

Universidad Politécnica de Valencia



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Máster en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador (CAD-CAM-CIM)

TESINA DE MÁSTER

**“DEFINICIÓN DE UNA MEJOR PRÁCTICA DE MODELADO DIGITAL DE PRODUCTO PARA
SIMULACIÓN CAM”**

Modelo IDEF y Conceptualización



Alumno: Gerardo Alducin Quintero Mármol

Tutor: Dr. Manuel Contero González

Valencia. Diciembre de 2008

Agradecimientos

"New technological knowledge creates new ignorance."

Joseph F. Coates

"¿Por qué repetir los errores pasados, habiendo tantos errores nuevos por cometer?"

Bertrand Rousell

"No es que no nos atrevemos porque las cosas son difíciles; sino, que ellas son difíciles, porque no nos atrevemos."

Seneca

"Un hombre con una idea nueva es un loco... hasta que la idea triunfa."

Mark Twain

Contenido

AGRADECIMIENTOS	I
CONTENIDO	II
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
RESUMEN	4
ESTADO DEL ARTE	5
CAPÍTULO I	
EL PROTIPO DIGITAL Y EL DESARROLLO VIRTUAL DE NUEVOS PRODUCTOS EN LA FÁBRICA DIGITAL	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. EL PROCESO DE DESARROLLO DIGITAL DE NUEVOS PRODUCTOS EN LA FÁBRICA VIRTUAL	10
3. PRINCIPALES CONCEPTOS DENTRO DE LA FÁBRICA VIRTUAL.....	10
4. MODELO DE DATOS DEL PRODUCTO	19
4.1 TIPOS DE DATOS	19
4.2 VISTAS PRIMARIAS Y VISTAS SECUNDARIAS	20
4.3 USO DE LA VISTA PRIMARIA EN LAS ACTIVIDADES EN EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO	20
4.4 ASOCIATIVIDAD.....	21
4.5 MODELO MAESTRO (MASTER MODEL) (19).....	21
CAPÍTULO II	
GESTIÓN DE LAS MEJORES PRÁCTICAS COMO MEDIO PARA ADMINISTRAR EL CONOCIMIENTO EN UNA ORGANIZACIÓN MANUFACTURERA DIGITAL	23
1. INTRODUCCIÓN	24
2. EL CONTEXTO DE LAS MEJORES PRACTICAS EN LA INDUSTRIA.....	24
3. ¿QUÉ SON LAS MEJORES PRÁCTICAS?	24
4. BENEFICIOS DE LA GESTIÓN DE LAS MEJORES PRÁCTICAS	25
5. IMPORTANCIA DE LA ADMINISTRACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DIGITAL	26
5.1 EL CONOCIMIENTO Y EL MODELADO DIGITAL DE PRODUCTOS PARA SIMULACIÓN CAM	26
5.2 EL IMPACTO DE LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA EMPRESA MANUFACTURERA DIGITAL	27
6. CASOS DE ADMINISTRACIÓN DE CONOCIMIENTO/MEJORES PRÁCTICAS DE EMPRESAS MANUFACTURERAS.....	28
6.1 EL CASO XEROX.....	28
6.2 EL CASO HP	29

CAPÍTULO III

LA INTEROPERABILIDAD DE LOS SISTEMAS CAD-CAM Y LAS MEJORES PRÁCTICAS DE MODELADO CAD.....	31
1. INTRODUCCIÓN	32
2. LA INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS CAD-CAM	32
3. LA INTEROPERABILIDAD DE DATOS EN LOS SISTEMAS CAD-CAM (25)	33
4. SOLUCIONES PROPUESTAS PARA EL PROBLEMA DE INTEROPERABILIDAD DE DATOS EN EL PROCESO CAD-CAM.....	36
4.1 ESTANDARIZACIÓN A UN SOLO SISTEMA CAD	36
4.2 CONVERSIÓN PUNTO-A-PUNTO.....	37
4.3 CONVERSIÓN A FORMATO NEUTRAL	37
4.4 ESTANDARIZACIÓN DE MÉTODOS DE MODELADO	38
5. MEJORES PRÁCTICAS DE MODELADO CAD PARA SIMULACIÓN CAM.....	38
5.1 GUÍAS DE DISEÑO CAD ORIENTADO A FABRICACIÓN	39
5.2 METODOLOGÍA DE MODELADO DE LA EMPRESA DELPHI (27)	40
5.2.1 TÉCNICA DE MODELADO HORIZONTAL	41
5.2.2 TÉCNICA DE PROCESO DIGITAL DE DISEÑO	41

CAPÍTULO IV

MODELACIÓN DE PROCESOS: LA METODOLOGÍA IDEF0.....	43
1. INTRODUCCIÓN	44
2. MARCO HISTÓRICO	44
3. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA IDEF0.....	45
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE IDEF0	45
5. EL MÉTODO IDEF0: SINTAXIS BÁSICA.....	46
5.1 DIAGRAMA BÁSICO.....	46
5.2 RAMAS Y NUDOS	48
5.3 PROCESO DE LECTURA	49
5.4 LOS INCONVENIENTES DEL IDEF0.....	50

CAPÍTULO V

LA METODOLOGÍA DELPHI Y EL PROCESO DE VALIDACIÓN DE LOS CONCEPTOS Y MODELOS PROPUESTOS	51
1. INTRODUCCIÓN	52
2. BREVE HISTORIA DE LA METODOLOGÍA DELPHI.....	52
3. FILOSOFÍA DEL MÉTODO DELPHI: CONSTRUCCIÓN DE LA REALIDAD A TRAVÉS DEL MÉTODO DELPHI	53
4. EL MÉTODO DELPHI	53
4.1 DEFINICIÓN	53
4.2 ALGUNOS CRITERIOS PARA APLICAR EL MÉTODO DELPHI.....	54
4.3 PROCEDIMIENTO GENERAL.....	55
5. APLICACIONES DE LA TÉCNICA DELPHI.....	57
6. APLICANDO LA METODOLOGÍA DELPHI A LA INVESTIGACIÓN	59
7. JUSTIFICACIÓN DEL USO DE DELPHI EN LA TESINA	60

CAPÍTULO VI

RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN: DEFINICIÓN Y MODELO FUNCIONAL DE “LAS MEJORES PRÁCTICAS DE MODELADO DIGITAL DE PRODUCTOS PARA SIMULACIÓN CAM”	61
1. INTRODUCCIÓN	62
2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	62
3. LA DEFINICIÓN DE CONCEPTOS: CARACTERÍSTICAS DE UNA DEFINICIÓN	63
4. DEFINICIÓN GENERAL DE “MEJOR PRÁCTICA”(CONCEPTO GENERAL)	63
4.1 PERSPECTIVA LINGÜÍSTICA	63
4.2 PERSPECTIVA DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL	64
5. CARACTERÍSTICAS DE UNA “MEJOR PRACTICA DE MODELADO CAD EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS”	65
5. ALGUNOS CONCEPTOS DE MEJORES PRÁCTICAS EN EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS	65
5.1 PERSPECTIVA DEL MODELADO PARA SIMULACIÓN CAE	66
5.2 PERSPECTIVA DEL MODELADO DE COMPONENTES PLÁSTICOS	66
5.3 PERSPECTIVA DE LA ADMINISTRACIÓN DEL CONOCIMIENTO EN UN PROCESO DE DISEÑO	66
5.4 SÍNTESIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UNA MEJOR PRÁCTICA DE MODELADO	67
6. MODELOS FUNCIONALES	67
6.1 MODELO IDEF0 PARA “MEJOR PRÁCTICA” COMO PROCESO GENÉRICO	67
6.2 MODELO IDEF0 PARA “MEJOR PRÁCTICA DE MODELADO CAD PARA SIMULACIÓN CAM”	70
7. DEFINICIONES INICIALES PROPUESTAS	75
7.1 CONCEPTO GENERAL DE “MEJOR PRÁCTICA”	75
7.2 CONCEPTO GENERAL DE “MEJOR PRÁCTICA DE MODELADO DIGITAL DE PRODUCTOS PARA SIMULACIÓN CAM”	76

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL PROCESO DE VALIDACIÓN DE LA DEFINICIÓN	79
1. INTRODUCCIÓN	80
2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DELPHI	80
2.1 ELECCIÓN DE LA TÉCNICA	80
2.2 ELECCIÓN DEL LOS EXPERTOS	80
2.3 DOCUMENTO INTRODUCTORIO	81
2.4 DISEÑO DE LA ENCUESTA	81
2.5 ROUNDS DESARROLLADOS	82
2.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS	82
3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PRIMERA RONDA	83
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	83
3.2 ESTADÍSTICAS DE LAS DEFINICIONES	83
3.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA RONDA 1	87
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO SEGUNDA RONDA	88

CONCLUSIONES	89
REFERENCIAS.....	95
LISTA DE FIGURAS, GRÁFICAS Y TABLAS	101
ÁPENDICES	105
APÉNDICE A	
DEFINICIONES ENCONTRADAS	106
APÉNDICE B	
CUESTIONARIO DE LA ENCUESTA DELPHI	108
APÉNDICE C	
RESPUESTAS DE LOS EXPERTOS DEL PRIMER ROUND DE LA ENCUESTA DELPHI	126
APÉNDICE D	
SISTEMA DE AYUDA DELPHI	135

INTRODUCCIÓN

Introducción

En la actualidad, las industrias que se manifiestan como innovadoras y que desean mantenerse competitivas en un entorno económico globalizado deberán administrar de manera eficiente su llamado “Know-How” o “Saber-Como” de sus procesos de negocio internos. Este “Saber-Como” está relacionado con la forma más eficiente y efectiva para desarrollar una tarea específica, basándose en procesos repetitivos y en la experiencia de un gran número de personas que realizan dicha actividad.

