering Group. 1991.
- [Carter, 92] Carter, Donald E. y Baker, Barbara S. *Concurrent Engineering. The Product Development Environment for the 1990s*. Addison-Wesley. 1992.
- [Cash, 89] Cash, James I.; McFarlan, F. Warren y McKenney, James L. *Gestión de los Sistemas de Información en la Empresa. Los problemas que afronta la alta dirección*. Alianza. Economía y Finanzas. 1989.
- [CENET, 97] CE-NET. *Concurrent Engineering Network of Excellence*. ESPRIT Project 25946.
“<http://www.esoce.pl.ecp.fr/ce-net/CENET>”.
- [CERC, 93] CERC. *Final Report on Readiness Assessment for Concurrent Engineering for DICE*. Concurrent Engineering Research Center Technical Reports Series. 1993. CERC-TR-RN-93-075.

- [CESD, 95] *David Taylor Model Basin*. The Center for Entrepreneurial Studies and Development, In. (CESD). West Virginia University. College of Engineering. P.O. Box 6101. Morgantown, WV 26506-6101.
- [CIRP, 92] Anónimo. *The first CIRP International Workshop on Concurrent Engineering for Products Realization*. Annals of the CIRP. Vol. 41, n° 2, pp. 743-745. 1992.
- [Cleetus, 92a] Cleetus, K.J. *Definition of Concurrent Engineering*. Concurrent Engineering Research Center Technical Reports Series. pp. 5. 1992. CERC-TR-RN-92-003.
- [Cleetus, 92b] Cleetus, K.J. *Technology Transition*. Concurrent Engineering Book. Concurrent Engineering Research Center Technical Reports. pp. 1-30. 1992.
- [Cleetus, 92c] Cleetus, K.J. y Reddy, R. *Concurrent Engineering Transactions*. Proceedings of the CE & CALS Washington '92 Conference & Exposition, Washington, DC, June 1-4, 1992, pp. 17-25. Rockford, IL: Society for Computer-Aided Engineering, 1992. Concurrent Engineering Research Center Technical Reports Series. pp. 10. 1992. CERC-TR-RN-92-018.
- [Cleetus, 93] Cleetus, K.J. *Concurrent Engineering may hold the key to care of the environment*. Concurrent Engineering Research Center Technical Reports. pp. 4. 1993. CERC-TR-RN-93-002.
- [Cleetus, 94] Cleetus, K.J. *Concurrent Engineering: The Disposal Perspective*. Concurrent Engineering Research Center Technical Reports Series. pp. 9. 1994. CERC-TR-RN-94-003.
- [Clemons, 95] Clemons, E.K., Thatcher, M.E., Row, M.C. *Identifying Sources of Reengineering Failures: A Study of the Behavioral Factors Contributing to Reengineering Risk*. Journal of Management Information Systems. Fall (pp. 9-36). 1995.
- [Componation, 96] Componation, P.J. y Byrd, J. Jr. *A Readiness Assessment Methodology for Implementing Concurrent Engineering*. Advances in Concurrent Engineering. CE96. pp. 150-156. 1996.
- [Compton, 97] Compton, W. Dale. *Engineering Management. Creating and Managing World-Class Operations*. Prentice Hall. 1997.
- [Conkol, 97] Conkol, Gary K. *The CAD/CAM Roundtable*. CASA. SME Blue Book. 1997.
- [CONSENS, 95] CONSENS. *A Concurrent Engineering Systems Platform*. ESPRIT Project 6896. 1995.
- [Corbett, 91] Corbett, John, et al. *Design for manufacture strategies, principles, and techniques*. Edited by John Corbett. Wokingham, England Madrid Addison-Wesley cop. 1991

- [Crow, 96a] Crow, Kenneth. *Benchmarking Best Practices to Improve Product Development*. DRM Associates. 1996.
“<http://www.soce.org>”.
- [Crow, 96b] Crow, Kenneth. *Customer-Focused Development with QFD*. DRM Associates. 1996.
“<http://www.soce.org>”.
- [Cuervo, 98] Cuervo García, Álvaro. *El valor de la Planificación Estratégica en la Universidad*. Primeras Jornadas sobre Planificación Estratégica. Vol I. Departamento de Análisis y Planificación. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. 1998.
- [DARPA, 91] DARPA. *Process Issues in Implementing Concurrent Engineering*. DARPA Initiative in Concurrent Engineering. Defense Advance Research Projects Agency. 1991.
- [Davenport, 93] Davenport, Thomas H. *Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology*. Boston, MA. Harvard Business School Press. Boston. Massachusetts. 1993.
- [Davis, 91] Davis, Tad A. y Trapp, George. *Advanced Concurrent Engineering usign STEP*. Concurrent Engineering Research Center Technical Reports Series. 1991. CERC-TR-TM-91-012.
- [Dean, 98a] Dean, Edwin B. *Quality Function Deployment. From the perspective of Competitive Advantage*. NASA Concurrent Engineering Center. 1998.
“<http://mijuno.larc.nasa.gov/dfc/qfd.html>”.
- [Dean, 98b] Dean, Edwin B. *Taguchi Methods. From the perspective of Competitive Advantage*. NASA Concurrent Engineering Center. 1998.
“<http://mijuno.larc.nasa.gov/dfc/taguchi.html>”.
- [DeGarmo, 94] DeGarmo, E., Paul; J., Temple Black; Kohser, Ronald A. *Materials and Processes in Manufacturing*. 7th ed. New York MacMillan cop. 1990.
- [Deming, 89] Deming, W. Edwards. *Calidad, productividad y competitividad, la salida de la crisis*. Madrid. Díaz de Santos cop. 1989.
- [Dicesare, 93a] Dicesare, Frank P. *Re-engineering to achieve a concurrent engineer environment*. International Journal of Design and Manufacturing. N° 3, pp. 75-89. 1993.
- [DiCesare, 93b] DiCesare, F., et al. *Practice of Petri nets in manufacturing*. 1st ed. London, Chapman & Hall. 1993
- [Dickerson, 97] Dickerson, Cathy. *PDM Product Data Management: An Overview*. CASA.SME Blue Book.
- [Dowlatsahi, 92] Dowlatsahi, Shad. *Product design in a concurrent engineering environment: an optimization approach*. International Journal of Production Research. Vol. 30, n° 8, pp. 1803-1818. 1992.

- [Dowlatshahi, 94] Dowlatshahi, Shad. *A Comparison of Approaches to Concurrent Engineering*. Advanced Manufacturing Technology. Nº 9, pp. 106-113. 1994.
- [Duncan, 96] Duncan, William R. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Project Management Institute. Four Campus Boulevard. Newtown Square, PA 19073-3299 USA. 1996.
- [ECPI, 94] *Framework for Managing Process Improvement*. The Electronic College of Process Innovation. Department of Defense. ECPI. 1994
- [EFQM, 99] *European Foundation for Quality Management*. 1999.
“<http://www.efqm.org>”.
- [ELSEWISE, 96] *ELSEWISE. European LSE Wide Integration Support Effort*. 1996.ESPRIT Project 20876.
“<http://www.lboro.ac.uk/elsewise>”.
- [ElWakil, 98] ElWakil, Sherif D. *Processes and Design for Manufacturing*. 2nd ed Englewood Cliffs, NJ Prentice-Hall cop. 1998.
- [Erkes, 97] Erkes, Joe. *Challenges for 21st Century Manufacturing Enterprises*. GE Corporate R&D. 1997.
“<http://ce-toolkit.crd.ge.com>”.
- [ESPRIT, 98] *ESPRIT. Integration in Manufacturing. Projects in the 'Advanced and Concurrent Engineering'*. ESPRIT-iim. 1998.
“<http://www.cordis.lu/esprit/src/iimhome.htm>”.
- [Evans, 93a] Evans, Stephen. *A Strategy for Implementing Concurrent Engineering*. Cranfield CIM Institute Technical Reports. 1993.
- [Evans, 93b] Evans, Stephen. *Implementation: common failure mode and succes factors*. Concurrent Engineering; contemporary issues and modern design tools. pp. 42-60. 1993.
- [Evans, 94] Evans, Stephen; Lettice, Fiona y Smart, Palminder. *Concurrent Engineering - Key Implementation Issues*. Fourth International Conference on Human Aspects of Advanced Manufacturing and Hybrid Automation. UNIST, Manchester. 1994.
- [Evans, 95] Evans, Stephen; Lettice, Fiona y Smart, Palminder. *A faster, cheaper and safer route to CE*. World Class Design to Manufacture.Vol. 2, nº 2, pp.10-16. 1995.
- [Forgione, 94] Forgione, Guisseppi A. *A Decision Technology System to Deliver Effective Concurrent Engineering*. Concurrent Engineering. Research and Applications. Nº 2, pp. 67-76. 1994.
- [Fotta, 93] Fotta, Michael E. and Daley, Ray A. *Improving interpersonal Communication on Multifunctional Teams*. Concurrent Engineering. Contemporary Issues and Modern Design Tools. Edited by Parsaei, Hamid R. y Sullivan, William G. Ed. Chapman Hall. 1993.

- [Fowlkes, 90] Fowlkes, William Y y Creveling, Clyde M. *Engineering methods for robust product design Using Taguchi methods in technology and product development*. Reading, Mass. Addison-Wesley cop. 1995.
- [Frame, 94] Frame, J. Davidson. *The New Project Management*. Jossey-Bass Publishers. 1994.
- [Galmés, 99] Galmés, Vanesa. *Modelización del Proceso de Diseño y Fabricación de Radiadores de Automoción*. Proyecto Final de Carrera. ESTCE. Universitat Jaume I. 1999.
- [Gautschi, 90] Gautschi, T.F. *Exploring Concurrent Development*. Design News. pp. 152. 1990.
- [Gida, 95] Gida mbH, *Manual de referencia EXEP versión 3*, Rudower Chaussee 5, 12489 Berlín, Alemania, 1995.
- [Goldratt, 93] Goldratt, Eliyahu M. y Jeff Cox. *La Meta. Un proceso de mejora continua*. Madrid Díaz de Santos. 1993.
- [Graaf, 95] Graaf, R. De. *Lessons Learned from Implementing Change in Product Development*. CE95. Conference. pp. 549-556. 1995.
- [Graaf, 96] Graaf, R. De. *Readiness Assesment Model for Concurrent Engineering*. Ph Disertation, 1996. Eindhoven University of Technology. The Netherlands. 1996
- [Greef, 95] Greef, Arthur R.; Fohn, Steffen M.; Young, Robert E. y O'Grady, Peter J. *Implementation of a Logic based support system for Concurrent Engineering*. Data and Knowledge Engineering. Nº 15, pp. 31-61. 1995.
- [Hammer, 93] Hammer, M. y Champy, J. *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. London: Nicholas Brealey Publishing. 1993.
- [Harrison, 92] Harrison, Steve y Minneman, Scott. *The Use of Video as a Design Medium*. CE92. Conference, pp. 93-106. 1992.
- [Hartley, 95] Hartley, John R. *Ingeniería concurrente Un método para acortar los plazos, mejorar la calidad y reducir los costes*. Madrid, TGP-Hoshin. 1995.
- [Hauser, 88] Hauser, J. y Clausing, D. *The House of Quality*. Harvard Business Review. pp 63-73. 1988.
- [Hayes, 88] Hayes, Robert H., Wheelwright, Steven C. Clarck, Kim B. *Dynamic Manufacturing creating the learning organization*. New York Free Press. London Collier Macmillan cop. 1988.
- [Helpenstein, 93] Helpenstein, H.J. *CAD geometry data exchange using STEP*. Springer Verlag, Berlin, Alemania. 1993.
- [Humphrey, 89a] Humphrey, W.S. *Managing the Software Process*. London: Addison-Wesley. 1989.

- [Humphrey, 89b] Humphrey, Watt S. *Dirección para la Innovación. Liderazgo de los profesionales Técnicos*. Ediciones Díaz de Santos, S.A. 1989.
- [Hyowon, 93] Hyowon, Suh; Ahluwalia, Rashpal S. y Miller, James E. *Protrusion and Depression generation for concurrent engineering*. International Journal of Design and Manufacturing. N°3, pp. 159-166. 1993.
- [Jacobs, 92] Jacobs, Paul F. *Rapid Prototyping and Manufacturing. Fundamentals of StereoLithography*. Published by Society of Manufacturing Engineers in cooperation with the Computer and Automated Systems Association of SME. Dearborn Michigan. 1992.
- [Jagannathan, 91] Jagannathan, V., Cleetus, K.J., Matsumoto, A.S. y Lewis, J.W. *Computer Support for Concurrent Engineering. Four Strategic Initiatives*. General Electric Technical Reports. pp. 14-30. 1991.
- [Jarrillo, 90] Jarrillo, J. Carlos *Dirección Estratégica*. MacGraw-Hill. Madrid, 1992.
- [Jo, 92] Jo H.H., Parsaei, H.R. and Wong J.P. *Computers and Industrial Engineering*. 21. Pp 35-39.
- [Kahn, 96] Kahn, Kenneth B. *Interdepartmental Integration: A Definition with Implications for Product Development Performance*. International Journal of Innovation Management. N° 13, pp. 137-151. 1996.
- [Kaplan, 97] Kaplan, Robert S., Norton, David P. *El Cuadro de mando integral. The balanced scorecard*. 1ª ed. Barcelona Gestión 2000 1997.
- [Kapur, 94] Kapur, Kailash C. *Robust design, manufacturing and concurrent engineering*. International Journal of Design and Manufacturing. V 4, 31-39. 1994.
- [Karandikar, 92a] Karandikar, H.M.; Wood, R.T. y Byrd, J.Jr. *Process and Technology Readiness Assessment for Implementing Concurrent Engineering*. Concurrent Engineering Research Center Technical Reports Series. pp 1-9. 1992. CERC-TR-TM-92-004.
- [Karandikar, 92b] Karandikar, H. Karinithi, R. Lawson, M., Trapp, G. *Concurrent Engineering Technology and Standards*. Concurrent Engineering Research Center Technical Reports Series. 1992. CERC-TR-RN-92-009.
- [Karandikar, 93] Karandikar, H.M. et al. *Assessing Organizational Readiness for Implementing Concurrent Engineering Practices and Collaborative Technologies*. Concurrent Engineering Research Center Technical Reports Series. 1993. CERC-TR-TM-93-006.
- [Kidd, 95] Kidd, Paul T. *Agile Manufacturing. Forging New Frontiers*. Addison-Wesley. 1995.