En otras palabras, se está hablando de lo que dentro de las organizaciones se denomina Mejores Prácticas que deben ser gestionadas de alguna forma en aras de mantener la competitividad empresarial. Esta gestión deberá enfocarse en la recolección y transferencia de las Mejores Prácticas. Esta acción deberá llevarse a cabo con el objetivo de integrar y transferir el conocimiento contenidas en dichas formas de trabajo a través de toda la organización.

En la actualidad es común que las empresas administren sus Mejores Prácticas dentro los departamentos de Ventas, Mercadotecnia, Procesos de Gestión, Logística, Atención al Cliente, Cadena de Suministro, entre otras. Sin embargo han recibido menos atención otros procesos importantes para una empresa orientada a la fabricación, como es el caso del Desarrollo de Nuevos Productos. Y es en este proceso en uno de los cuales se desarrolla en gran medida aprendizaje individual y colectivo, por lo que es imprescindible contar con un sistema que administre todo este conocimiento.

Por tanto, es en esta necesidad que se justifica la creación de un sistema Gestor de Mejores Practicas en el Desarrollo de Nuevos Productos. Pero para lograr dicho objetivo es preciso llevar a cabo un exhaustivo análisis de lo que ocurre dentro de estas llamadas Mejores Practicas en la creación de productos, que conduzca a definir completamente lo que significa una Mejor Practica bajo este contexto. Es este análisis el que será presentado dentro del contenido de esta Tesina como trabajo final para lograr obtener el grado de Máster en Diseño y Fabricación Asistida por Computador.

El trabajo que será presentado esta basado en el análisis que se ha hecho al problema de interoperabilidad entres los sistemas CAD y CAM dentro del desarrollo de nuevos productos. Que una de las posibles soluciones a dicha problemática es la estandarización de métodos de construcción geométrica 3D de modelos de productos, orientados para que sean simulados sus procesos de fabricación en sistemas CAM. Es decir se presentará el análisis que permita establecer las Mejores Prácticas de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM.

Objetivos

Objetivo General

Definir y describir el proceso para establecer una “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM” logrando establecer un dominio conceptual.

Objetivos Específicos

1. Definir el concepto de una “Mejor Práctica” de “Modelado Digital de Productos para Simulación CAM”
2. Establecer las características principales de este tipo de prácticas.
3. Desarrollar el modelo funcional que describa el proceso para establecer una “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM” dentro de una empresa manufacturera.
4. Validar metodológicamente los conceptos y modelos propuestos.

Resumen

El desarrollo de este trabajo se presenta en siete capítulos, el primero de los cuales describe el contexto de desarrollo nuevos productos dentro de un ambiente virtual o digital concentrándose en los procesos en los que interviene el uso de algún tipo de herramientas CAx. En el segundo capítulo se presenta un análisis de la importancia que tiene el proceso de gestionar las llamadas mejores prácticas dentro de una organización orientada a la fabricación y al desarrollo de nuevos productos. El tercer capítulo describe el proceso de interoperabilidad entre los sistemas CAD y CAM y la problemática del intercambio de datos entre estos sistemas. También incluye un razonamiento de la importancia de gestionar los mejores procedimientos para disminuir el impacto de dichas problemáticas en el tiempo de desarrollo de un producto. El cuarto capítulo describe la Metodología IDEF que fue utilizado para plantear un modelo descriptivo para la identificación de las Mejores Prácticas. El quinto capítulo explica el uso de la metodología Delphi para la validación de los conceptos y modelos propuestos, y las razones que llevaron a la utilización de dicha técnica. El sexto capítulo describe el proceso de cómo se llegó metodológicamente a las definiciones y modelos IDEF propuestos en referencia a las Mejores Prácticas dentro de un contexto de diseño digital de productos. El séptimo capítulo muestra los resultados obtenidos de aplicar la metodología Delphi para validar las ideas propuestas a los expertos consultados.

Estado del Arte

Esta sección muestra el Estado del Arte de los principales tópicos de los que se hace referencia dentro de la tesina. Por un lado se hace referencia a las Mejores Prácticas dentro de un ambiente de negocio y las investigaciones que se han realizado al respecto. La otra temática revisada es la que tiene que ver con la administración del conocimiento en procesos de diseño. Este último tema es analizado, ya que el objetivo a largo plazo de la investigación es la creación de un sistema gestor de conocimiento orientado a diseño de productos.

El desarrollo Digital de Productos es una actividad industrial compleja ya que en esencia es una actividad que requiere aplicar una gran variedad de conocimiento, y además implica el trabajo colaborativo de las personas en ella. Esto ha generado una gran necesidad para crear estructuras informáticas que permitan compartir el conocimiento organizacional dentro de este ambiente de trabajo (3). De hecho, existen diversos esfuerzos para crear las denominadas “Bases de Conocimiento de Ingeniería”, es decir sistemas que gestión la experiencia aprendida en un entornos de ingeniería, a través de un sistema computacional pero específicamente para gestionar procesos tales como el procedimiento de diseño de productos en ingeniería. Específicamente, hay varias de estas iniciativas orientadas a la creación de este tipo de sistemas para gestionar procesos de diseño en ingeniería enfocados en herramientas de la Web 3.0 tales como las ontologías, los “wikis”, entre otras.

Una de las más importantes iniciativas es la del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos. El proyecto de este instituto es denominado Repositorio de Diseño (DR en inglés) el cual comenzó en 1998. Este llamado Repositorio de Diseño se define como: *El DR es una base de conocimiento inteligente que facilita la representación, captura, distribución y reutilización del conocimiento adquirido sobre diseño que lleva a cabo una organización* (4).

Sistemas como el Repositorio de Diseño tratan de combinar la administración del conocimiento con el diseño automatizado. Este tipo de dispositivos gestionan elementos tales como las mejores prácticas, lecciones aprendidas, prácticas comunes, reglas de diseño y finalmente medidas de calidad (4). En la última reunión del grupo de investigación del Repositorio de Diseño, una parte tanto de las conclusiones como de los nuevos objetivos se resumen en las siguientes ideas: *La representación y captura de la información es un proceso difícil de conseguir, por lo que uno de los nuevos objetivos es determinar la mejor forma capturar los flujos de trabajo dentro de los procesos de negocio y fabricación, a través del desarrollo de herramientas de software que ayuden a la automatización del proceso de captura* (5).

Desde el punto de vista de la Administración de Negocios, un repositorio de las Mejores Prácticas es una forma de almacenar experiencia proveniente de diferentes procesos cognitivos. La mayoría de estos gestores de conocimiento están orientado a procesos administrativos estándar dentro de las organizaciones cualquiera que sea su orientación. Adicionalmente las Mejores Prácticas son catalogadas por la mayoría de las organizaciones, como procesos clave confidenciales, lo que las hace inaccesibles para estudios académicos como el presente (6).

Las bases de conocimiento son herramientas cada vez más comunes, y su efectividad depende de los conceptos definidos en ellas, y si han sido correctamente definidas las relaciones entre ellos mismos. Tareas tales como la extracción e integración de nuevo conocimiento a una Base de Conocimiento existente son tareas que pueden convertirse en comunes a través del uso de tecnologías de la Web Semántica, que no requieren de usuarios experimentados para realizar las tareas arriba mencionadas. Algunas de estas nuevas tecnologías son los sistemas llamados Ontowiki e Ikewiki que son sistemas que permiten que un usuario pueda definir conceptos cuando le sea requerido (7).

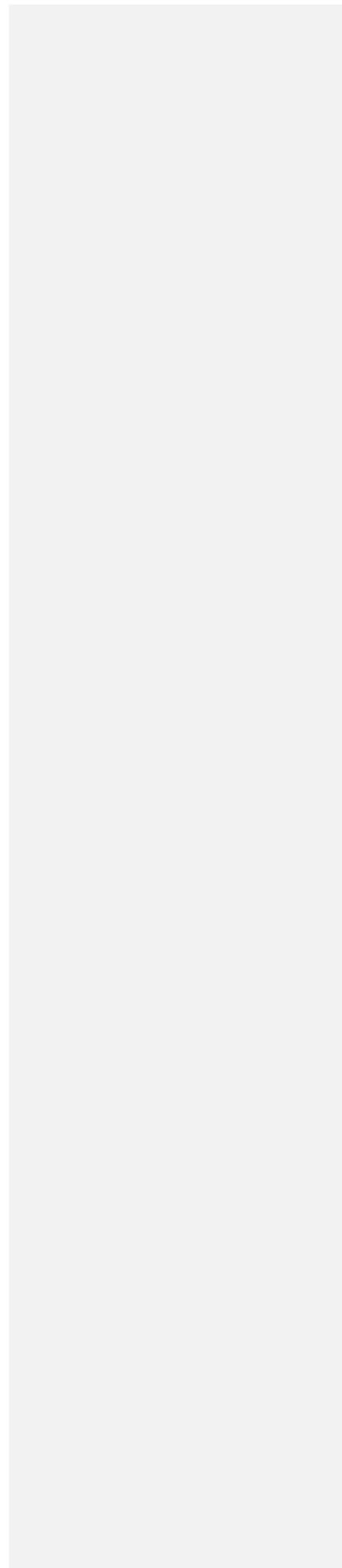
Sistemas como los mencionados en el párrafo anterior, Ontowiki e Ikewiki, son sistemas que combinan el sistema tradicional wiki¹ y con el uso de ontologías para la creación de una base de conocimiento, lo que las potencializa para ser utilizadas en diferentes áreas de aplicación (8). Una de las posibles aplicaciones es en la generación de un sistema de administración del conocimiento en el campo del diseño de ingeniería.

Existen varias iniciativas académicas en las que se propone el uso de la Tecnología Wiki, como una herramienta auxiliar dentro del Proceso de Desarrollo de Productos y como instrumento de soporte del trabajo colaborativo entre los involucrados en el ciclo de desarrollo antes mencionado. Una de estas iniciativas es el modelo KaLeP (Karlsruhe Education Model for Product Development) de la universidad alemana de Karlsruhe. Que establece que los Wikis son herramientas que pueden ser utilizadas para administrar el conocimiento durante el proceso de desarrollo de un producto. Pero hace la observación que esta tecnología por sí sola no resuelve todos los procesos inherentes a la administración del conocimiento (9). Pero es importante en base a las conclusiones de este trabajo es, que la herramienta fue muy útil en el proceso de documentación en el proceso de diseño del producto. Existe una iniciativa similar en la universidad alemana de Otto-von-Guericke, en la que se desarrolló un curso a nivel de ingeniería que denominaron curso Integrado de Desarrollo del Producto que implicó el uso de los sistemas Wikis. Este trabajo presenta un sistema en el que emplea un elemento gestor de la Semántica para la gestión del conocimiento (10). Ambas iniciativas se han desarrollado dentro de ámbitos educativos.

Existe otro trabajo desarrollado por Neelamkavil y Kernahan, que describe la estructura de un sistema que permite la gestión y reutilización del conocimiento durante el proceso de diseño de un producto. Es interesante este trabajo desarrollado en el Instituto de Tecnologías Integradas de Manufactura, ya que los autores basan sus ideas en la experiencia adquirida en la industria manejando sistemas informáticos en la administración de procesos de fabricación. El sistema descrito se basa en la gestión de dos tipos de conocimiento: el relacionado con el producto y el relacionado con el proceso de fabricación. Los procesos en los que se encuentra enfocado el sistema propuesto para la extracción de conocimiento son: métodos de fabricación, principios de ingeniería, mejores prácticas de la empresa, entre otros (11). Pero no hace referencia a la utilización de sistemas Wiki para el desarrollo de la base de conocimiento propuesta.

Por lo descrito en esta sección se puede afirmar que la utilización de sistemas para la administración del conocimiento en el proceso de Desarrollo de Nuevos

Productos, son sistemas que tienen algunos años de utilizarse y de estar bajo investigación. Ahora bien, los sistemas Wikis de reciente aparición como herramienta tecnológica para compartir conocimiento, aún se considera esta en una fase de investigación para aplicarse formalmente en los centros de ingeniería de las empresas. Por tanto se considera que la investigación futura estará enfocada a como coleccionar y compartir experiencia entre ingenieros de diseño, pero aún hace falta hacer una mayor exploración para establecer un estado del arte definitivo respecto a esta temática.



Capítulo I
EL PROTIPO DIGITAL
Y EL DESARROLLO VIRTUAL DE
NUEVOS PRODUCTOS
EN LA FÁBRICA DIGITAL

Capítulo I:**EL PROTIPO DIGITAL Y EL DESARROLLO VIRTUAL DE NUEVOS PRODUCTOS EN LA FÁBRICA DIGITAL****1. Introducción**

Las palabras Prototipo Virtual o Prototipo Digital, o incluso Maqueta Digital, son términos que en la actualidad se manejan como sinónimos, y que refieren a la representación tridimensional de un objeto en un entorno computacional virtual. Este prototipo digital original, que generalmente es conocido como Modelo Maestro, es la base para desarrollar otras etapas subsecuentes dentro del ciclo de desarrollo de un producto. Las fases de análisis y pruebas, así como el diseño y planeación de los procesos de fabricación, son de las etapas de mayor importancia por las repercusiones que tienen las decisiones de diseño que en ellas se toman y que repercuten en los costes de producción de los productos. Todas estas etapas son soportadas por herramientas de software CAx en conjunto con los sistemas administradores de datos PDM/PLM, lo que ha llevado al concepto del Desarrollo Digital de Productos. El uso de toda esta tecnología también ha permitido la aparición del concepto de Fábrica Digital o Virtual. Este capítulo muestra los conceptos que serán el entorno en el que se desarrolla el trabajo que se presenta en esta Tesina.

2. El Proceso de Desarrollo Digital de Nuevos Productos en la Fábrica Virtual

En la actualidad uno de los procesos más importantes en una empresa de fabricación, es el Proceso de Desarrollo de Nuevos Productos, porque es en éste donde se definen la mayor parte de los aspectos técnicos de la funcionalidad de un producto, así como lo relacionado a los procesos de manufactura inherentes al mismo. La importancia de todas estas definiciones técnicas es debida al impacto que tienen en el coste final de lo que se pretende fabricar.

En nuestros días, la mayoría de los procesos de Desarrollo de Nuevos Productos se llevan a cabo dentro de ambientes virtuales, que ha dado pie a la aparición de lo que se denomina “Fábrica Digital”. Este concepto es un nuevo término utilizado para describir el empleo de la Tecnología Virtual aplicado a la Ingeniería de Diseño para la creación e innovación de nuevos productos (1).

Este proceso virtual o digital de desarrollo de productos comienza con la creación de un modelo 3D CAD de un producto, para posteriormente realizar una etapa de análisis por medio de un software CAE que reduce la necesidad de realizar muchas pruebas físicas. Aprobado un producto en la etapa anterior, entonces se comienza el diseño y planeación del proceso de fabricación que se soporta con el uso de sistemas CAM y otras aplicaciones de manufactura digital. Es bajo este contexto de uso de herramientas tecnológicas CAx que se hará referencia al concepto de “Fábrica Digital o Virtual” dentro de este documento.

3. Principales Conceptos dentro de la Fábrica Virtual

A continuación se presentan una serie de conceptos relacionados con el entorno de una Fábrica Digital.

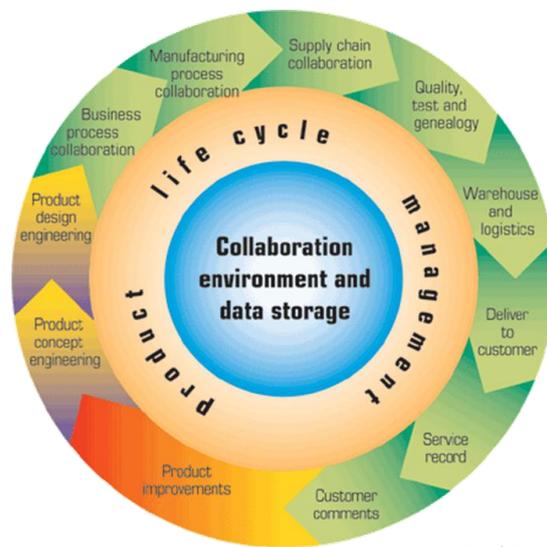
3.1 Sistemas PDM/PLM

Hay dos tipos de herramientas de software que generalmente son utilizadas para gestionar el ciclo de desarrollo de un producto, uno de ellos está orientado a la administración de los datos del producto en cualquier etapa del ciclo de vida, y el otro sistema está orientado a organizar la información para garantizar la concurrencia de las actividades.