- [Krishnan, 91] Krishnan, Viswanathan; Eppinger, Steven D. y Whitney, Daniel E. *Towards a Cooperative Design Methodology: Analysis of Sequential Decision Strategies*. Design Theory and Methodology. N° 31, pp. 165-171. 1991.
- [Kurland, 97] Kurland, Ray. *Windows of opportunity*. Computer Graphics World. pp. 66-69. 1997.
- [Kusiak, 93] Kusiak, A. y Wang, J. *Efficient organizing of Design activities*. International Journal of Production Research. Vol 31, n°4, pp. 75-769. 1993.
- [Lawson, 92] Lawson, Mike.; Mucino, Victor H. et al. *Showcasing Concurrent Engineering: A scenario for Whalco Power Products Operation*. Concurrent Engineering Research Center Technical Reports Series. pp. 1-23. 1992. CERC-TR-RN-93-017.
- [Lawson, 93] Lawson, M. *Justifying CE*. CERC Technical Reports Series. CERC-TR-RN-93-70. Concurrent Engineering Research Center. 1993
- [Lawson, 94] Lawson, M. Y Karandikar, H.M. *A Survey of Concurrent Engineering*. Concurrent Engineering. Research and Applications. N° 2, pp. 1-6. 1994.
- [Lester, 94] Lester, Dave. *Beyond the Basics of Reengineering. Survival Tactics for the '90s*. Institute of Industrial Engineers. Quality Resources, White Plains, New York. 1994.
- [Lettice, 93] Lettice, Fiona y Evans, Stephen. *Concurrent Engineering Implementation Methodology*. Third Joint International Conference on Flexible Automation and Integrated Manufacturing, Limerick, Ireland. 1993.
- [Lettice, 94] Lettice, Fiona. *Achieving CE*. CADD- Computer Aided Draughting and Design. pp 14. 1994.
- [Lewis, 90a] Lewis, J.W. *An Approach to Applications Integration for Concurrent Engineering*. General Electric Technical Reports. pp. 141-153. 1990.
- [Lewis, 90b] Lewis, J.W. DICE Team. *The CE Tested: Methodology and Tools for Developing Concurrent Engineering Systems*. General Electric Technical Reports. pp. 1-14. 1990.
- [Lewis, 90c] Lewis, J.W.; Fogg, H.W. et al. *A CE Toolkit for DICE: Facilities and DICE Pilot Results*. General Electric Technical Reports. 1990.
- [Lewis, 94] Lewis, J.W.; Bernstein, B.M.; Kenny, K.B.; Mohr, G.; Ostrowski, M.C.; Sarachan, B.D. y Sum, R.N. *The Concurrent Engineering Toolkit: a Network Agent for Manufacturing Cycle Time Reduction*. General Electric Technical Reports. pp. 7. 1994.

- [Lim, 97] Lim, Soon Huat; Juster, Neal y de Pennington, Alan. *An Information support system for enterprise Integration*. Concurrent Engineering. Research and Applications. Vol. 5, nº 1, pp. 13-25. 1997.
- [Lindberg, 93] Lindberg, Lars. *Notes on Concurrent Engineering*. Annals of the CIRP. Vol. 1, nº 42, pp. 159-162. 1993.
- [Londono, 92] Londono, F.; Cleetus, K.J. et al. *Coordinating a Virtual Team*. Concurrent Engineering Research Center Technical Reports. pp 6. 1992. CERC-TR-RN-92-005.
- [Lui, 94] Lui, Thu-Hua y Fischer, Gary W. *Assembly evaluation method for PDES/STEP-based mechanical systems*. International Journal of Design and Manufacturing. Nº 4, pp. 1-19. 1994.
- [Manganelli, 94] Manganelli, R.L. Klein, M.M. *The Reengineering Handbook: A Step-By-Step Guide to Business Transformation*. New York, N.Y.: Amacom. 1994.
- [Mankin, 96] Mankin, Don; Cohen, Susan G. y Bikson, Tora K. *Teams and Technology. Fulfilling the promise of the New Organization*.
- [Mayers, 94] Mayers, R.I.; Su, C.I.; Sun, T.; Wysk, R. *ECTO: a feature representation technique for concurrent engineering applications*. Journal of Design and Manufacturing, Vol. 4, pp. 49-65. 1994.
- [McKnight, 89] McKnight, S.W. y Jackson, J.M. *Simultaneous Engineering Saves Manufacturers Lead time, Costs and Frustration*. Industrial Engineering. 1989.
- [Mills, 98] Mills, J. J. . *Information infrastructure systems for manufacturing II*. IFIP TC5 WG5.3/5.7 Third International Working Conference on the Design of Information Infrastructure Systems for Manufacturing (DIISM'98). May 18-20, 1998, Fort Worth, Texas / Publisher: Boston Kluwer Academic. 1999.
- [Mukherjee, 94] Mukherjee, Amit y Not, S.Y. *Implementing a Concurrent Engineering Environment in a Tool and Die Factory*. International Journal of Industrial Design. pp 37-45. 1994.
- [Nanua, 96] Nanua, Singh. *Systems approach to computer-integrated design and manufacturing*. New York Wiley cop. 1996.
- [Nevins, 89] Nevins, James L. y Whitney, Daniel E. *Concurrent Design of Products and Processes. A strategy for the next generation in Manufacturing*. McGraw Hill. 1989.
- [NGM, 97] *Next Generation in Manufacturing*. Agility Forum, Leaders for Manufacturing and Technologies Enabling Agile Manufacturing. Massachusetts Institute of Technology. 1997.
- [NIST, 93] *Standard for INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELING (IDEF0)*. Processing Standards Publication 183. December 21. 1993.

- [Noble, 90] Noble, J.S. y Tanchoco, M.A. *Concurrent design and economic justification in developing a product*. International Journal of Production Research. Vol. 28, n° 7, pp. 1225-1238. 1990.
- [O'Grady, 90] O'Grady, Peter y Young, Robert E. *Issues in concurrent engineering systems*. International Journal of Design and Manufacturing. N° 1, pp. 27-34. 1991.
- [Owen, 93] Owen, Jon. *STEP an introduction*. Winchester Information Geometers, 1993.
- [PACE, 93] PACE. The PACE Project. *A Practical Approach to Concurrent Engineering*. Brite-EuRam II Project BE-8037-93. 1996. "<http://www.biba-udresden.de>".
- [PACE, 97] PACE. *A Practical Approach to Concurrent Engineering*. Proceedings of the European Workshop held at Marinha Grande, PORTUGAL. 15th May 1997.
- [Parsaei, 94] Parsaei, Hamid R. y Sullivan, William G. *Concurrent Engineering. Contemporary Issues and Modern Design Tools*. Ed. Chapman Hall. 1993.
- [Paulk, 93] Paulk, M., Curtis, B., Chrissis, M. B. y Weber, C. V. *Capability Maturity Model for Software*. Technical Report. CMU/SEI-93-TR-024. Carnegie Mellon University. 1993.
- [Pawar, 92] Pawar, Kulwant S.; Syan. *Concurrent Engineering. Concepts, implementation and practice*. Editado por Syan, Chanan S. y Menon, U. Ed. Chapman-Hall. 1992.
- [Pawar, 95] Pawar, Kulwant S.; Thoben, Klaus-Dieter y Oelmann, Roland. *The Development of a Conceptual Model and a Knowledge Platform for Concurrent Engineering*. CE95. Conference. pp. 487-494. 1995.
- [Peters, 92] Peters, Thomas J., y Waterman, Robert H. *En busca de la excelencia lecciones de las empresas mejor gestionadas de Estados Unidos*. Barcelona Folio DL. 1992.
- [Port, 89a] Port, Otis.; Shiller, Z. et al. *Smart Factories: America's Turn?*. Business Week. N° 150. 1989.
- [Port, 89b] Port, Otis. *The best engineered part is no part at all*. Business Week. N° 150. 1989.
- [Potter, 95] Potter, Caren D. *Digital Tool for Collaborative Engineering*. Computer Graphics World. pp. 1-12. 1995.
- [Potter, 97] Potter, Caren. *The engines of Mechanical CAD*. Computer Graphics World. pp. 31-36. 1997.
- [Pourbabai, 94] Pourbabai, B. y M. Pecht. *Management of design activities*. International Journal of Production Research. Vol. 32, n°4, pp. 821-832. 1994.

- [Prasad, 96] Prasad, Biren. *Concurrent Engineering Wheels*. The RASSP Digest. [Http://rassp.scra.org](http://rassp.scra.org). Vol. 3, nº1. 1996.
- [Prasad, 96a] Prasad, Biren. *Concurrent Engineering Fundamentals Vol I. Integrated Product and Process Organization*. Prentice Hall. 1996
- [Prasad, 96b] Prasad, Biren. *Concurrent Engineering Fundamentals Vol II. Integrated Product Development*. Prentice Hall. 1996.
- [Prasad, 97a] Prasad, Biren. *Analogy for a Concurrent Product Design, Development and Delivery (PD3) Process*. Concurrent Engineering. Research and Applications. Vol. 5, nº 3, pp. 198-201. 1997.
- [Prasad, 97b] Prasad, Biren; Wang, Fujun y Deng, Jiati. *Towards a Computer-Supported Cooperative Environment for Concurrent Engineering*. Concurrent Engineering. Research and Applications. Vol 5, nº 3, pp. 233-252. 1997.
- [ProSTEP, 95] ProSTEP GmbH and Association, *Manual de referencia PSstep_Caselib version 3.5*. Julius Reiber Str. 15 64293 Darmstadt, Alemania, 1995.
- [Pugh, 96] Pugh, S. *Creating Innovative Products Using Total Design*. Addison-Wesley. 1996.
- [Reddy, 93] Reddy, Ramana; Srinivas, Kanakanahalli y Jagannathan, V. *Computer Support for Concurrent Engineering*. Concurrent Engineering Research Center Technical Reports Series. 1993. CERC-TR-TM-93-001.
- [Rehg, 94] Rehg, James A. *Computer Integrated Manufacturing*. Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall Career & Technology cop. 1994.
- [Rembold, 91] Rembold, Ulrich y Nnaji, Bartholomew. *The role of manufacturing models for the information technology of the 1990s*. International Journal of Design and Manufacturing. Nº 1, pp. 67-87. 1991.
- [Rembold, 93] U. Rembold, B.O. Nnaji, A. Storr. *Computer integrated manufacturing and engineering*. 1st printed. Wokingham, England Madrid. Addison-Wesley. 1993.
- [Romero, 94] Romero, F., Vila, C., Contero, M., *Sistema de Diseño para Fabricación basado en Elementos Característicos*. Actas del XI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica. Año 10/Vol 2/Noviembre/ pp 67-74, 1994.
- [Romero, 95] Romero, F., Vila, C., Contero, M. *Diseño de Producto en un ámbito de Ingeniería Concurrente utilizando Herramientas STEP*. II Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. 1995.
- [Rzevski, 91] Rzevski, George. *Strategic importance of engineering design*. International Journal of Design and Manufacturing. Nº 2, pp. 43-47. 1991.

- [Scheer, 94] Scheer, August-Wilhelm. *CIM. Computer Integrated Manufacturing: towards the factory of the future*. 3rd ed, rev. and enl. ed. Berlin Barcelona Springer-Verlag cop. 1994.
- [Schenck, 94] Schenck, D.A. , Wilson P.R. *Information modeling : The EXPRESS way*. Oxford University Press, E.E.U.U., Nueva York. 1994.
- [SCOPES, 98] SCOPES. *Systematic Concurrent Design of Products, Equipments and control Systems*. ESPRIT Project 6562. 1998.
“<http://www.cordis.lu/esprit/src/iimscop5.htm>”.
- [Shah, 92] Shah, J.J., *Features in Design and Manufacturing. Intelligent Design and Manufacturing*, Kusiak A. (Ed.); Wiley and Sons. 1992.
- [Shah, 95] Shah, J.J., Mantyla, M. *Parametric and Feature-Based CAD/CAM: Concepts, Techniques, and Applications*. John Wiley & Sons, New York. 1995.
- [Shina, 92] Shina, Sammy G. *Successful Implementation of Concurrent Products and Process*. Van Nostrand Renhold. 1994.
- [Siemieniuch, 93] Siemieniuch, C.E. y Sinclair, M.A. *Implications of concurrent engineering for organizational knowledge and structure: a European, ergonomics perspective*. International Journal of Design and Manufacturing. N° 3, pp. 189-200. 1993.
- [Sivaloganathan, 97] Sivaloganathan, S. y Evbuomwan, N.F.O. *Quality Function Deployment - the Technique: State of the Art and Future Directions*. Concurrent Engineering. Research and Applications. Vol. 5, n°2, pp. 171-181. 1997.
- [SME, 93] CASA/SME . *The New Manufacturing Enterprise Wheel*. SME. Blue Book. 1993.
- [SME, 85] SME handbook. *Tool and manufacturing engineers handbook A reference book for manufacturing engineers, managers, and technicians*. Vol. 6, Design for manufacturing. 4th ed. revised under the supervision of the SME. Dearborn, Mich. Society Manufacturing Engineers cop. 1985.
- [Sobolewski, 95] Sobolewski, Michael W. y Erkes, Joseph W. *CAMnet: Architecture and Applications*. CE95. Conference. pp. 627-634. 1995.
- [SOCE, 98] SOCE. *Society of Concurrent Engineering*. SOCE. 1998.
“<http://soce.org>”.
- [Sol, 95] Sol, Egbert-Jan. *Assessment Models*. Conference: CIM at Work of ESPRIT Working Groups CIMMOD and CIMDEV. 1995.
- [Souder, 88] Souder, W.E. *Managing Relations Between R&D and Marketing in New Product Development Projects*. Journal of Product Innovation Management. Vol. 5, n° 1, pp 6-19. March. 1988.