Por motivos de simplicidad hablaremos de una sola herramienta tecnológica que incluya ambos sistemas. El sistema PDM/PLM, que básicamente está enfocado a la administración eficiente de los datos generados durante el ciclo de vida del producto. PDM o "Product Data Management" es una base de datos relacional cuya función principal es la de almacenar la información relacionada con el producto. Y PLM o "Product Life Cycle Management", que aunque a este término se le suele definir más como una estrategia de negocio que como una herramienta tecnológica en concreto, se le relaciona con un gestor de información que permite que los procesos concurrentes sucedan correctamente, y que generalmente se le vincula con una interface de software que permite el flujo de información y la comunicación entre los equipos de trabajo de las diferentes fases de desarrollo de un producto.

Un resumen de las características de un sistema PDM/PLM es:

- a. Permite monitorear el estatus del proceso de desarrollo de un producto (PDM)
- b. Posee un portafolio de herramientas que da soporte a la creación, la administración y la toma de decisiones
- c. Admite la asignación de recursos y el monitoreo de su uso
- d. Permite acceso de la información relacionada con el producto de forma estructurada y no estructurada, para analizarla y comunicarla a los miembros de la organización. Esta información puede ser adecuada al perfil del usuario de la misma.
- e. Hace que la información del producto sea accesible a otros sistemas administrativos de la empresa (ERP, MRP, Marketing, etc.).
- f. Captura, comunica y analiza las métricas establecidas para medir el desempeño del producto, relacionado con su calidad, su funcionalidad y mantenimiento. Lo que permite generar informes para retroalimentar a todas las fases de desarrollo del producto.



Source: MES Solutions, Inc.

Fig. 1 Ciclo de Vida del Producto

3.2 Herramientas CAx

El otro tipo de herramientas, son las conocidas como CAx, que son todas aquellas actividades que son asistidas por un programa de ordenador. Por ejemplo: los sistemas CAD (Diseño Asistido por Ordenador) que permite crear una representación tridimensional de lo que se pretende fabricar; también están las herramientas CAE que son las que permiten analizar un modelo 3D de un producto mediante una metodología como puede ser la de Elementos Finitos; otra de las herramientas CAx, es el CAM o manufactura asistida por ordenador que permite planear los procesos de fabricación relacionados al producto que se pretende fabricar. Las definiciones que a continuación se presentan están basadas en las referencias (12) y (13).

Lo que hace que la digitalización de la representación de un producto así como la de sus procesos de fabricación, permitan tener la capacidad para simular el proceso completo de desarrollo, cuyo impacto principal es la reducir los costes de ciclo de diseño y la detección temprana de potenciales fallas. Ambas consecuencias repercuten directamente el coste final del producto.

A continuación se da una mayor descripción de lo que significa las principales herramientas CAx:

3.2.1 Diseño Asistido por Computador: CAD

Podemos afirmar que el CAD, en términos generales, es el uso de la tecnología computacional enfocada a ayudar a un diseñador (ingeniero, arquitecto, etc.) en la creación, modificación, análisis y optimización de un diseño y las actividades relacionadas a este proceso. El objetivo principal del CAD es definir la geometría de un proyecto creativo para poder ser visualizada, es decir que se pasa de un proceso mental a una visualización digital de la idea.

Una definición más formal es la de que el CAD se refiere a la descripción computacional matemática de la representación física de un producto. Este sistema de descripción matemática se base en un sistema computacional gráfico en el que se puede visualizar la representación de un objeto, en un espacio virtual bidimensional o tridimensional.

Una de las ventajas de un sistema CAD es que nos permite la posibilidad de poder visualizar un objeto en una diversidad de formas. Estas opciones de visualización se pueden dividir en dos grupos:

- a) Representaciones Estáticas (representación de alambre o "wireframe", rendereado, y fotorealista).- Generalmente son representaciones bidimensionales o tridimensionales de una geometría que son utilizados generalmente para la visualización de planos o dibujos. El fotorealismos y rendereado están vinculados con la estética del objeto que se intenta utilizar por lo que estas representaciones son utilización para marketing.
- b) Representaciones Dinámicas.- Aquéllas que permiten visualización del objeto representado para observar su funcionamiento o para poder observarlo desde diversos ángulos. Ejemplos de esta representación son las animaciones de ensambles y los visualizadores interactivos (visualizadores VRLM, JT, etc.).

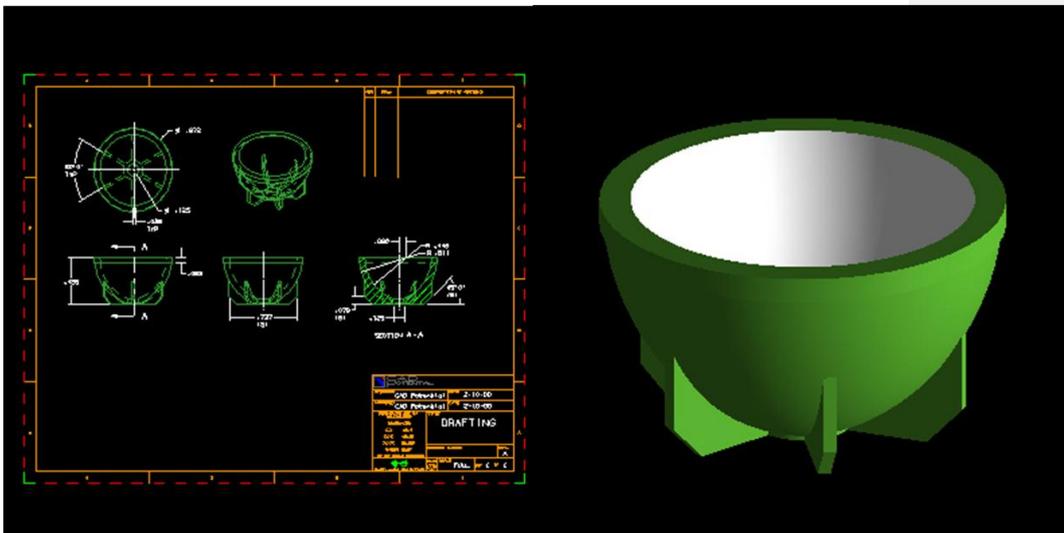


Fig. 2 Modelo CAD

3.2.2 Análisis de Ingeniería Asistida por Computador: CAE

Un sistema CAE, es una herramienta tecnológica que permite analizar una geometría 3D de un objeto, que permite a un diseñador simular y analizar el producto que se está diseñando, bajo el punto de vista particular. El objetivo de este análisis es que en base a los resultados obtenidos, se pueda lograr una optimización del producto. Las tres opciones de pruebas CAE principales son:

- a) Prueba de Cinemática.- Básicamente se revisan los movimientos y desplazamientos, así como las velocidades de los componentes de un sistema mecánico. Todo esto bajo restricciones de carga y la simulación de los materiales con los que se construiría el sistema mecánico.
- b) FEM.- Este es el método de análisis más extendido en desarrollo de nuevos productos. La utilización de esta tecnología es para ayudar a determinar las características de estrés, deformación, transferencia de calor, distribución del campo magnético y otras características de los materiales que serán empleados para fabricar un producto, que de otra forma sería muy difícil de determinar. El método básicamente consiste en dividir la estructura geométrica del objeto que se desea probar en elementos pequeños, que simplifica el procesamiento computacional matemático. En resumen este método permite evaluar la integridad estructural de un producto y el desempeño de la misma para lograr su optimización.
- c) Pruebas de Ensamblaje.- Básicamente este método refiere a la creación de ensamblajes virtuales de todos los componentes de un sistema, con el objetivo de detectar posibles interferencias geométricas entre ellos. La idea principal es lograr detectar posibles fallos de forma temprana y antes de planear cualquier proceso de fabricación, para determinar así todos los aspectos relacionados con las tolerancias (GD&T) de la piezas que se deberán fabricar.

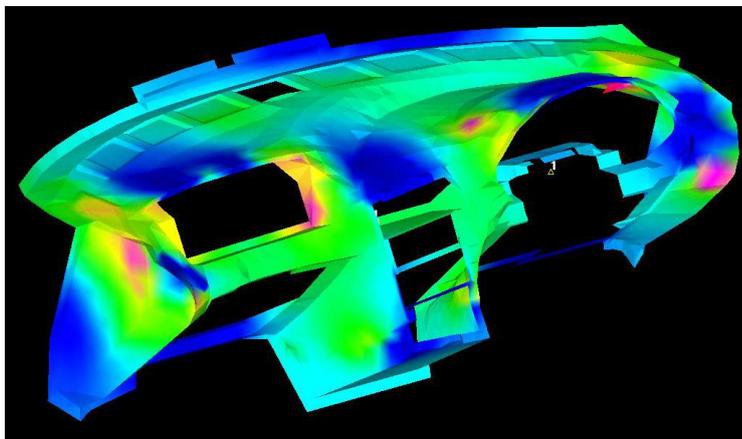


Fig. 3 Aplicación CAE

3.2.3 Manufactura Asistida por Ordenador: CAM

Un sistema CAM es la tecnología utilizada para planear, administrar y controlar operaciones de manufactura de forma directa o indirecta a través de una aplicación de software. Una de las tecnologías más utilizadas de CAM, es el que está relacionado con los procesos de fabricación que utilizan sistemas de Control Numérico por Computador (CNC).

Las actividades que están relacionadas a los sistemas CAM son: Planeación de Procesos (CAPP), CNC, Diseño de Inyección de Moldes, Validación a través de Máquinas de Coordenadas (CMM), Procesos de Inspección de Calidad, Procesos de Ensamble Automatizados, entre otros.

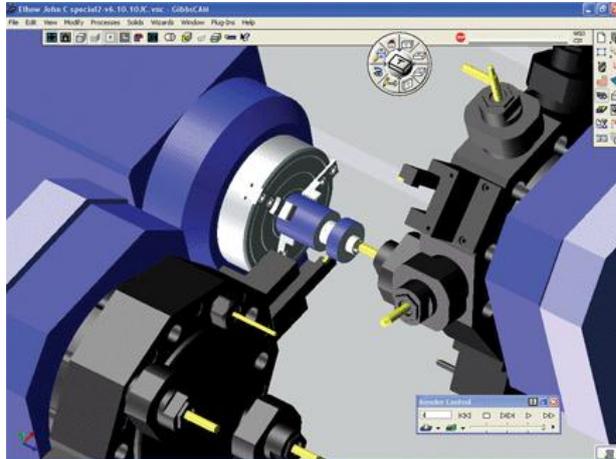


Fig. 4 Aplicación CAM

3.3 Ingeniería Concurrente e Ingeniería Colaborativa

Ingeniería Concurrente (IC)

Derivado del proceso tradicional de diseño de un producto, que en esencia era un procedimiento totalmente secuencial, lo que ocasionó que cada fase de desarrollo estuviera aislada. Esto hacía que cualquier cambio que pudiera efectuarse en un diseño, ocasionaría un gran coste en re-trabajo. Pero la mayor desventaja de este proceso de diseño radicaba en que si algún cambio ocurría en alguna de las fases finales, por ejemplo en la planeación de procesos de fabricación, dicha modificación era muy costosa. En consecuencia impactaba en el precio final del producto. De estas y otras desventajas, motivaron a la búsqueda de nuevas metodologías de trabajo más eficiente, y que por tanto dieron origen a la aparición de la Ingeniería Concurrente (IC).

La esencia de la IC radica en la idea de integrar a todos los equipos de trabajo de la estructura organizacional de la empresa, dentro del proceso de desarrollo del producto. Este concepto aparece a partir de una iniciativa de por parte de la "Defense Advanced Research Projects Agency" (DARPA). Lo que llevo a Winner y otros (14) : *La IC es una aproximación sistemática al diseño integrado y concurrente de los productos y sus procesos relacionados incluyendo fabricación y soporte técnico. Esta aproximación intenta considerar desde el principio todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde la concepción hasta el reciclaje, incluyendo calidad, coste, planeación y los requerimientos del usuario final*".

Ingeniería Colaborativa

El concepto de Ingeniería Colaborativa, surge a partir de la inclusión de los nuevos de "Empresa Extendida", "Empresa Virtual" y "Empresa Concurrente" que han aparecido durante los últimos años. Al mismo tiempo, esta idea de la Ingeniería Colaborativa incluye la integración de los proveedores y el uso de la Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) más avanzadas. Esto le

permite a cualquier organización desarrollar productos de manera exitosa. En base a lo anterior Graaf (15) propone la siguiente definición:

“La ingeniería colaborativa es una aproximación sistemática al control del coste del ciclo de vida, la calidad y tiempo de puesta en el mercado del producto durante el su ciclo de diseño, mediante el desarrollo concurrente del producto y sus procesos relacionados para dar respuesta a la expectativas del cliente y donde la toma de decisiones toma en cuenta todas las disciplinas del ciclo de vida, incluyendo a los proveedores y donde las tecnologías de la información se utilizan para facilitar el intercambio de información cuando sea necesario”.

3.4 Desarrollo Digital de Nuevos Productos (DDNP)

El Desarrollo Digital de Nuevos Productos (DDNP) es el término que describe al proceso de desarrollar un producto que está fuertemente vinculado con el uso de representaciones digitales de una parte o de todo el ciclo de vida de un proyecto. El término Digital o Virtual se utiliza para decir que el objeto diseñado aún no existe físicamente, que no se puede tocar. Este proceso para desarrollar productos de manera virtual hace uso de un gran conjunto de herramientas de software que es utilizado para: la generación de geometría, el cálculo, el análisis, para la realización de pruebas y evaluación, incluyendo tecnología para la administración digital de datos.

Una Prototipo Digital o Virtual, es el elemento principal en el Desarrollo Virtual de Productos, que es la representación conceptual de una propuesta de diseño que se ha generado en las primeras fases del desarrollo de un producto [referencia de métodos de diseño]. Por lo que el proceso de Prototipado Virtual es de hecho un procedimiento para la prueba y evaluación de las representaciones virtuales de un producto en todos los aspectos tanto del proceso de desarrollo como el operacional o funcional.

Las herramientas de software comerciales utilizadas para la creación de un Prototipo Digital, deben de poder cubrir más allá que solamente aspectos geométricos, incluyendo además aspectos de funcionalidad. Esto es por las expectativas de sus usuarios o clientes tienen, ya que por lo general son empresas que desean sacar el máximo beneficio a las inversiones que en tecnología realizan. Por lo que una herramienta tecnológica para la generación de Prototipos Digitales deberá incluir un espectro completo de todas las herramientas CAD/CAM/CAE para comunicar eficientemente una con otra, y que así los resultados obtenidos individualmente puedan integrar toda la información contenida en la visualización del Prototipo Virtual.

3.5 Modelo 3D CAD

Podemos definir a un modelo CAD como la representación matemática tridimensional de un objeto real o que se encuentra en proceso de diseño. Dicha representación tiene como principal objetivo la visualización de dicho objeto o producto para su análisis previo a su fabricación. Esta representación generalmente es creada a través de una aplicación de CAD, que en la actualidad permite que un modelo 3D pueda ser reutilizado en diferentes

etapas del proceso de diseño. Un modelo 3D CAD generalmente está asociado a los siguientes elementos en un ambiente de diseño de ingeniería: Vistas Ortográficas, Secciones, Proyecciones, Dimensiones Geométricas y Tolerancias.

Las características principales de un modelo 3D CAD que se tomarán en cuenta para esta tesis son:

- a) Propiedades Gráficas.- Un Modelo 3D CAD generalmente es representado dentro de un ambiente gráfico bidimensional o tridimensional. Ambos tipos son soportados por aplicaciones de software comercial pero en la actualidad, los sistemas más avanzados de visualización (sistemas CAD) son tridimensionales. Otro aspecto distintivo de las propiedades gráficas es la apariencia del modelo. Dependiendo de el objetivo de la representación del modelo variara el aspecto de la geometría y se acercará o alejara de la apariencia real que tendría el producto diseñado en la realidad.
- b) Propiedades Mecánicas.- A la representación tridimensional obtenida se le puede adicionar propiedades mecánicas tales como: momentos de inercia, densidad, etc. De esta forma no solo existe una representación geométrica sino que contiene información relacionada con el material con el que será construido el producto en proceso de desarrollo.
- c) Histórico de Funciones de Modelado y Reutilización.- La creación de un modelo 3D, se llevará a cabo bajo cierta secuencia de pasos definidos por el diseñador (conocida como Método de Modelado) que se desarrollarán a través del uso de las funciones y comandos de la aplicación CAD de software con la que se genero la geometría. Esta secuencia de pasos podrá ser más eficiente o no, dependiendo de la habilidad de quien la construye. Este procedimiento es guardado por el sistema CAD, con lo cual facilita su reutilización y/o modificación de la geometría. De la misma forma esta propiedad de los modelos 3D CAD permite la reutilización del modelo para crear nuevos diseños en base a la geometría existente.
- d) Atributos.- Si la geometría le da a un producto virtual una presentación visual el conjunto de atributos son los que identifican a los modelos 3D dentro del sistema PDM/PLM. Los atributos y sus valores alfanuméricos son de vital importancia a través del ciclo de vida completo del producto: ellos no solamente aseguran parte de la identificación sino que también permiten la trazabilidad de las iteraciones de diseño, la evolución del diseño y otros cambios. Son los atributos los que permiten el trabajo concurrente de una multitud de personas porque ellos virtualmente dicen que es lo que está pasando, donde, cuando y quien es el responsable.