- [Stark, 92] Stark, John. *Engineering information management systems. Beyond CAD/CAM to concurrent engineer support*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1992.
- [Sum, 92a] Sum, R.N. *Activity Management: A Survey and Recommendations for the DARPA Initiative in Concurrent Engineering*. General Electric Technical Reports. pp. 38. 1992.
- [Sum, 92b] Sum, R.N. *Activity Management in Concurrent Engineering: Some Perspectives from the DARPA initiative in Concurrent Engineering*. General Electric Technical Reports. pp. 10. 1992.
- [Swink, 96] Swink, Morgan L.; Sandvig, Christofer J. y Mabert, Vicent A. *Customizing Concurrent Engineering Processes: Five Case Studies*. International Journal of Innovation Management. Vol. 13, pp. 229-244. 1996.
- [Syan, 94] Syan, Chanan S. Menon, U. *Concurrent Engineering. Concepts, implementation and practice*. Chapman-Hall. 1994.
- [Taguchi, 90] Taguchi, G. y Clausing, D. *Robust Quality*. Harvard Business Review. pp. 65-75. 1990.
- [Takeuchi, 86] Takeuchi, Hirotaka y Nonaka, Ikujiro. *The new new product development game*. Harvard Business Review. pp. 137-146. 1986.
- [Takumei, 92] Takumei So; Jagannathan, V. y Raman, Ravi S. *The Role of Configuration Management Systems in a Concurrent Engineering Environment*. Concurrent Engineering Research Center Technical Reports Series. pp. 1-14. 1992. CER-TR-TM-92-014.
- [ToCEE, 98] ToCEE. *Towards a Concurrent Engineering Environment in the Building and Engineering Industries*. ESPRIT Project 20587. 1998. "<http://wwwcib.bau.tu-dresden.de/tocee>".
- [Turino, 92] Turino, Jon L. *Managing concurrent engineering buying time to market: a definitive guide to improved competitiveness in electronics, design and manufacturing*. New York Van Nostrand Reinhold. 1992.
- [Turtle, 94] Turtle, Quentin C. *Implementing Concurrent Project Management*. Prentice Hall. 1994.
- [Umeda, 98] Umeda, Shigeki y Jones, Albert. *A Simulation-Based BPR Support System for Supply Chain Management*. National Institute of Standards and Technology. 1998.
- [USAF, 81] U.S. Air Force. *Integrated Computer Aided Manufacture (ICAM). Functional Modeling Manual (IDEF0)*. Air Force Material Laboratory, Wright-Patterson AFB, Ohio. Report # AFWAL-TR-81-4023. June 1981.

- [USDoE, 99] United States Department of Energy. *How to Measure Performance. A Handbook of Techniques and Tools*. U.S. Department of Energy, Defense Programs (DP-31). Environment, Safety and Health, Office of Operating Experience Analysis and Feedback (EH-33). 1999.
“<http://www.llnl.gov/PBM/handbook>”.
- [VEGA, 97] VEGA. *Virtual Enterprise Using GroupWare Tools and Distributed Architecture*. ESPRIT Project 20408. 1997.
“<http://www.cic.cstb.fr/ILC/vega/home.htm>”.
- [Winner, 88] Winner, Robert I., Pennel, James P., Bertrand, Harold E., y Slusarczuk, Marko M.G. *The Role of Concurrent Engineering in Weapons System Acquisition*. IDA Report R-338. Institute for Defense Analyses. 1988.
- [Woodruff, 90] Woodruff, D. y Phillips, S. *A smarter way to manufacture*. Business Week. 1990.

Referencias Electrónicas

1. 1. Centros de Investigación de Ingeniería Concurrente.

- [CEOR, w3] *Concurrent Engineering Center. Oak Ridge Center for Manufacturing Technology.*
“<http://cewww.eng.ornl.gov/>”. (último acceso 06.09.2000).
- [CERC, w3] *CERC. Concurrent Engineering Research Center. West Virginia University.*
“<http://www.cerc.wvu.edu/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [CESD, w3] *The Center For Entrepreneurial Studies And Development, Inc.*
“<http://www.cesd.wvu.edu/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [CIPD, w3] *Center for Innovation in Product Development.*
“<http://web.mit.edu/cipd/>”. (último acceso 15.10.2000).
- [CRANFIELD, w3] *Enterprise Integration Start.*
“<http://www.cranfield.ac.uk/sims/cim/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [FFM, w3] *Fast and Flexible Manufacturing at MIT.*
“<http://web.mit.edu/ctpid/www/agile/>”. (último acceso 15.10.2000).
- [GE, w3] *General Electric. Corporate Research and Development Manufacturing Technology Laboratory Homepage.*
“<http://ce-toolkit.crd.ge.com/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [IMS, w3] *IMS Intelligent Manufacturing Systems.*
“<http://www.ims.org/>”. (último acceso 21.07.2000).
- [ITI, w3] *Michigan Manufacturing Center.*
“<http://www.iti.org/>”. (último acceso 14.06.2000).
- [LFM, w3] *Leaders for Manufacturing Program.*
“<http://web.mit.edu/lfm/www/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [MENTOR, w3] *Mentor Graphics Corporation.*
“<http://www.mentorg.com/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [MORELOS, w3] *Concurrent Engineering Research Group in ITESM Campus Morelos.*
“<http://www.mor.itesm.mx/EVENTOS/CERG/CERG.html>”. (último acceso 12.05.2000).
- [NASA-CE, w3] *Design for Competitive Advantage Home Page. Concurrent Engineering Home Page.*
“<http://mijuno.larc.nasa.gov/dfc/ce.html>”. (último acceso 16.11.1999).

- [NCEMT, w3] *National Center for Excellence in Metalworking Technology. Information Server.*
“<http://www.ncemt.ctc.com/>”. (último acceso 24.02.2000).
- [RACEII, w3] *RACE II. Homepage Assessing Product Development.*
“<http://www.tue.nl/tm/race/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [SISU, w3] *InteractiveSISU.*
“<http://www.sisu.se/>”. (último acceso 11.05.2000).
- [VTT-CE, w3] *CEGroup Finland.*
“<http://www.vtt.fi/rte/ce/>”. (último acceso 11.05.2000).

1. 2. Modelos de Excelencia.

- [BALDRIGE, w3] *Malcolm Baldrige National Quality Award.*
“<http://www.asq.org/abtquality/awards/baldrige.html>”. (último acceso 01.09.2000).
- [EFQM, w3] *European foundation for Quality Management.*
“<http://www.efqm.org>”. (último acceso 01.09.2000).
- [NISTQuality, w3] *NIST Quality Program.*
“<http://www.quality.nist.gov/>”. (último acceso 01.09.2000).
- [SCORECARD, w3] *Balance Scorecard Organization.*
“<http://www.balancedscorecard.org/intranet/bsc1.html>”. (último acceso 05.02.2000).

1. 3. Reingeniería.

- [BOYETT, w3] *Reengineering Gurus.*
“<http://www.jboyett.com/guruhk.htm>”. (último acceso 21.03.2000).
- [ECPI, w3] *Electronic College Process Innovation.*
“<http://www.dtic.mil/c3i/bprcd>”. (último acceso 22.06.2000).
- [PROSCI, w3] *Business Process Reengineering (BPR) On-Line Learning Center.*
The primary source for reengineering information on the Internet.
“<http://www.prosci.com/>”. (último acceso 22.06.2000).
- [CEC, w3] *CEC Center for Electronic Commerce Homepage. Concurrent Engineering.*
“<http://www.erim.org/cec/ce/ce.htm>”. (último acceso 22.06.2000).

1. 4. Metodologías de Diseño y Control Concurrente de Productos.

- [ASI, w3] *ASI American Supplier Institute.*
“<http://www.asi.com/>”. (último acceso 14.10.1999).
- [BDI, w3] *BDI Home Page.*
“<http://www.dfma.com/>”. (último acceso 17.09.2000).
- [CALs, w3] *Continuous Acquisition & Life Cycle Support.*
“<http://www-cals.itsi.disa.mil/>”. (último acceso 08.03.2000).
- [NATOCALS, w3] *NATO CALS HOMEPAGE.*
“<http://www.nato.int/related/cals/ncohome.htm>”. (último acceso 09.11.1999).
- [DTI, w3] *UK Department of Trade and Industry - Home Page.*
“<http://www.dti.gov.uk/index.html>”. (último acceso 17.04.2000).
- [IDEF, w3] *IDEF IDEFine - Meta Software's European Distributor.*
“<http://www.idefine.com/>”. (último acceso 12.01.2000).
- [IDEFb, w3] *IDEF Methods.*
“<http://www.idef.com/>”. (último acceso 12.01.2000).
- [ITI, w3] *International TechneGroup Incorporated.*
“<http://www.iti-oh.com/>”. (último acceso 11.07.1999).
- [KAIZEN, w3] *Gemba KAIZEN, Main Entrance Index.*
“<http://www.gembakaizen.com/>”. (último acceso 02.06.1999).
- [KBSI, w3] *Welcome to KBSI.*
“<http://www.kbsi.com/>”. (último acceso 12.01.2000).
- [PBMSIG, w3] *Performance-Based Management Special Interest Group Home Page.*
“<http://www.orau.gov/pbm/>”. (último acceso 23.04.2000).
- [QFDI, w3] *QFD Institute World Wide Website.*
“<http://www.qfdi.org/>”. (último acceso 03.02.2000).
- [TAGUCHI, w3] *Taguchi Methods Home Page.*
“<http://mijuno.larc.nasa.gov/dfc/tm.html>”. (último acceso 03.02.2000).
- [TQM, w3] *Total Quality Management.*
“<http://www.stedwards.edu/cte/tqm.htm>”. (último acceso 03.02.2000).
- [TQMmodel, w3] *TQM Model.*
“<http://www.goalqpc.com/RESEARCH/TQMwheel.html>”. (último acceso 03.02.2000).
- [TQMNASA, w3] *TQM NASA.*
“<http://mijuno.larc.nasa.gov/dfc/tqm.html>”. (último acceso 03.02.2000).

1. 5. Herramientas.

1. 5. 1. Sistemas CAD/CAM/CAE.

- [ALLIANCE, w3] *Alliance Manufacturing Software.*
“<http://www.alliancemfg.com/>”. (último acceso 26.10.1999).
- [AUTODESK, w3] *Autodesk – Home Page.*
“<http://www.autodesk.com/>”. (último acceso 26.10.1999).
- [BENTLEY, w3] *Welcome To Bentley Systems, Inc. – Our Home Page*
“<http://www.bentley.com/>”. (último acceso 26.10.1999).
- [CATIA, w3] *CATIA/CADAM Solutions Website.*
“<http://www.catia.ibm.com/html/catmain.html>”. (último acceso 10.11.2000).
- [CIMATRON, w3] *Welcome to the Cimatron Web Site.*
“<http://www.cimatron.com/>”. (último acceso 26.10.1999).
- [CIMDATA, w3] *CIM Data.*
“<http://www.CIMdata.com/>”. (último acceso 26.10.1999).
- [CMOLD, w3] *C-MOLD Information Center.*
“<http://www.actech.com/>”. (último acceso 18.09.1999).
- [EDS, w3] *EDS Unigraphics Enterprise Engineering.*
“<http://www.ug.eds.com/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [INTERGRAPH, w3] *Intergraph International Online*
“<http://www.intergraph.com/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [MASTERCAM, w3] *Mastercam.*
“<http://www.mastercam.com/>”. (último acceso 26.10.1999).
- [MATRA, w3] *Matra Datavision (European Site).*
“<http://www.matra-datavision.fr/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [METALMAN, w3] *The Metalman Corporation Home Page*
“<http://www.kachinatech.com/Metalman/>”. (último acceso 12.04.1999).
- [MISSLER, w3] *Top Solid. Integrated Mechanical CAD/CAM Solution From Design to Manufacturing.*
“<http://www.topsolid.com/>”. (último acceso 12.04.1999).
- [MOLDFLOW, w3] *Moldflow Corporation*
“<http://www.moldflow.com/>”. (último acceso 18.09.1999).
- [PTC, w3] *Parametric Technology Corporation*
“<http://www.ptc.com/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [SDRC, w3] *SDRC – SDRC Home Page*
“<http://www.sdrc.com/>”. (último acceso 09.07.2000).