3.6 Maqueta Digital (Digital Mock-Up, DMU)

Para el presente trabajo de Tesis, se propone el siguiente concepto de Maqueta Digital (16):

“Una Maqueta Digital es la representación 3D de un producto (por lo general un sistema complejo de varios cientos o miles de piezas) para su visualización que permita analizarlo para poder determinar los ajustes geométricos

requeridos dentro de la estructura del producto diseñado. Esta representación digital se genera a partir de un Modelo 3D CAD el cual es procesado por un método de Teselación que simplifica su representación virtual facilitando el procesamiento gráfico computacional.”

Generalidades de las Maquetas Digitales

- Las Maquetas Digitales permiten gestionar conjuntos con un gran número de piezas.
- Permiten detectar en la fase de diseño, problemas asociados a tolerancias y condiciones de montaje.
- Las aplicaciones para DMU actuales pueden manejar productos de elevada complejidad, y para ello generalmente trabajan con modelos geométricos facetados.
- Para asegurar buenos tiempos de respuesta, se recurre a manejar representaciones geométricas con varios niveles de detalle.
- Estas herramientas pueden incluir la posibilidad de realizar anotaciones y comentarios sobre los modelos, paseos virtuales y localización de interferencias entre las piezas.

Herramientas de Software para el Manejo de DMUs

Generalmente con este tipo de herramientas tecnológicas se puede manipular ensambles de varios cientos de miles de piezas, estructuras tan complejas como las de un avión o un auto, con la idea de detectar problemas de manera oportuna en el proceso de ensamble.



Fig. 5 Maqueta Digital o DMU

3.7 Prototipo Virtual (PV) o Prototipo Digital (PD)

Un producto es ideado para solucionar una necesidad concreta, y es a partir de ésta que comienza el proceso creativo. Después de generar un conjunto de soluciones través modelos CAD y DMUs, que se diferencian entre sí por algunos aspectos (coste, eficiencia, materiales, etc.) se elije de entre ellas una opción que deberá ser validada. Es a partir de este momento que se requiere el desarrollo de un Prototipo Virtual.

Para el presente trabajo de tesis, un Prototipo Digital o Virtual se define de la siguiente forma (17) (16):

“Un Prototipo Virtual o Digital es un modelo tridimensional, dentro de un ámbito de ingeniería o ciencia, el cual puede mimetizar o simular de un sistema u objeto real aspectos tales como: su comportamiento, respuesta, apariencia y geometría con un grado de realismo comparable con el que tendría dicho sistema u objeto en la realidad.”

El objetivo de un PV es evaluar el funcionamiento y prestaciones del producto que se está diseñando, a través del método de elementos finitos y el cálculo avanzado, para predecir el comportamiento del producto por medio de simulaciones virtuales. Ejemplos: simulación de prueba de choque de un auto, análisis de la aerodinámica de un vehículo, evaluaciones ergonómicas, etc. Se puede afirmar que un PV es la combinación de la representación proporcionada por una DMU con técnicas para analizar su comportamiento. El desarrollo de esta herramienta tecnológica ha estado de a la par del desarrollo del poder de procesamiento de los ordenadores.

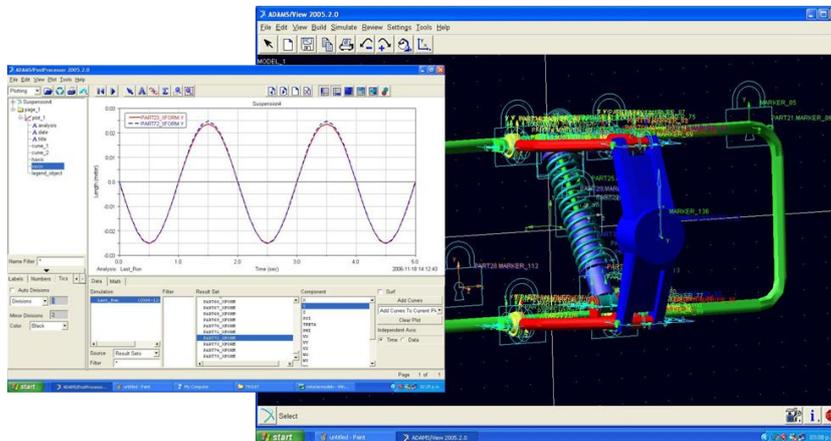


Fig. 6 Prototipo Virtual

4. Modelo de Datos del Producto

A continuación se describe el modelo de datos que es propuesto en esta investigación, ya que la conceptualización de las Mejores Prácticas de Modelado Digital de Productos incluye la problemática de interoperabilidad de datos entre los sistemas CAD y CAM, lo que hace necesario un modelo de información para tener en claro el proceso que se pretende analizar y posteriormente definir.

4.1 Tipos de Datos

Dentro del Proceso de Desarrollo Digital de Productos, existen dos tipos de datos relacionados con el Producto y que son administrados en el sistema PDM/PLM (1) (18). Estos son:

- a. Datos del Producto: Se relaciona con: la geometría, DMU, estructuras, materiales, funcionalidad, características y desempeño.
- b. Datos de Proceso: Datos de ingeniería avanzada de fabricación (relaciones entre componentes, herramientas y procesos), planificación de la secuencia de fabricación y datos de mecanizado, definición de células de fabricación, distribución de la planta.

Ambos tipos de datos están relacionados con el producto a través de los atributos que son asignados a su modelo CAD correspondiente y que son administrados por el sistema PDM/PLM. Por lo que la calidad de estos modelos es fundamental para la integración sin problemas de todas las fases del ciclo de desarrollo del producto. Esto es debido a que durante el transcurso de las diferentes etapas del desarrollo del producto se realizan procesos de intercambio de información que dependen directamente de los datos originales y por lo tanto estos datos iniciales deben tener una calidad mínima. Esta última característica se debe cumplir para asegurar que los procesos posteriores a la creación del modelo CAD se realicen sin contratiempos.

4.2 Vistas Primarias y Vistas Secundarias

En la presente Tesis se utilizará el modelo de datos del producto que se muestra en la figura X. Este modelo es una adaptación del propuesto por Contero [referencia]. Este modelo está construido sobre un sistema PDM/PLM, que sirve como elemento de almacenamiento y gestor de las diferentes vistas del producto así como los datos relacionados a éste (datos del producto y datos del proceso), que integran el Modelo Digital Maestro. Las herramientas CAD proporcionan la vía de conexión de entre las diferentes vistas asociadas a las diferentes disciplinas, que intervienen en la definición del producto.

Las herramientas tecnológicas actualmente, dan una mayor importancia a la vista de Diseño, es decir a aquella en la que se define el modelo geométrico 3D (modelo CAD) (18), a partir de la cual se derivan las vistas secundarias para otros propósitos como el DMU, análisis o fabricación. Cualquier modificación de la geometría debe ser realizada en la Vista Primaria.

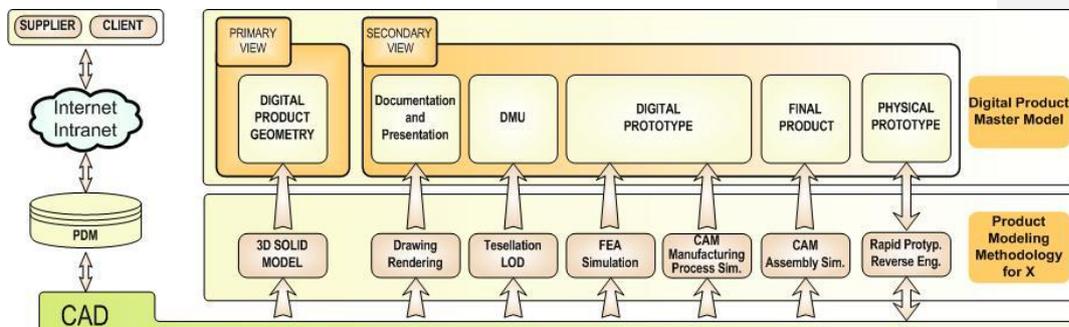


Fig. 7 Modelo de Datos

4.3 Uso de la Vista Primaria en las Actividades en el Desarrollo de un Producto

Basado en la referencia (18) .

i.) Documentación

La mayor parte de los dibujos de taller de ingeniería son obtenidos a partir del Modelo Geométrico 3D. Las secciones y proyecciones se crean a partir del mismo. Sin embargo, a mediano plazo, los planos los planos van perdiendo protagonismo como el referente en la definición del producto y quedarán relegados a un segundo plano.

ii.) Rendering

Estas aplicaciones sacan provecho del modelo 3D por medio de la representación de superficies generada por un proceso de teselación o facetado, como en el caso del formato de estereolitografía STL.

iii.) Maquetas Digitales (DMU)

Esta aplicación normalmente usa una aplicación simplificada de las piezas obtenidas por teselación de los modelos 3D, e implementa modelos con diferente nivel de detalle especialmente para la visualización de estructuras complejas.

iv.) Prototipos Digitales

La simulación y aplicación de elementos finitos usan representaciones simplificadas de la Vista Primaria para hacer sus cálculos. Las aplicaciones FEA necesitan geometría libre de pequeños detalles para generar con éxito las mallas. Esto se puede conseguir fácilmente con una metodología apropiada de modelado donde las funciones (features) no deseadas pueden ser suprimidas.

v.) Prototipos Físicos

Los prototipos actuales son realizados por medio de las máquinas de prototipaje rápido. Estos dispositivos hacen uso de los modelos generados a partir del facetado del modelo 3D de la vista primaria.

vi.) Productos Finales

El CAM y las aplicaciones para la simulación de ensamblado hacen un uso intensivo de la vista primaria. Normalmente emplean la vista primaria directamente sin modificación alguna. Sin embargo, en ciertas situaciones es necesario hacer modificaciones en la geometría original. Este requerimiento introduce dificultades adicionales, porque la reutilización del modelo primario CAD para este propósito depende de la metodología de modelado utilizada previamente. Por lo que en el caso de una inadecuada estrategia de modelado, en la práctica, es necesario realizar de nuevo (retrabajo) el proceso de modelado, con el consiguiente coste económico y de tiempo.

4.4 Asociatividad

Esta propiedad es la que permite que los cambios realizados en la vista primaria, sean automáticamente trasladados a todas las vistas secundarias, evitando muchos errores causados por las variaciones sufridas por el modelo del producto durante su proceso de desarrollo.

4.5 Modelo Maestro (Master Model) (19)

Un modelo Maestro de Diseño, implica que el componente-maestro que se está diseñando contiene la representación 3D CAD original y todas las vistas relacionadas a dicho componente (ejemplos: dibujos de taller, representaciones simplificadas, etc.). Esta asociatividad permite así contar con un sistema eficiente y automático de cambios de diseño.

Las características generales de un Modelo Maestro:

- Un modelo maestro permite que un grupo de personas trabajen con el mismo componente de manera simultánea.
Ejemplo: Una persona puede trabajar en la parte de diseño de esa parte mientras que otra trabaja con los dibujos de detalle.

- La utilización de un Modelo Maestro permite reducir los tiempos de diseño asegurando que todos los involucrados en dicho proceso trabajen en la misma versión del modelo de un producto garantizando la colaboración concurrente.

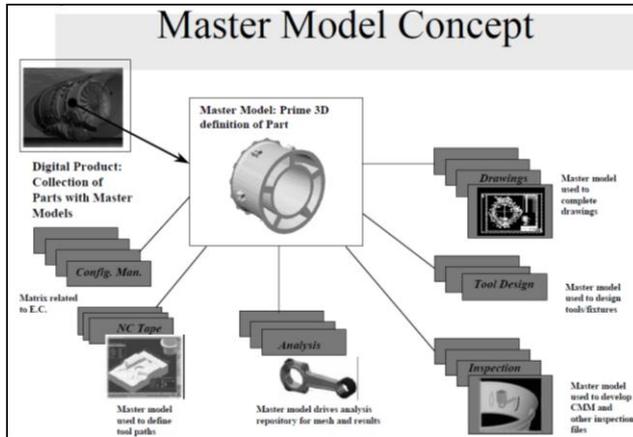


Fig. 8 Concepto de Modelo Maestro

Concepto de General Electric (20)

Un Modelo Maestro es una simple representación que es almacena en un una base de datos central bajo una configuración de control. Este base de datos suele ser una sistema PDM/PLM desde el cual todos los involucrados en el proceso de diseño tienen acceso.

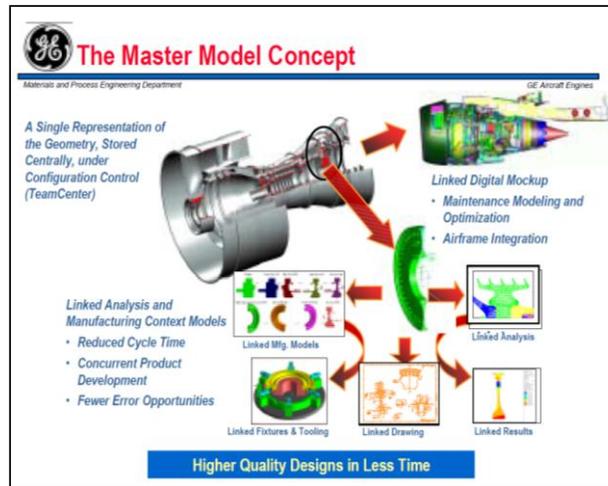


Fig. 9 Concepto de Modelo Maestro de General Electric

**Capítulo II:
GESTIÓN DE LAS MEJORES PRÁCTICAS
COMO MEDIO PARA
ADMINISTRAR EL CONOCIMIENTO
EN UNA
ORGANIZACIÓN MANUFACTURERA DIGITAL**

Capítulo II:**GESTIÓN DE LAS MEJORES PRÁCTICAS COMO MEDIO PARA ADMINISTRAR EL CONOCIMIENTO EN UNA ORGANIZACIÓN MANUFACTURERA DIGITAL****1. Introducción**

Las Mejores Prácticas en una organización en la actualidad son consideradas como fuentes de conocimiento, lo que ha llevado a la administración de las mismas, como una forma para garantizar el traslado de las experiencias aprendidas a todos los miembros de una organización. No importando la naturaleza de la empresa es preciso contar con herramientas fiables de recolección y gestión de las mejores prácticas de procesos clave de negocio. Han existido diversas iniciativas para crear sistemas automáticos de gestión de este tipo de prácticas. En este capítulo se presentan algunas de estas iniciativas que ayudarán a entender el porqué es importante gestionar este tipo de información y aprendizaje.

2. El Contexto de las Mejores Practicas en la Industria

En general, las Mejores Prácticas en las organizaciones es un concepto que está relacionado con lo que en la actualidad se denomina Inteligencia Organizacional. Este tipo de intelecto no solo tiene que ver con las capacidades cognitivas del capital humano con el que cuenta la empresa, sino con el “Know-How” o el “Saber-Cómo” deben desarrollarse las actividades dentro de los procesos de negocio, de la manera más eficiente y económica posible.

La importancia del continuo mejoramiento de los procesos de negocio en una organización ha ido evolucionando con el tiempo. En los años ochenta domino la teoría japonesa de la Administración Total de la Calidad, que basada en la filosofía competitiva de las empresas japonesas se pretendía reducir al mínimo la posibilidad de errores dentro de los procedimientos de la organización. Para la siguiente década, las empresas tienen que desarrollarse en un contexto global de mercado que les obliga a buscar nuevas formas más eficientes de trabajo. Apareciendo así el concepto de reingeniería de procesos, en el que se buscaba reinventar los procesos ya existentes en la compañía, para buscar fórmulas que les permitieran reducir los costos en los procedimientos reestructurados.

A partir del año 2000 y hasta nuestros días surge un nuevo enfoque en cuanto a la administración y control de procesos dentro de las empresas. Ahora todo está concentrado en lo que se denomina la Administración del Conocimiento o “Knowledge Management” cuyo objetivo es detectar, administrar y distribuir todo aquél procedimiento que genere algún tipo de conocimiento (proceso cognitivo) y sirva para mejorar el desempeño de la compañía en su conjunto. Compartiendo este conocimiento es como una organización puede lograr ser más eficiente en todas sus actividades clave.

3. ¿Qué son las Mejores Prácticas?