1. 5. 2. Sistemas de Prototipaje Rápido.

- [3DSYSTEMS, w3] *Welcome to 3D Systems Home Page*
“<http://www.3dsystems.com/>”. (último acceso 05.09.2000).
- [AAROFLEX, w3] *AAROFLEX, Inc*
“<http://www.aaroflex.com/>”. (último acceso 24.04.2000).
- [CUBITAL, w3] *Cubital*
“<http://www.iquest.net/cubital/cubital.html>”. (último acceso 24.04.2000).
- [DTM, w3] *DTM Corporation - Rapid Prototyping*
“<http://www.dtm-corp.com/>”. (último acceso 05.09.2000).
- [HELISYS, w3] *Helisys. LOM*
“<http://helisys.com/>”. (último acceso 24.04.2000).
- [SANDERS, w3] *Sanders Prototype Inc.*
“<http://www.sanders-prototype.com/>”. (último acceso 24.04.2000).
- [STRATASYS, w3] *Stratasys.*
“<http://www.stratasys.com/>”. (último acceso 05.09.2000).
- [ZCORP, w3] *Z Corporation Home Page.*
“<http://www.zcorp.com/>”. (último acceso 05.09.2000).

1. 5. 3. Herramientas Colaborativas.

- [CTAD, w3] *C-TAD Systems Home Page.*
“<http://www.ctad.com/>”. (último acceso 21.06.2000).
- [GTE, w3] *Welcome to GTE!*
“<http://www.gte.com/>”. (último acceso 21.06.2000).
- [INPERSON, w3] *SGI - Products InPerson.*
“<http://www-europe.sgi.com/software/inperson/>”. (último acceso 21.06.2000).
- [INSOFT, w3] *MDL Corporation Communique! Product Information.*
“<http://www.mdlcorp.com/Insoft/Products/C/C.html>”. (último acceso 13.04.2000).
- [NETMEETING, w3] *Microsoft NetMeeting.*
“<http://www.microsoft.com/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [PCS, w3] *Productivity Computer Solutions PCS.*
“<http://www.pcs.co.uk/index.html>”. (último acceso 13.04.2000).
- [SHOWME, w3] *Sun Microsystems ShowMe TV Product Overview.*
“<http://www.sun.com/desktop/products/software/ShowMeTV/index.html>”. (último acceso 13.04.2000).
- [TALKSHOW, w3] *Talkshow. Symantec Product Information*
“<http://www.qdeck.com/qdeck/press/talkshow.html>”. (último acceso 13.04.2000).

1. 5. 4. Herramientas de Simulación.

- [DELMIA, w3] *Deneb Robotics, Inc. Home Page.*
“<http://www.delmia.com/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [FAKESPACE, w3] *Fakespace, Inc.*
“<http://www.fakespace.com/>”. (último acceso 30.10.1999).
- [RSL, w3] *Homepage of Robot Simulations Ltd.*
“<http://www.rosl.com/>”. (último acceso 12.05.2000).
- [TAYLORII, w3] *Taylor II Simulation.*
“<http://www.taylorii.com/>”. (último acceso 12.05.2000).
- [TECNOMATIX, w3] *Tecnomatix - Computer Aided Production Engineering tools.*
“<http://www.tecnomatix.com/>”. (último acceso 12.05.2000).

1. 5. 5. Norma STEP.

- [EPM, w3] *EPM Technology Homepages.*
“<http://www.epmtech.jotne.com/>”. (último acceso 15.06.2000).
- [MElab, w3] *Manufacturing Engineering Laboratory.*
“<http://www.nist.gov/mel/melhome.html>”. (último acceso 24.09.1999).
- [MSID, w3] *Manufacturing Systems Integration Division_ An Overview.*
“<http://www.mel.nist.gov/msid/overview.htm>”. (último acceso 24.09.1999).
- [PDES, w3] *PDES, INC.*
“<http://www.scra.org/pdesinc.html>”. (último acceso 10.11.2000).
- [PROSTEP, w3] *ProSTEP Association.*
“<http://www.prostep.de>”. (último acceso 10.11.2000).

1. 5. 6. Sistemas de Gestión de la Información.

- [BAAN, w3] *Baan.*
“<http://www.baanbbs.com/>”. (último acceso 26.04.2000).
- [MRT, w3] *The Management Roundtable.*
“<http://www.roundtable.com/>”. (último acceso 13.09.2000).
- [PDMIC, w3] *PDM Information Center.*
“<http://www.pdmic.com/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [PRIMAVERA, w3] *Primavera Home Page.*
“<http://www.primavera.com/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [SAP, w3] *Welcome to the New Dimension of SAP Solutions.*
“<http://www.sap.com/>”. (último acceso 26.04.2000).
- [CIMLINC, w3] *CIMLINC Home Page.*
“<http://www.cimlinc.com/>”. (último acceso 07.03.2000).

1. 6. Proyectos sobre Ingeniería Concurrente

- [ADVANCE, w3] *ADVANCE Esprit Project No. 8148.*
“<http://borneo.gmd.de/RS/Projekte/ADVANCE.html>”. (último acceso 21.10.1999).
- [AIT, W3] *AIT project.*
“<http://www.ait.org.uk/>”. (último acceso 21.1.1999).
- [CENET, W3] *CE-NET Web Server.*
“<http://esoce.pl.ecp.fr/ce-net/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [CIMOSA, w3] *CIMOSA.*
“<http://cimosa.cnt.pl/>”. (último acceso 21.10.1999).
- [DENTOT, w3] *DENTOT PROJECT.*
“http://www.labein.es/labein_ing/projects/dentot/dent_des.shtml”. (último acceso 21.10.1999).
- [ELSEWISE, w3] *ELSEWISE Home Page.*
“<http://www.lboro.ac.uk/elsewise/>”. (último acceso 11.05.2000).
- [ESPRIT_IM, w3] *ESPRIT - Integration in Manufacturing. Overview.*
“<http://www.cordis.lu/esprit/src/iimal.htm>”. (último acceso 10.11.2000).
- [PACE, w3] *The PACE Project Homepage - Concurrent Engineering.*
“<http://www.biba.uni-bremen.de/projects/pace/index.html>”. (último acceso 10.11.2000).
- [ToCEE, w3] *Esprit ToCEE project at VTT.*
“<http://www.vtt.fi/cic/projects/tocee/index.html>”. (último acceso 17.10.2000).

1. 7. Sociedades.

- [ASME, w3] *ASMENET_ Home Page for ASME International.*
“<http://www.asme.org/>”. (último acceso 21.04.2000).
- [CIRP, w3] *CIRP. International Institution for Production Research.*
“<http://japura.lurpa.ens-cachan.fr/cirp.html>”. (último acceso 05.10.1999).
- [ESOCE, w3] *European Society of Concurrent Engineering.*
“<http://esoce.pl.ecp.fr/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [Goldratt, w3] *Avraham Y. Goldratt Institute Index.*
“<http://www.goldratt.com/>”. (último acceso 27.07.2000).
- [ISPE, w3] *International Society for Production Enhancement Web Page.*
“http://www.secs.oakland.edu/SECS_prof_orgs/ISPE/”. (último acceso 27.07.2000).

- [PDMA, w3] *Product Development and Management Association (PDMA) Home Page.*
“<http://www.pdma.org/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [SCSE, w3] *The Society for Computer Simulation Europe – Index Page*
“<http://hobbes.rug.ac.be/~scs/>”. (último acceso 21.02.2000).
- [SME, w3] *Society of Manufacturing Engineers.*
“<http://www.sme.org/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [SOCE, w3] *Society of Concurrent Engineering Home Page.*
“<http://www.soce.org/index.html>”. (último acceso 10.11.2000).

1. 8. CEConferencias.

- [CE00, w3] *CE00 7th International Conference on Concurrent Engineering.*
“<http://bat710.univ-lyon1.fr/ligim/CE2000/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [CE99, w3] *CE99 6th International Conference on Concurrent Engineering.*
“<http://www.bath.ac.uk/Departments/Eng/CE99/>”. (último acceso 10.11.2000).
- [CE99b, w3] *European Concurrent Engineering Conference' 99.*
“<http://hobbes.rug.ac.be/~scs/conf/ecec99/>”. (último acceso 02.03.2000).
- [CE98, w3] *CE98_ Concurrent Engineering Conference.*
“<http://www.bath.ac.uk/Departments/Eng/CE98/home.html>”. (último acceso 02.03.2000).
- [CEC, w3] *Concurrent Engineering Conferences.*
“<http://ce-toolkit.crd.ge.com/ce/homepage.html>”. (último acceso 02.03.2000).

1. 9. Centros Gubernamentales Norteamericanos.

- [ARPA, w3] *Defense Advanced Research Projects Agency.*
“<http://www.arpa.mil/>”. (último acceso 21.06.2000).
- [CTC, w3] *Concurrent Technologies Corporation (CTC) Information.*
“<http://www.ctc.com/>”. (último acceso 24.06.2000).
- [DISA, w3] *Defense Information Systems Agency (DISA).*
“<http://www.disa.mil/>”. (último acceso 21.06.2000).
- [IDA, w3] *The Institute for Defense Analyses.*
“<http://www.ida.org/>”. (último acceso 21.06.2000).
- [NAVYCALS, w3] *Navy CALS WWW Server.*
“<http://navycals.dt.navy.mil/>”. (último acceso 21.06.2000)
- [NIST, w3] *NIST WWW Home Page.*
“<http://www.nist.gov/>”. (último acceso 01.09.2000).

Anexos

página en blanco

Anexo I

Cuestionario Modelo Q_I

página en blanco

Cuestionario de Evaluación General de la Unidad de Negocio

CUESTIONARIO Q_I

Empresa

Dirección

Teléfono

Fax

Sector

Producto

Departamento

Fecha

Instrucciones para rellenar el cuestionario.

- Lea atentamente las preguntas de la página siguiente.
- Cada pregunta trata de evaluar un aspecto general en el que la empresa se fija para realizar mejoras continuas o procesos de innovación alrededor del desarrollo de producto.
- En la situación actual responda únicamente SÍ o NO.
- A continuación responda si en el futuro considera este aspecto Prioritario, Conveniente o Indiferente (Estimada como de difícil ejecución). Todo ello puntualizando que el futuro debe entenderse como el medio plazo (3-5 años) y que se da respuesta al interés de abordar ese aspecto.

Cuestionario de Evaluación General de la Unidad de Negocio

		Actual		Futuro		
				Prioritario	Conveniente	Indiferente
		Responda la situación Actual de cada uno de los aspectos siguientes Indique seguidamente cuál es el grado de interés que le merece cada aspecto en el futuro				
	Desarrollo de Mercado					
1	¿Le preocupa el desarrollo de nuevos mercados a través de la mejora de su oferta de productos o de la calidad de los mismos?	SÍ	NO			
	Tecnología					
2	¿Considera crítico la incorporación de Nuevas Tecnologías de la Información para mejorar su proceso de desarrollo de producto y los procesos de producción relacionados?.	SÍ	NO			
	Desarrollo de Producto					
3	¿Contempla la empresa como objetivo el desarrollo rápido de producto para introducirlo primero en el mercado?.	SÍ	NO			
	Ciclo de Vida de Producto					
4	¿Tiene en cuenta en su Proceso de Desarrollo de Producto todos los factores que afectan al Ciclo de Vida de Producto (desde el análisis de mercados hasta su retirada y reciclaje)?.	SÍ	NO			
	Desarrollo de Procesos					
5	¿Se tienen en cuenta durante la etapa de diseño del producto todos los factores que influyen en la fabricabilidad del mismo?.	SÍ	NO			
	Medio Ambiente					
6	¿Tiene en cuenta la legislación medioambiental, local y global, en lo referente a los productos y a sus procesos de fabricación - producción durante el desarrollo del producto?.	SÍ	NO			
	Innovación					
7	¿Realiza la empresa actividades para fomentar la innovación de productos y de procesos desde cualquier área o perspectiva?.	SÍ	NO			
	Equipos					
8	¿Realiza la empresa programas de formación orientados hacia el trabajo en equipo, de forma que se consiga una innovación del producto a través de una mayor colaboración interna?.	SÍ	NO			
	Finanzas					
9	¿Dedica la empresa recursos económicos en cada ejercicio para la mejora del Proceso de Desarrollo de Producto?.	SÍ	NO			
	Recursos humanos					
10	¿Existen sistemas de incentivos dedicados a valorar el trabajo en equipo y la consecución de objetivos globales de la cadena de valor?.	SÍ	NO			
	Cadena de Valor					
11	¿Dispone la empresa de medios o herramientas para conseguir una comunicación rápida y fluida con sus clientes y suministradores?.	SÍ	NO			
	Sistemas de Información					
12	¿Dispone la empresa de sistemas de información apropiados que le permiten compartir datos del desarrollo de producto tanto interna como externamente?.	SÍ	NO			

página en blanco

Anexo II

Cuestionario Modelo Q_IIA

página en blanco

Evaluación de la Situación Actual del Proceso de Desarrollo de Producto.

CUESTIONARIO Q_IIA

Empresa

Dirección

Teléfono

Fax

Sector

Producto

Departamento

Fecha

Instrucciones para rellenar el cuestionario.

- Para realizar la evaluación de la Situación Actual del proceso de desarrollo de producto se proponen cuatro dimensiones subdivididas en Factores Clave.
- Cada Factor Clave indica un campo en el que la empresa debe fijarse para realizar mejoras continuas o procesos de innovación.
- Lea atentamente los objetivos de cada uno de los Factores Clave de la página siguiente.
- A continuación se presenta una batería de preguntas en cada dimensión para cada uno de los Factores Clave, que se corresponden con el grado de comunicación del trabajo en equipo.
- Lea las distintas situaciones y marque en el nivel de madurez SÍ o NO con un círculo la situación más común en la empresa.
- Empezando siempre por la primera pregunta, continúe las correspondientes a cada Factor hasta que la respuesta sea negativa y en este caso pasando al siguiente Factor Clave.

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	NIVEL
	<input type="checkbox"/> Director Ejecutivo <input type="checkbox"/> Jefe de Departamento <input type="checkbox"/> Contribución Individual FUNCIÓN <input type="checkbox"/> Financiera/Administrativa <input type="checkbox"/> Ventas/Marketing <input type="checkbox"/> Gestor de Sistemas de Información <input type="checkbox"/> Ingeniería de Producto <input type="checkbox"/> Fabricación <input type="checkbox"/> Desarrollo de Software <input type="checkbox"/> Control de Calidad <input type="checkbox"/> Ingeniería de sistemas <input type="checkbox"/> Consultor <input type="checkbox"/> Otros

Evaluación de la Situación Actual del Proceso de Desarrollo de Producto.

IMPLANTACIÓN DE ENTORNOS DE INGENIERÍA CONCURRENTE		
DIMENSIÓN	FACTORES CLAVE	Objetivos
RECURSOS HUMANOS	Entrenamiento y Formación	<i>Detectar los Planes de Formación y Entrenamiento de los empleados, tanto en el ámbito individual como para el trabajo en equipo.</i>
	Delegación de Autoridad	<i>Detectar el grado de delegación de poder para conseguir que los equipos y las personas tengan más flexibilidad.</i>
	Sistemas de Recompensas	<i>Evaluar la alineación de los sistemas de indicadores estratégicos y de procesos con los incentivos a empleados y equipos.</i>
PROCESOS	Requerimientos del Cliente	<i>Identificar hasta qué nivel está implicado el Cliente en el Proceso de Desarrollo de Producto.</i>
	Planificación del Desarrollo de Producto	<i>Analizar cómo se planifica el proceso de diseño y fabricación del producto.</i>
	Metodologías de Diseño	<i>Identificar qué metodologías se utilizan en el proceso de Diseño de Producto.</i>
	Datos de Ingeniería	<i>Comprobar cómo los distintos datos generados durante el proceso pueden ser analizados por otros departamentos para evaluar las interacciones.</i>
	Estándares	<i>Analizar si se utilizan estándares para mejorar el proceso de diseño y facilitar la reutilización.</i>
	Validación	<i>Identificar de qué forma se realizan las validaciones según se avanza en el proceso de desarrollo de producto.</i>
	Documentación del Diseño	<i>Comprobar cómo se gestiona el conocimiento generado en el proceso de desarrollo de producto.</i>
TECNOLOGÍA	Automatización de las Comunicaciones	<i>Detectar cómo se consigue el trabajo en equipo con las nuevas tecnologías de la información.</i>
	Herramientas para Desarrollo de Producto	<i>Detectar qué herramientas existen y se necesitan para trabajar en equipo mediante las tecnologías de la información.</i>
	Gestión del Producto	<i>Identificar cómo se gestiona el Desarrollo del Producto con ayuda de las tecnologías de la información.</i>
	Datos del Producto	<i>Identificar cómo se almacenan todos los datos relacionados con el producto de forma que la información esté controlada y sea a la vez transparente.</i>
	Distribución de la Información	<i>Conocer cómo se distribuye la información entre las distintas áreas de la empresa.</i>
	Realimentación	<i>Identificar cómo se utilizan los datos de ingeniería para conseguir realizar modificaciones rápidamente sobre el producto y/o proceso.</i>
	Optimización	<i>Detectar el grado de optimización del proceso con las nuevas Tecnologías.</i>
	Prototipaje Rápido de Producto	<i>Identificar la utilización de herramientas de prototipaje rápido.</i>
INTEGRACIÓN	Integración de Equipos	<i>Identificar el grado de integración de personas y equipos en el Proceso de Desarrollo de Producto.</i>
	Punto de Vista del Suministrador	<i>Detectar el grado de implicación del Suministrador en el proceso de desarrollo de producto.</i>

página en blanco

Evaluación de la Situación Actual del Proceso de Desarrollo de Producto.

RECURSOS HUMANOS			
Entrenamiento y Formación Entrenamiento y Formación adecuada a individuos o equipos. Entrenamiento en resolución eficiente de problemas. Desarrollo de la creatividad trabajando con expertos y con otras disciplinas.			
1	¿Se proporciona la formación adecuada a cada persona en los procedimientos y herramientas que pueden utilizar?.	SÍ	NO
2	¿Se proporciona una formación de trabajo eficiente en equipo con otras personas de distintos departamentos cuando se necesita?.	SÍ	NO
3	¿Tiene la empresa un plan de formación continua en trabajo multidisciplinar para todos los departamentos, orientado a la innovación del producto y de los procesos de fabricación – producción relacionados?.	SÍ	NO
4	¿Se proporciona un entrenamiento eficiente de trabajo en equipo a los miembros del conjunto de la empresa para abordar simultáneamente diversos proyectos?.	SÍ	NO
5	¿Se facilita la formación necesaria a los miembros de la empresa para trabajar junto con clientes y suministradores?.	SÍ	NO
Delegación de Autoridad Coexistencia de niveles de autoridad y responsabilidad para el desarrollo del producto de forma independiente.			
6	¿Son responsables las personas y los departamentos de sus tareas procurando únicamente completarlas en un determinado tiempo?.	SÍ	NO
7	¿Existe un equipo multidisciplinar responsable del desarrollo de las especificaciones de ingeniería y de cómo afectan éstas a los departamentos?.	SÍ	NO
8	¿Existe un equipo multidisciplinar responsable de las especificaciones de ingeniería con capacidad de decisión sobre los requerimientos del producto?.	SÍ	NO
9	¿Existe un equipo en la empresa formado por responsables de equipos multidisciplinarios con capacidad de decisión sobre todo el proceso de desarrollo de producto?.	SÍ	NO
10	¿Existe un equipo en la empresa, que incluye a clientes y suministradores, responsable del proceso de desarrollo de producto?.	SÍ	NO
Sistema de Recompensas Los individuos y los equipos son recompensados por sus acciones para incrementar así su motivación.			
11	¿Existe un sistema de recompensas que contemple la consecución de objetivos en el ámbito departamental?.	SÍ	NO
12	¿Existe un sistema de recompensas que contemple la consecución del trabajo en común de diversos departamentos?.	SÍ	NO
13	¿Se recompensa el trabajo desarrollado por equipos multidisciplinarios y por el cumplimiento de objetivos orientados a la innovación del producto?.	SÍ	NO
14	¿Se dispone de un sistema de recompensas en el ámbito de empresa que contemple el cumplimiento de objetivos estratégicos y las mejoras propuestas desde cualquier departamento o equipo multidisciplinar que afecten al producto y/o al proceso?.	SÍ	NO
15	¿Existe un sistema de recompensas que contemple el cumplimiento de objetivos estratégicos globales y mejoras que afecten a toda la cadena de valor implicando a suministradores y clientes?.	SÍ	NO

PROCESOS			
Requerimientos del Cliente			
Estudio de las necesidades de los clientes, transformándolas en definiciones y especificaciones del desarrollo del producto.			
16	¿Se transforman las expectativas del cliente en requerimientos con especificaciones parciales para cada departamento?.	SÍ	NO
17	¿Son estos requerimientos del cliente establecidos como especificaciones funcionales del producto que afectan a varios departamentos?.	SÍ	NO
18	¿Las especificaciones funcionales del producto están disponibles para todos los departamentos de forma que un equipo multidisciplinar tenga acceso a los mismos para tener una visión global?.	SÍ	NO
19	¿Puede cualquier equipo o departamento de la empresa acceder a los requerimientos del cliente para apoyarse en la toma de decisiones?.	SÍ	NO
20	¿Se implica a los clientes en la definición de los requerimientos por medio de equipos de trabajo que, además, incluyen a los suministradores?.	SÍ	NO
Planificación del Desarrollo de Producto			
Planificación del Proceso de desarrollo de un producto determinando la secuencia y paralelismo de actividades.			
21	¿Se realiza una planificación por departamentos a corto plazo?.	SÍ	NO
22	¿Se realiza una planificación del proceso de desarrollo de producto a largo plazo?.	SÍ	NO
23	¿Ha definido la empresa un conjunto de indicadores que permitan medir el coste del producto, su funcionalidad, sus prestaciones, su fiabilidad y/o el servicio?.	SÍ	NO
24	¿Realiza la empresa una planificación a largo plazo de la unidad de negocio utilizando sistemas de indicadores estratégicos y considerando la realización de varios proyectos simultáneamente?.	SÍ	NO
25	¿Se realiza una planificación del proceso de desarrollo de producto teniendo en cuenta un sistema de indicadores estratégicos para todo su ciclo de vida?.	SÍ	NO
Metodologías de Diseño			
Planificación del producto, evaluación y métodos de diseño. Análisis e integración de tareas y procesos.			
26	¿Se realiza el proceso de diseño en los departamentos de forma que todos los miembros contribuyen a la planificación, evaluación y creación de las especificaciones funcionales del producto?.	SÍ	NO
27	¿Se realiza un proceso de diseño en el que el cliente define los requerimientos del producto y estas se transforman por un equipo multidisciplinar en especificaciones funcionales para los distintos departamentos?.	SÍ	NO
28	¿Se realiza un proceso de diseño en el que el equipo multidisciplinar analiza las posibles modificaciones que pueden mejorar la tecnología del producto, su arquitectura o el proceso de fabricación?.	SÍ	NO
29	¿Se integran de forma metodológica todos los niveles de la empresa en el proceso de desarrollo de producto para mejorar la calidad del producto y de los sistemas de fabricación – producción?.	SÍ	NO
30	¿Se utilizan metodologías de diseño que requieren de la presencia de clientes y suministradores?.	SÍ	NO
Datos de Ingeniería			
Los datos del diseño y los datos sobre componentes están disponibles para todos los individuos y equipos.			
31	¿Se realiza un control individual por departamentos de los datos de componentes?.	SÍ	NO
32	¿Están disponibles los datos de componentes de un departamento para otros departamentos?.	SÍ	NO
33	¿Se utiliza un sistema o base de datos de ingeniería que contemple la interrelación de los distintos departamentos del proceso de desarrollo?.	SÍ	NO
34	¿Está dicho sistema de datos conectado a una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para ayudar a cada departamento en desarrollo de productos?.	SÍ	NO
35	¿Tienen capacidad los clientes o suministradores de acceder a los datos de ingeniería relevantes para ellos?.	SÍ	NO

Evaluación de la Situación Actual del Proceso de Desarrollo de Producto.

PROCESOS			
Estándares Utilización de procedimientos estándares y directrices de diseño de componentes; incluye su documentación y comunicación a los individuos y equipos.			
36	¿Utiliza la empresa estándares de diseño que permiten controlar el cumplimiento de determinados requerimientos?.	SÍ	NO
37	¿Utiliza la empresa estándares de diseño durante el proceso para reducir costes y asegurar la calidad del producto?.	SÍ	NO
38	¿Utiliza la empresa estándares de diseño para asegurar los ensayos de los productos, su fabricabilidad, su mantenimiento y su uso?.	SÍ	NO
39	¿Existe un procedimiento para revisar y mejorar regularmente los estándares de desarrollo de producto?.	SÍ	NO
40	¿Se procura utilizar en el desarrollo de producto los estándares de clientes y suministradores aunque no sean requeridos por estos?.	SÍ	NO
Validación Procedimientos de determinación y validación de las especificaciones de ingeniería frente a los requisitos del cliente.			
41	¿Se validan las especificaciones de cada subconjunto funcional del producto de acuerdo con los requisitos del cliente?.	SÍ	NO
42	¿Se validan los requerimientos de las tareas realizadas por cada departamento de acuerdo con los requisitos de los clientes?.	SÍ	NO
43	¿Se validan los requerimientos del cliente, del proceso de diseño y fabricación y de los sistemas de producción por un equipo multidisciplinar?.	SÍ	NO
44	¿Se utilizan métodos interactivos dentro de la empresa para controlar el cumplimiento de los requerimientos y transmitir los desajustes?.	SÍ	NO
45	¿Se realizan las validaciones sobre el producto y sus procesos relacionados mediante un equipo multidisciplinar que incluye a clientes y suministradores?.	SÍ	NO
Documentación del Diseño Las validaciones y actividades durante el proceso de desarrollo están perfectamente documentadas y medidas.			
46	¿Están las especificaciones del proceso de diseño documentadas de forma que los diseños sean repetibles y consistentes?.	SÍ	NO
47	¿Se utilizan métodos de análisis – como simulación de fallos, análisis de elementos finitos, etc. – y se documentan para mejorar el funcionamiento del producto?.	SÍ	NO
48	¿Se utilizan métodos para evaluar la innovación del producto y de los procesos de fabricación – producción relacionados?.	SÍ	NO
49	¿Existe algún sistema que permite medir la reutilización y el uso compartido de la tecnología del producto y de las tecnologías de fabricación?.	SÍ	NO
50	¿Se realiza transferencia de tecnología con clientes y suministradores durante el proceso de desarrollo del producto?.	SÍ	NO

TECNOLOGÍA			
Automatización de las Comunicaciones Disponibilidad de herramientas que faciliten la comunicación y proporcionen el acceso a los datos del producto.			
51	¿Se proporciona la tecnología de la información necesaria para cada departamento?.	SÍ	NO
52	¿Están los distintos departamentos comunicados a través de las tecnologías de la información?.	SÍ	NO
53	¿Están integradas las herramientas que utilizan los departamentos implicados en el desarrollo de producto de forma que pueden acceder rápidamente a los datos?.	SÍ	NO
54	¿Se utilizan las herramientas de forma totalmente integrada dentro de la empresa?.	SÍ	NO
55	¿Se utiliza un sistema de comunicación con clientes y suministradores que permita el intercambio total de datos del producto?.	SÍ	NO
Herramientas para el Desarrollo de Producto Disponibilidad de las herramientas necesarias de ingeniería asistida por ordenador para trabajar con modelos virtuales.			
56	¿Utilizan los departamentos herramientas de diseño y fabricación asistidas por ordenador?.	SÍ	NO
57	¿Pueden las herramientas de diseño y fabricación interaccionar para compartir datos del producto?.	SÍ	NO
58	¿Pueden las herramientas asistidas por ordenador compartir datos de producto en cualquier instante del proceso de desarrollo de producto?.	SÍ	NO
59	¿Están las herramientas disponibles para cualquier departamento de la empresa?.	SÍ	NO
60	¿Son las herramientas asistidas por ordenador capaces de integrarse con las de los clientes y/o suministradores?.	SÍ	NO
Gestión del Producto Comunicación eficaz para la gestión del producto. Los individuos y los equipos entienden sus tareas y objetivos. Control del cumplimiento de las tareas y objetivos.			
61	¿Existen inspecciones y revisiones técnicas orientadas al cumplimiento de objetivos específicos de cada departamento?.	SÍ	NO
62	¿Se realiza una gestión consistente del producto dirigida a la obtención de los objetivos de todos los departamentos implicados en el desarrollo de producto?.	SÍ	NO
63	¿Se realiza una gestión integrada del desarrollo de producto y de los sistemas de fabricación – producción relacionados?.	SÍ	NO
64	¿Se realiza una gestión integrada de la unidad de negocio contemplando el desarrollo en paralelo de varios productos y sus interacciones?.	SÍ	NO
65	¿Se realiza una gestión del desarrollo de producto conjuntamente con clientes y/o suministradores?.	SÍ	NO
Datos del Producto Los datos del producto están completos y son precisos en todo instante del proceso. Los individuos y los equipos pueden acceder, manipular y cambiar los datos si fuere necesario.			
66	¿Se controlan individualmente o dentro de un departamento los datos electrónicos de desarrollo del producto?.	SÍ	NO
67	¿Tienen los miembros de otros departamentos acceso a los datos relacionados con sus tareas en el proceso de desarrollo del producto?.	SÍ	NO
68	¿Existe una base de datos que permite mantener controlados y actualizados los datos de desarrollo de producto?.	SÍ	NO
69	¿Tienen todos los departamentos de la empresa acceso electrónico a la información necesaria de los datos de desarrollo del producto?.	SÍ	NO
70	¿Tienen los clientes y suministradores acceso a los datos necesarios del producto?.	SÍ	NO

Evaluación de la Situación Actual del Proceso de Desarrollo de Producto.

TECNOLOGÍA			
Distribución de la Información. La información se distribuye mediante procedimientos establecidos y los canales adecuados.			
71	¿Se dispone de correo electrónico para cada persona dentro de un departamento?.	SÍ	NO
72	¿Existe algún sistema que permita transmitir y recibir datos e informes electrónicos por parte de varios departamentos?.	SÍ	NO
73	¿Existe algún sistema que permita notificar automáticamente las modificaciones del producto relacionadas con cada disciplina del desarrollo del producto?.	SÍ	NO
74	¿Permite el sistema notificar automáticamente las modificaciones a todos los departamentos de la empresa?.	SÍ	NO
75	¿Existe la capacidad de comunicarse mediante correo electrónico o vídeo conferencia con clientes y suministradores?.	SÍ	NO
Realimentación. Procedimientos de realimentación durante el proceso de desarrollo de producto. Identificación de desviaciones sobre los requerimientos del cliente, especificaciones del producto y otros requisitos. Revisiones e inspecciones, sugerencias para mejorar producto.			
76	¿Se analizan los problemas de desarrollo de producto desde su raíz y se corrigen por cada departamento?.	SÍ	NO
77	¿Se analizan los problemas por un equipo multidisciplinar, se registran, se dan prioridades y se programan para su corrección?.	SÍ	NO
78	¿Se archivan las acciones e informes sobre problemas en una base de datos y se utilizan como indicadores para aumentar la satisfacción del cliente?.	SÍ	NO
79	¿Se analizan las acciones e informes sobre problemas y las decisiones para la mejora continua del proceso de desarrollo del producto?.	SÍ	NO
80	¿Se informa a clientes y/o suministradores metódicamente de cualquier problema que pudiera afectarles?.	SÍ	NO
Optimización La empresa responde a la continua evolución de la tecnología incorporándola para mejorar el proceso de desarrollo de producto.			
81	¿Existen objetivos departamentales de mejora de productos y de procesos?.	SÍ	NO
82	¿Se analizan, documentan y distribuyen las decisiones y los factores que las han guiado entre los diversos departamentos para apoyar en futuros proyectos?.	SÍ	NO
83	¿Se utilizan herramientas de modelización y simulación en la planificación y mejora del proceso de desarrollo de producto?.	SÍ	NO
84	¿Existe una estrategia de optimización en la empresa que analiza el proceso de desarrollo y las herramientas y sistemas de producción utilizados?.	SÍ	NO
85	¿Se realiza una selección de suministradores en la adquisición de piezas o bienes de equipo?.	SÍ	NO
Prototipaje Rápido de Productos. La empresa utiliza herramientas de creación rápida de prototipos para disminuir el proceso de desarrollo de producto.			
86	¿Se realizan prototipos a partir de la información del diseño para mejorar detalladamente el análisis de los elementos característicos del producto y sus prestaciones?.	SÍ	NO
87	¿Se realizan prototipos de conjunto durante la fase de diseño conceptual que permitan considerar aspectos globales como coste, pruebas, fiabilidad, fabricabilidad y mantenimiento?.	SÍ	NO
88	¿Se realizan prototipos virtuales con herramientas de modelado en tres dimensiones y se analizan por un equipo multidisciplinar?.	SÍ	NO
89	¿Se transmiten los prototipos virtuales a clientes y suministradores como parte del proceso de desarrollo de producto?.	SÍ	NO
90	¿Cooperan los clientes y suministradores en el desarrollo de prototipos?.	SÍ	NO

INTEGRACIÓN			
Integración de Equipos Los empleados se encuentran perfectamente integrados en el proceso de desarrollo de producto.			
91	¿Tiene cada persona perfectamente definidas las especificaciones y las prioridades de las tareas que se les asignan?.	SÍ	NO
92	¿Tiene cada departamento identificada su posición en el proceso de desarrollo del producto?.	SÍ	NO
93	¿Están establecidas terminologías, prioridades y propósitos comunes para el equipo de desarrollo de producto?.	SÍ	NO
94	¿Tiene el conjunto de la empresa perfectamente definidas las especificaciones, los requerimientos, las interdependencias y las prioridades del producto?.	SÍ	NO
95	¿Tiene la empresa y sus clientes y suministradores perfectamente definidas las especificaciones, los requerimientos, las interdependencias y las prioridades del producto?.	SÍ	NO
Punto de Vista del Suministrador. El suministrador es parte importante del proceso de desarrollo de producto.			
96	¿Se utilizan consultas a los posibles suministradores a escala individual?.	SÍ	NO
97	¿Se realizan consultas a los suministradores implicándoles con los departamentos?.	SÍ	NO
98	¿Se utiliza un programa de cualificación de los suministradores y se les implica en equipos multidisciplinarios?.	SÍ	NO
99	¿Se utiliza un programa de cualificación de los suministradores para seleccionar al más adecuado?.	SÍ	NO
100	¿Se incorpora a los suministradores desde la primera etapa del proceso de desarrollo de producto?.	SÍ	NO

Anexo III

Cuestionario Modelo Q_IIB

página en blanco

Evaluación del Estado Deseado del Proceso de Desarrollo de Producto.

CUESTIONARIO Q_IIB

Empresa

Dirección

Teléfono

Fax

Sector

Producto

Departamento

Fecha

Instrucciones para rellenar el cuestionario.

- Para realizar la evaluación del estado deseado del proceso se proponen cuatro dimensiones subdivididas en Factores Clave.
- Cada Factor Clave indica un campo en el que la empresa debe fijarse para realizar mejoras continuas o los procesos de innovación.
- Lea atentamente los objetivos de cada uno de los Factores Clave de la página siguiente.
- A continuación se presenta una matriz por cada dimensión con cada uno de los Factores Clave.
- Para cada Factor Clave se presentan cinco escenarios posibles en función del grado de comunicación del trabajo en equipo.
- Empezando siempre por el estado de *Proyecto* identifique la situación actual de la empresa y rodéela con un círculo. A partir de esta continúe con aquella situación deseable para el Proceso de Desarrollo de Producto.

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	<p>NIVEL</p> <p><input type="checkbox"/> Director Ejecutivo</p> <p><input type="checkbox"/> Jefe de Departamento</p> <p><input type="checkbox"/> Contribución Individual</p> <p>FUNCIÓN</p> <p><input type="checkbox"/> Financiera/Administrativa</p> <p><input type="checkbox"/> Ventas/Marketing</p> <p><input type="checkbox"/> Gestor de Sistemas de Información</p> <p><input type="checkbox"/> Ingeniería de Producto</p> <p><input type="checkbox"/> Fabricación</p> <p><input type="checkbox"/> Desarrollo de Software</p> <p><input type="checkbox"/> Control de Calidad</p> <p><input type="checkbox"/> Ingeniería de sistemas</p> <p><input type="checkbox"/> Consultor</p> <p><input type="checkbox"/> Otros</p>

Evaluación del Estado Deseado del Proceso de Desarrollo de Producto.

IMPLANTACIÓN DE ENTORNOS DE INGENIERÍA CONCURRENTE		
DIMENSIÓN	FACTORES CLAVE	Objetivos
RECURSOS HUMANOS	Entrenamiento y Formación	<i>Detectar los Planes de Formación y Entrenamiento de los empleados, tanto en el ámbito individual como para el trabajo en equipo.</i>
	Delegación de Autoridad	<i>Detectar el grado de delegación de poder para conseguir que los equipos y las personas tengan más flexibilidad.</i>
	Sistemas de Recompensas	<i>Evaluar la alineación de los sistemas de indicadores estratégicos y de procesos con los incentivos a empleados y equipos.</i>
PROCESOS	Requerimientos del Cliente	<i>Identificar hasta qué nivel está implicado el Cliente en el Proceso de Desarrollo de Producto.</i>
	Planificación del Desarrollo de Producto	<i>Analizar cómo se planifica el proceso de diseño y fabricación del producto.</i>
	Metodologías de Diseño	<i>Identificar qué metodologías se utilizan en el proceso de Diseño de Producto.</i>
	Datos de Ingeniería	<i>Comprobar cómo los distintos datos generados durante el proceso pueden ser analizados por otros departamentos para evaluar las interacciones.</i>
	Estándares	<i>Analizar si se utilizan estándares para mejorar el proceso de diseño y facilitar la reutilización.</i>
	Validación	<i>Identificar de qué forma se realizan las validaciones según se avanza en el proceso de desarrollo de producto.</i>
	Documentación del Diseño	<i>Comprobar cómo se gestiona el conocimiento generado en el proceso de desarrollo de producto.</i>
TECNOLOGÍA	Automatización de las Comunicaciones	<i>Detectar cómo se consigue el trabajo en equipo con las nuevas tecnologías de la información.</i>
	Herramientas para Desarrollo de Producto	<i>Detectar qué herramientas existen y se necesitan para trabajar en equipo mediante las tecnologías de la información.</i>
	Gestión del Producto	<i>Identificar cómo se gestiona el Desarrollo del Producto con ayuda de las tecnologías de la información.</i>
	Datos del Producto	<i>Identificar cómo se almacenan todos los datos relacionados con el producto de forma que la información esté controlada y sea a la vez transparente.</i>
	Distribución de la Información	<i>Conocer cómo se distribuye la información entre las distintas áreas de la empresa.</i>
	Realimentación	<i>Identificar cómo se utilizan los datos de ingeniería para conseguir realizar modificaciones rápidamente sobre el producto y/o proceso.</i>
	Optimización	<i>Detectar el grado de optimización del proceso con las nuevas Tecnologías.</i>
	Prototipaje Rápido de Producto	<i>Identificar la utilización de herramientas de prototipaje rápido.</i>
INTEGRACIÓN	Integración de Equipos	<i>Identificar el grado de integración de personas y equipos en el Proceso de Desarrollo de Producto.</i>
	Punto de Vista del Suministrador	<i>Detectar el grado de implicación del Suministrador en el proceso de desarrollo de producto.</i>

página en blanco

Evaluación del Estado Deseado del Proceso de Desarrollo de Producto.

MATRIZ DE ESTADO DESEADO			
RECURSOS HUMANOS			
	Entrenamiento y Formación	Delegación de Autoridad	Sistemas de Recompensas
PROYECTO	Los individuos reciben siempre la formación específica en el ámbito de su especialidad.	La Alta Dirección es la única que posee capacidad de liderar acciones y los departamentos únicamente tienen responsabilidades puntuales.	Se recompensa a los equipos unidisciplinados por la consecución de objetivos en sus propios departamentos.
PROGRAMA	Se realizan cursos de formación a partir de la detección de necesidades y en situaciones particulares. Los individuos reciben entrenamiento sobre procedimientos de trabajo en equipo.	La Alta Dirección designa a un responsable para cada departamento. Existe un equipo multidisciplinar formado por estos responsables que toma las decisiones dinámicamente y por medio del consenso.	Las recompensas se otorgan al equipo multidisciplinar por la consecución de objetivos en el ámbito operativo de un proceso delimitado.
COLABORATIVO	Existe un plan de formación continua para todos los departamentos. El equipo multidisciplinar recibe entrenamiento para el trabajo en equipo orientado a la innovación del producto y del proceso de desarrollo.	El equipo multidisciplinar tiene suficiente autoridad para tomar decisiones, y cada equipo unidisciplinar tiene la responsabilidad de ejecutarlas. El propio equipo multidisciplinar selecciona a su líder como interlocutor con la alta dirección.	Se recompensa al equipo multidisciplinar en función de la consecución de objetivos operativos que, además, están alineados con los objetivos estratégicos y suponen una innovación en el producto.
EMPRESA	La empresa contempla como estrategia la formación continua para todos los empleados. Los equipos multidisciplinarios abarcan toda la empresa y reciben entrenamiento para trabajar con proyectos interrelacionados entre sí.	Existe un equipo formado por los líderes de los equipos multidisciplinarios que, a su vez, tienen la autoridad suficiente para tomar decisiones que afectan a todo el proceso de desarrollo de producto.	Las recompensas se otorgan a los equipos multidisciplinarios por la consecución de objetivos estratégicos globales. Estos equipos participan en proyectos que afectan a toda la empresa.
GLOBAL	Se realiza formación en la utilización de herramientas interactivas y en la valoración de asuntos desde diferentes perspectivas de la cadena de valor.	Se delega responsabilidad a los equipos multidisciplinarios que incluyen a miembros de empresas involucradas en la cadena de valor.	Se recompensa la consecución de objetivos estratégicos globales que trascienden más allá del ámbito de la empresa y se valoran las mejoras que influyen en otras empresas de la cadena de valor.

MATRIZ DE ESTADO DESEADO				
PROCESO				
	Requerimientos del Cliente	Planificación del Desarrollo de Producto	Metodologías de Diseño	Datos de Ingeniería
PROYECTO	Los requerimientos del cliente y/o mercado se evalúan sólo desde el punto de vista de cada departamento y se convierten en especificaciones parciales.	Antes de comenzar las tareas se realiza una planificación del proceso a corto plazo y para el ámbito departamental.	El proceso de diseño es de “abajo - arriba”. Dentro del departamento todos contribuyen a la planificación, evaluación o determinación de las especificaciones funcionales del producto.	Los individuos de cada departamento son responsables del desarrollo, control y mantenimiento de sus propios datos de componentes sin relacionarlos con otros departamentos.
PROGRAMA	Los requerimientos del cliente y/o del mercado se trasladan a especificaciones relacionadas que pueden afectar a varios departamentos.	Se planifica el proceso de desarrollo de producto y se documenta a largo plazo considerando las interacciones entre los departamentos.	El proceso de diseño es de “arriba - abajo”. Los requisitos del cliente, del producto o del sistema llevan a especificaciones funcionales relacionadas para cada departamento.	Los departamentos son responsables de sus datos que, no obstante, están disponibles para otros departamentos.
COLABORATIVO	Los requerimientos del cliente y/o mercado se reflejan en especificaciones multifuncionales del producto. Un equipo multidisciplinar tiene acceso directo a todos los requerimientos.	Se utilizan métodos de planificación a largo plazo para la unidad de negocio, considerando las responsabilidades de cada departamento en cada fase y sus interacciones. Se utilizan indicadores para medir el proceso.	Los equipos multidisciplinares utilizan metodologías que contemplan aquellos aspectos que pueden cambiar la tecnología del producto, la arquitectura del diseño o de los procesos para su fabricación.	Se utiliza una base de datos para desarrollar, controlar y mantener los datos de ingeniería de los componentes pertenecientes a todas las disciplinas involucradas en el proceso de desarrollo de producto.
EMPRESA	Los equipos multidisciplinares de la empresa tienen acceso directo a los requerimientos de cliente y/o mercado. Estos requerimientos están asignados a la unidad de negocio como parte al apoyo de la toma de decisiones.	Se utilizan sistemas de indicadores estratégicos para analizar coste, funcionalidad, fiabilidad, prestaciones y servicio posventa del producto. Se utilizan indicadores estratégicos para la unidad de negocio.	Los requerimientos del producto y del sistema de fabricación-producción implican la realización de actividades metodológicas que requieren la integración de todos los niveles de la empresa.	La base de datos se desarrolla, controla y mantiene para toda la empresa y se acompaña con una herramienta de apoyo a la toma de decisiones.
GLOBAL	La empresa, junto con sus suministradores, analizan continuamente los requerimientos del cliente y/o mercado antes de iniciar el proceso y durante el desarrollo de producto. Empresa y suministradores tienen acceso a los mismos.	La empresa planifica la unidad de negocio a largo plazo junto con sus suministradores y/o clientes. Se utilizan indicadores para evaluar todo el Ciclo de Vida del Producto.	Se utilizan metodologías de diseño que requieren de la presencia y experiencia de clientes y/o suministradores en los equipos multidisciplinares.	Los datos de productos son intercambiables entre diversas empresas implicadas en el proceso de desarrollo de producto por medio de aplicaciones de intranet e internet.

Evaluación del Estado Deseado del Proceso de Desarrollo de Producto.

MATRIZ DE ESTADO DESEADO			
PROCESO			
	Estándares	Validación	Documentación del Diseño
PROYECTO	Se controla el cumplimiento de estándares de diseño únicamente dentro de los departamentos.	Las especificaciones del producto, o subsistema, se validan individualmente por cada departamento de acuerdo con los requerimientos del cliente y/o mercado.	Los métodos y prácticas están documentados a nivel departamental, y se utilizan para gestionar las actividades de diseño.
PROGRAMA	Se utilizan estándares de diseño entre varios departamentos para reducir costes y asegurar la funcionalidad, fiabilidad y calidad del producto.	Las especificaciones del producto, o subsistema, de cada disciplina son validadas por un equipo multidisciplinar de forma integrada y de acuerdo con los requerimientos del cliente y/o mercado.	Se utilizan análisis para medir cómo de bien funciona el producto. Los métodos de análisis permiten contabilizar los procesos posteriores en la etapa de diseño conceptual o de detalle.
COLABORATIVO	Se utilizan estándares de diseño para asegurar las pruebas de un producto, su fabricabilidad, mantenimiento y uso. Los diseños son repetibles, consistentes y la información se reutiliza para analizar los elementos característicos del producto y sus prestaciones.	Las especificaciones del producto, o subsistema, y sus procesos de fabricación relacionados, son validadas de forma multidisciplinar de acuerdo con los requerimientos del cliente y/o mercado.	Se evalúan adecuadamente las opciones tecnológicas de fabricación y producción del producto. De esta forma, en las fases de diseño conceptual o de detalle se tienen en cuenta los procesos posteriores gestionándose el conocimiento.
EMPRESA	Existe un procedimiento regular para revisar los estándares de diseño en toda la empresa que se mejora continuamente.	Las especificaciones de los productos son validadas por equipos multidisciplinarios de la empresa, a los que se notifica rápidamente cuando se detecta un incumplimiento de los requerimientos.	Se utilizan sistemas de planificación y gestión de procesos en toda la empresa que, además, sirven de apoyo para la gestión del conocimiento y toma de decisiones.
GLOBAL	Se utilizan estándares de ámbito corporativo que, además, comprenden los utilizados por el resto de empresas implicadas en la cadena de valor.	Las especificaciones de los productos son validadas por equipos multidisciplinarios que incluyen a clientes y/o suministradores.	Se utilizan sistemas de gestión de procesos y del conocimiento incluyendo a las diferentes empresas de la cadena de valor.

MATRIZ DE ESTADO DESEADO				
TECNOLOGÍA				
	Automatización de las Comunicaciones	Herramientas para el Desarrollo de Producto	Gestión del Producto	Datos del Producto
PROYECTO	Existen herramientas de comunicación que permiten la cooperación electrónica a nivel departamental. Su utilización es ocasional y sin ningún procedimiento establecido.	Existe una herramienta de diseño o ingeniería asistida por ordenador compartida por un equipo unidisciplinar. Existen plataformas aisladas de hardware y software en cada departamento.	La gestión del producto se realiza aisladamente dentro del departamento. Las inspecciones y las revisiones técnicas se enfocan sólo a objetivos parciales.	Los datos de desarrollo del producto son generados, documentados y utilizados individualmente dentro de cada departamento.
PROGRAMA	Las herramientas de comunicación individuales permiten acceder a los datos de varios grupos o disciplinas de trabajo.	Existen herramientas de ayuda al diseño y a la ingeniería que pueden interaccionar entre sí. El equipo unidisciplinar puede compartir hardware y software.	Se utiliza una gestión del producto disciplinada y consistente desde varios departamentos. Cada departamento dispone de una base de datos propia.	Los datos de desarrollo del producto generados por cada departamento son documentados, controlados y actualizados en una base de datos y un servidor. Los datos siempre están disponibles para su utilización.
COLABORATIVO	Existen herramientas que permiten la comunicación en tiempo real de varias personas distribuidas departamentalmente. El equipo multidisciplinar puede compartir hardware y software dinámicamente.	Se utilizan herramientas que permiten trabajar simultáneamente sobre un mismo modelo en el desarrollo de producto. Las herramientas están integradas dentro del entorno de desarrollo de producto.	Diseño del producto y diseño del sistema de Fabricación-Producción están interconectados electrónicamente para realizar una gestión integrada del proceso de desarrollo de producto.	Los datos se almacenan en una base de datos orientada al desarrollo del producto, que a su vez interacciona con las herramientas de diseño. Los datos son generados, procesados y actualizados inmediatamente.
EMPRESA	Las herramientas de comunicación están integradas en toda la empresa. Los datos se utilizan para realizar una acción previa a un problema o un asunto en curso. Los equipos pueden compartir hardware o software.	Las herramientas de ayuda al diseño y a la ingeniería están disponibles en toda la empresa y no sólo para determinados departamentos.	Se realiza una gestión del proceso de desarrollo de producto en el ámbito de toda la unidad de negocio. Esto permite que los problemas y sus soluciones se notifiquen automáticamente a toda la empresa.	Los datos de todas las disciplinas están disponibles en tiempo real en toda la empresa. Los requisitos, especificaciones y datos del producto están perfectamente definidos con su control de cambio y de versión.
GLOBAL	Existe un sistema tal como correo electrónico o vídeo conferencia, que permite una comunicación fluida entre todas las empresas de la cadena de valor.	Las herramientas de diseño o ingeniería asistida por ordenador son capaces de integrarse con las que poseen los clientes y/o suministradores.	La gestión del proceso de desarrollo de producto se hace de forma integrada con los clientes y/o suministradores	Los datos están disponibles en tiempo real para todas las empresas de la cadena de valor mediante un sistema electrónico.

Evaluación del Estado Deseado del Proceso de Desarrollo de Producto.

MATRIZ DE ESTADO DESEADO				
TECNOLOGÍA				
	Distribución de la Información	Realimentación	Optimización	Prototipaje Rápido de Producto
PROYECTO	Se dispone de la capacidad de correo electrónico para cada individuo.	Se analizan las causas de los problemas departamentalmente y luego se corrigen.	Los objetivos de mejora de productos y procesos están claramente definidos sólo en el ámbito departamental.	Se realizan prototipos físicos de piezas aisladas por parte del departamento.
PROGRAMA	Se dispone de la capacidad medios electrónicos que permiten enviar informes y recibirlos actualizados de otros departamentos.	Los informes generados en el proceso se analizan por un equipo multidisciplinar. Se realiza una programación para resolverlos y se tratan hasta que son corregidos definitivamente.	Las decisiones sobre los productos, y los factores que mejoran su proceso de fabricación son analizados, documentados y distribuidos electrónicamente para ayudar en otros proyectos.	Se realizan prototipos físicos a petición del equipo multidisciplinar para analizar las interacciones de los distintos elementos.
COLABORATIVO	Las modificaciones y revisiones se transmiten automáticamente a los departamentos afectados. Se dispone de buscadores interactivos de datos del producto.	Los informes sobre problemas, los requisitos y el registro de acciones de mejora se almacenan en una base de datos para la ayuda a la toma de decisiones y se utilizan como indicadores para alcanzar la satisfacción del cliente.	Se utilizan herramientas de simulación y modelización para la planificación y mejora del diseño de producto y de sus procesos relacionados.	Se realiza el modelado virtual (<i>digital mockup</i>) por parte del equipo multidisciplinar para analizar las interacciones de los distintos elementos.
EMPRESA	Las modificaciones y revisiones son comunicadas automáticamente a todos los departamentos de la empresa. Existe un sistema de apoyo a la toma de decisiones para cada individuo.	Las directrices de acciones, los informes sobre problemas, los requisitos de mejora de valor y otros factores se analizan para mejorar continuamente el proceso de desarrollo de producto de la empresa.	Diseño de producto, procesos de desarrollo, requisitos y herramientas están analizadas concurrentemente y mejoradas continuamente como parte de la estrategia de optimización general de la empresa.	Se realizan prototipos virtuales en los distintos equipos que a su vez se transmiten a clientes y suministradores.
GLOBAL	La información adecuada es transparente y fácilmente accesible para los clientes y/o suministradores.	Los clientes y/o suministradores son dinámicamente informados de los cambios diseño que les pueden afectar directa o indirectamente.	Se utiliza un programa de cualificación de los suministradores para seleccionar los más adecuados en la adquisición de piezas o bienes de equipo.	Los clientes y/o suministradores participan activamente y disponen de los modelos virtuales del producto para su evaluación.

MATRIZ DE ESTADO DESEADO		
INTEGRACIÓN		
	Integración de Equipos	Punto de Vista del Suministrador
PROYECTO	Los individuos tienen una perspectiva aislada de su tarea y de su disciplina. Existe una pequeña interacción entre ingenieros u otras disciplinas.	Los suministradores realizan aportaciones y trabajan con ciertos departamentos de forma aislada y puntual.
PROGRAMA	Existen equipos unidisciplinarios con cierta perspectiva de trabajo en equipo. El entorno informatizado de desarrollo de producto está integrado para todas las disciplinas.	Un equipo multidisciplinario realiza sesiones de trabajo con suministradores de materias primas y maquinaria.
COLABORATIVO	Existen equipos multidisciplinarios orientados al trabajo por proyectos. Los miembros del equipo reciben formación para entenderse con otras disciplinas.	El equipo multidisciplinario realiza sesiones de trabajo con diferentes suministradores del todo el proceso para mejorar el producto desde el punto de vista de fabricación.
EMPRESA	Equipos multidisciplinarios representativos de toda la empresa desarrollan el trabajo por proyectos. Existe una cultura de compartir datos.	Los equipos multidisciplinarios de la empresa realizan sesiones de trabajo con sus suministradores principales.
GLOBAL	Existen equipos multidisciplinarios a escala corporativa que integra a todas las empresas de la cadena de valor desde las primeras etapas del proceso de desarrollo.	Los suministradores participan activamente y de forma constante en el proceso de desarrollo de producto en todas las áreas de la empresa y con las diferentes empresas de la cadena de valor.

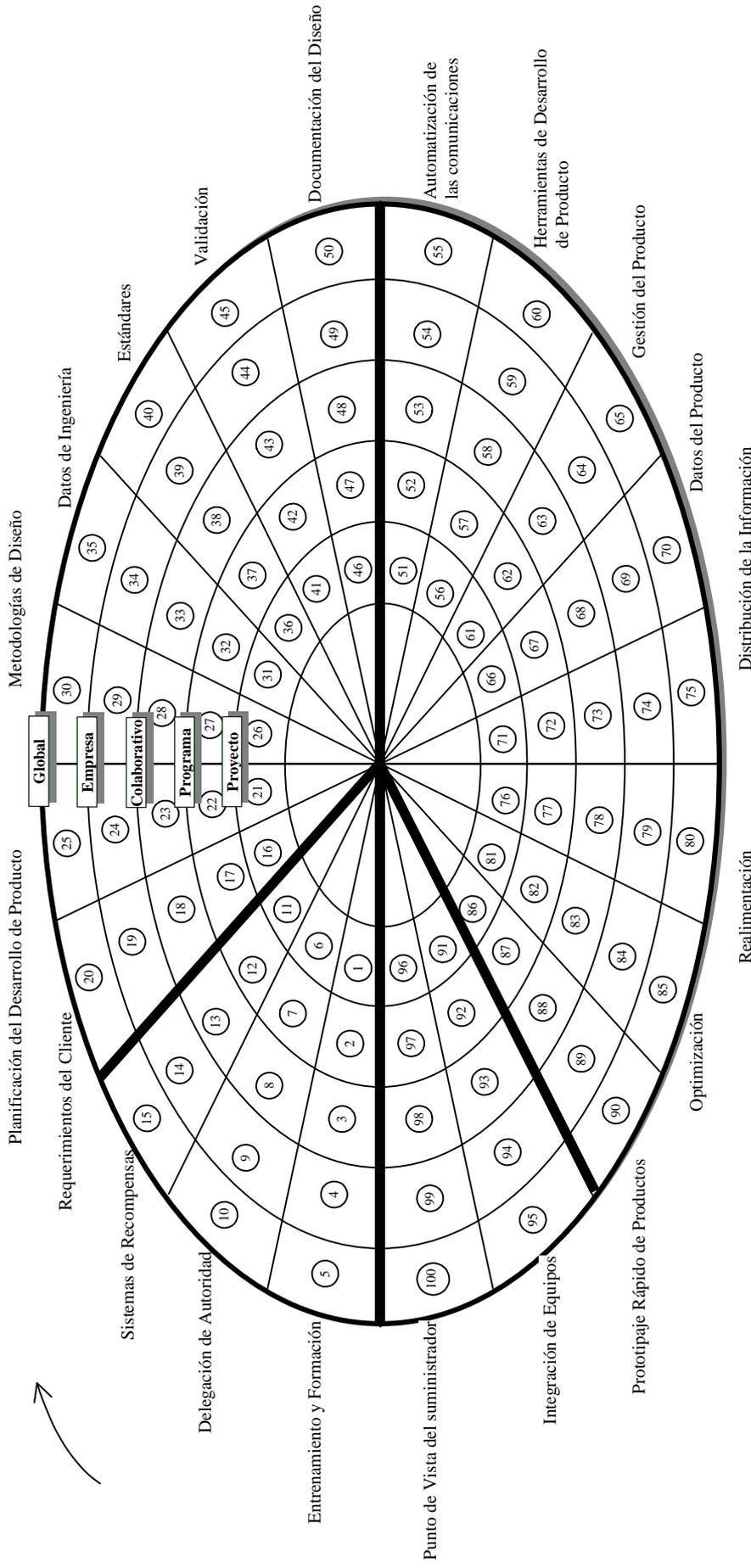
Anexo IV

Diagrama de Cambio

página en blanco

RECURSOS HUMANOS

PROCESOS



INTEGRACIÓN

TECNOLOGÍA

página en blanco

Anexo V

Directrices de Innovación

página en blanco

Directrices de Innovación

Empresa

Dirección

Teléfono

Fax

Sector

Producto

Departamento

Fecha

página en blanco

Directrices de Innovación

DIRECTRICES DE INNOVACIÓN						
Factor Clave	Prioridad	Estado actual	Estado deseado	Acciones	Completado	Comentarios
Entrenamiento y Formación						
Delegación de Autoridad						
Sistemas de Recompensas						
Requerimientos del Cliente						
Planificación del Desarrollo de Producto						
Metodologías de Diseño						
Datos de Ingeniería						
Estándares						
Validación						
Documentación del Diseño						
Automatización de las Comunicaciones						
Herramientas para Desarrollo de Producto						
Gestión del Producto						
Datos del Producto.						
Distribución de la Información						
Realimentación						
Optimización						
Prototipaje Rápido de Producto						
Integración de Equipos						
Punto de Vista del Suministrador						

Anexo VI

Modelos de Informes

página en blanco

Informe I_1

Identificación de las Necesidades de Cambio

Empresa

Sector

Dirección

Teléfono

Fax

Unidad de Negocio

Productos

Fecha

Informe I_1	
Unidad de Negocio	
<i>Proceso</i>	
Misión	
Visión	
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2. 3. 4. 5.
Indicadores Estratégicos	(Enumerar)

Anexos

Ia. *Cuestionario de Evaluación General de la Unidad de Negocio*

Ib. *Resultados de Indicadores Estratégicos*

Ic. *Análisis D.A.F.O. del Proceso*

Informe I_2

Entendimiento del Proceso

Empresa

Sector

Dirección

Teléfono

Fax

Unidad de Negocio

Proceso

Fecha

Informe I_2	
Unidad de Negocio	
Proceso	
Misión	
Visión	
Objetivos	

Anexos

- IIa. *Modelo del Proceso* (IDEF0 o Diagrama de Flujo)
- IIb. *Cuestionarios de Evaluación de la Situación Actual* (Anexo II)
- IIc. *Cuestionarios de Evaluación del Estado Deseado* (Anexo III)
- IId. *Diagrama de Cambio* (Anexo IV)
- IIe. *Directrices de Innovación* (Anexo V)

Situación Actual/Estado Deseado						
Factor Clave	Cuestionario 1	Cuestionario 2	Cuestionario 3	Cuestionario 4	Cuestionario 5	Nivel de Madurez
Recursos Humanos						
Entrenamiento y Formación						
Delegación de Autoridad						
Sistemas de Recompensas						
Procesos						
Requerimientos del Cliente						
Planificación del Desarrollo de Producto						
Metodologías de Diseño						
Datos de Ingeniería						
Estándares						
Validación						
Documentación del Diseño						
Tecnología						
Automatización de las Comunicaciones						
Herramientas para Desarrollo de Producto						
Gestión del Producto						
Datos del Producto.						
Distribución de la Información						
Realimentación						
Optimización						
Prototipaje Rápido de Producto						
Integración						
Integración de Equipos						
Punto de Vista del Suministrador						

Niveles de Madurez

- 1 *Programa*
- 2 *Proyecto*
- 3 *Colaborativo*
- 4 *Empresa*
- 5 *Global*

Informe I_3

Rediseño del Proceso

Empresa

Sector

Dirección

Teléfono

Fax

Unidad de Negocio

Proceso

Fecha

Informe I_3	
Unidad de Negocio	
Proceso	
Metodologías	(Lista de posibles Metodologías aplicables al Proceso)
Herramientas	(Lista de posibles Herramientas aplicables al Proceso)
Barreras	(Relación de posibles barreras Técnicas y Organizativas)
Indicadores	(Sistema de Indicadores para controlar el Proceso)

Anexos

IIIa. Nuevo Modelo del Proceso

IIIb. Planificación General del Proyecto Piloto

Modelos de Informes

Indicador	Descripción	Metodología	Unidades	Preferencias	Responsable
Primarios					
Tiempo Total de Desarrollo del Producto	Tiempo desde el inicio del proyecto hasta la producción a gran escala.	Registros, Calendario, Horas en personal	Tiempo	Mínimo	
Coste del Ciclo de Vida del producto	Costes atribuidos al producto incurridos en su proceso de desarrollo, fabricación y retirada.	Valoraciones y estimaciones	Monetaria	Mínimo	
Calidad del Producto	Medida de la calidad global del producto desde distintas perspectivas (Diseño Fabricación logística).	Cuestionarios, Análisis, Pruebas.	Variable	Variable	
Secundarios					
Tiempo Dedicado por Fase	Tiempo dedicado en una fase de proceso de desarrollo de producto.	Programación temporal	Tiempo	Corregir las desviaciones respecto de lo esperado	
Coste Incurrido por Fase	Costes atribuidos a cada fase en el proceso de desarrollo.	Registros	Monetaria	Corregir las desviaciones respecto de lo esperado	
Indice de Satisfacción del Cliente	Medida sobre las prestaciones del producto así como del nivel de satisfacción del servicio posventa.	Cuestionario	Grado de Satisfacción	Máximo	
Inductores de Actuación					
Número de Ordenes de Cambios de Ingeniería	Cambios que se producen debidos a errores en el diseño durante el proceso de desarrollo.	Registro de cambios	Número de cambios	Mínimo	
Indice de utilización de herramientas	Estimación de herramientas utilizadas en el proceso.	Observación	Ninguna	Máximo posible	
Indice de Concurrencia	Número de actividades involucradas en el proceso que trabajan simultáneamente.	Ratio	Ninguna	Máximo posible	
Prestaciones de los sistemas de Información	Tiempo para acceder y recuperar información.	Observación y Registros de los miembros del equipo	Tiempo	Mínimo	

(Ejemplo de Sistema de Indicadores)

Informe I_4

Desarrollo del Proyecto Piloto

Empresa

Sector

Unidad de Negocio

Productos

Dirección

Teléfono

Fax

Fecha

Informe I_4	
Unidad de Negocio	
Proceso	
Equipo de Ingeniería Concurrente	(Lista de miembros del Equipo para el Proyecto Piloto y para el Proceso seleccionado)
Metodologías	(Lista de Metodologías seleccionadas para el Proyecto Piloto)
Herramientas	(Lista de Herramientas seleccionadas para el Proyecto Piloto)
Plan de Formación	(Plan de cursos de formación para las Metodologías y Herramientas seleccionadas)
Indicadores	(Sistema de Indicadores seleccionados para controlar el Proceso durante el Proyecto Piloto)

Anexos

IVa. Planificación Detallada del Proyecto Piloto

IVb. Resultados y Análisis del Proyecto Piloto

Informe I_5

Transformación de la Empresa

Empresa

Sector

Unidad de Negocio

Productos

Dirección

Teléfono

Fax

Fecha

Informe I_5	
Unidad de Negocio	
<i>Proceso</i>	
Proyecto Piloto	(Promoción de los Resultados del Proyecto Piloto)
Planes Globales	(Formulación de Planes de Implantación Globales a partir de la experiencia del Proyecto Piloto)
Infraestructuras	(Determinación de Carencias y necesidades en Infraestructuras para apoyar la transformación)
Cultura	(Definición de Planes de Formación)

Anexos

Va. *Plan Global de Implantación*

Va. *Plan de Inversiones*

Va. *Plan de Formación*