En general una Mejor Practica está centrada en una actividad que es repetitiva y que además puede ser desempeñada por una sola persona o por un conjunto de personas. Algunas de ejemplos de estas actividades repetitivas son: las Técnicas, los Métodos, los Procesos, etc. Por lo que un acercamiento a lo que podría ser una definición de una Mejor Practica sería:

Una Mejor Práctica es la forma para realizar una tarea determinada, que exige el menor esfuerzo pero que lleva a la obtención de los mejores resultados. Esta forma de realización está basada en procedimientos, es decir en actividades repetitivas, y que han sido probados en el transcurso del tiempo por varias personas.

Existen ciertas condiciones para que una mejor práctica pueda darse, las cuales son:

- Aprendizaje continuo.- Las personas que desempeñan el proceso deben tener la habilidad para aprender continuamente.
- Mejora Continua.-Se debe estar en una continua búsqueda para encontrar la mejor forma para realizar una actividad.
- Proceso Flexible.- El proceso analizado debe tener cierta flexibilidad para ser modificado.
- Características Específicas.- Son aspectos distintivos de los procedimientos de acuerdo al área de conocimiento en el que se desarrolla.
- Desempeño Medible.- Deben existir variables que sean fáciles de evaluar para valorar la eficacia de los resultados. Esto permite establecer claramente el impacto de mejora en la organización.

4. Beneficios de la Gestión de las Mejores Prácticas

Es importante tener claramente la idea de que una Mejor Práctica no es algo que aparece inherente a cualquier proceso. También es claro que “Lo Mejor” es un concepto subjetivo si no se tiene cuidado de establecer parámetros claros que determinen ese estatus de “Lo Mejor”. Esto quiere decir que para alguien puede un proceso ser el mejor en base al concepto relativo que esa persona tenga sobre “Mejor Práctica” y en base a su experiencia personal.

Por lo tanto, es muy importante que a la hora de evaluar y validar a un procedimiento como una mejor práctica, se demuestre claramente que es la mejor opción en base a evidencia de permitir una mayor eficiencia del proceso, que éste se desarrolla en un menor tiempo y/o el costo del mismo es inferior. Con esto queda especificado que el beneficio se verá reflejado directamente en algún tipo de beneficio económico desde un punto de vista global del negocio. Es decir, el beneficio de una Mejor Practica repercute directamente en las ganancias de la empresa.

La Gestión de las Mejores Prácticas de cualquier organización, traerá como principal beneficio el que los miembros de esa empresa estarán inmersos en un proceso de mejora continua y de aprendizaje, para encontrar la mejor forma de desempeñar las actividades dentro de la cadena de valor de sus productos. Administrar las Mejores Prácticas es una forma de recolectar, documentar y transferir el conocimiento que ha sido generado dentro de la empresa.

5. Importancia de la Administración del Conocimiento de una Empresa Manufacturera Digital

Hoy en día, uno de los más importantes procesos de negocio en una Empresa Manufacturera Virtual, es el del Desarrollo de Nuevos Productos, porque además de que durante dicho proceso se determinan las características técnicas y funcionales de los productos, también se determinan aquellos procedimientos que serán utilizados en los procesos de fabricación. Todos estos aspectos tienen un gran impacto en el coste final del producto.

Es un hecho que la mayoría de los procesos inherentes a desarrollar nuevos productos se desarrollan dentro de un ambiente virtual. Con el desarrollo de diversas herramientas CAx y las TIC, han dado origen al concepto de Fábrica Digital (FD). Este nuevo término describe el uso de herramientas de ingeniería virtual para diseñar nuevos productos (1). Este proceso de virtualización comienza con la creación de un modelo digital o virtual de un producto por medio de un software CAD, para posteriormente ser analizado por otras herramientas CAE. Para enseguida planear el proceso de fabricación por medio de una herramienta CAM y aplicaciones de Manufactura Digital. Bajo este contexto, aparece otro término que y que además será usado en el presente trabajo, el cuál es “Desarrollo Digital de Nuevos Productos” (DDNP) que se refiere acerca del proceso de Desarrollo de Nuevos Productos dentro de la Fábrica Digital o Entorno Virtual.

Dentro del DDNP la creación de un Prototipo Virtual de un producto, es considerada la etapa inicial dentro del ciclo completo de desarrollo. El modelado geométrico de productos es un subproceso clave dentro del proceso de DDNP. Esta importancia es debida a que la representación del producto puede ser usada por aplicaciones CAx en distintas etapas del ciclo de vida del desarrollo del producto. Esto abre la posibilidad del uso de las metodologías llamadas “Modelado para X” (21), donde la X se sustituye por Manufactura, Análisis, entre otros. Es decir que existen metodologías de modelado específicos para determinados procesos (la X). Si el 80% del coste final del producto es determinado durante el desarrollo del diseño del mismo, esto justifica claramente la importancia de aplicar esfuerzos para hacer más eficiente la etapa de diseño dentro de una empresa de fabricación (2).

En base a la importancia del proceso de diseño, se puede afirmar que la calidad de la metodología de modelado CAD empleada en la construcción de la representación digital de un producto, tiene un valor muy importante dentro del contexto del proceso completo de desarrollo. Esta importancia determina que el modelo 3D se debe caracterizar por tener la capacidad para ser reutilizado y modificado en otras etapas de desarrollo posteriores. La experiencia en modelado CAD muestra que ciertas metodologías ofrecen mejores resultados que otras. Por esta razón el tema central de este trabajo se enfoca en las “Mejores Prácticas de Modelado Digital de Productos”.

5.1 El Conocimiento y el Modelado Digital de Productos para Simulación CAM

El Modelado Digital de Productos (MDP) es una actividad que requiere un gran esfuerzo intelectual, debido a la complejidad del conocimiento empleado. Esencialmente el conocimiento humano en general, tal como lo es el Modelado Digital de Productos tiene dos componentes principales. El primer elemento es

el Conocimiento Explícito, el cual es articulado y recolectado en forma de textos, tabla de datos, diagramas, archivos de prototipos virtuales, especificaciones del producto entre otros. El segundo componente que es conocido como Conocimiento Tácito consistente de elementos cognitivos, creencias personales y modelos mentales (22).

Estos dos componentes del conocimiento mencionados en el párrafo anterior son parte del proceso de las Mejores Prácticas de Modelado Digital de Productos. Pero de hecho el Conocimiento Tácito es muy difícil de recolectar, de representar, de transferir y de administrar a través de un sistema tradicional de administración de conocimiento. Esto se debe a que el Conocimiento Tácito es la suma de, la experiencia del ingeniero de diseño y su entrenamiento, que son elementos intangibles. Pero además de esto, este tipo de conocimiento tiene un rol muy importante en la toma de decisiones dentro del proceso de desarrollo de nuevos productos.

Por todo lo anterior es significativo el proponer un nuevo sistema administrador de conocimiento que enlace el conocimiento explícito con el conocimiento tácito para lograr que una organización se pueda beneficiar de esta la experiencia invaluable contenida en ellos. La Ingeniería Ontológica puede ser una herramienta útil para gestionar estos elementos de conocimiento dentro de una Organización Manufacturera. Los cuales serán considerados en la siguiente fase de esta investigación para trabajar en la creación de un sistema administrador de conocimiento de las Mejores Prácticas del proceso de Modelado Digital de Productos. El sistema que se pretende diseñar, deberá poder recolectar y transferir la experiencia de los ingenieros de diseño de una empresa manufacturera. Este sistema administrador del conocimiento estará basado en herramientas de la llamada Web 3.0 tales como la Web Semántica y Wikis (11)(22)(7).

5.2 El Impacto de la Gestión del Conocimiento en la Empresa Manufacturera Digital

En base a la referencia [Digital Product Development y Digital Manufacturing Planning], se puede afirmar que el Desarrollo Digital de Nuevos Productos (DDNP) es considerado como un procesos clave de negocio. Estos reportes sugieren que lo que hace a una empresa la mejor de su clase, es el desarrollar procesos concurrentes donde sean integrados eficientemente, dos procesos a saber: el Desarrollo Digital de Nuevos Productos y el Diseño de los Procesos de Fabricación.

Este desarrollo integrador de la manufactura y el diseño debe ser implementado durante la etapa de diseño del producto. Esto permite a las empresas de fabricación, validar el proceso de manufactura y los procesos productivos relacionados a ella, en una fase temprana dentro del ciclo de desarrollo del producto. Esta validación está basada en gestión del conocimiento, dentro de un contexto colaborativo, de todos los elementos humanos involucrados: ingenieros de producto, ingenieros de manufactura, ingenieros de diseño y análisis, junto con el personal de la planta productiva. Lo que impacta directamente en la reducción del tiempo de desarrollo de un producto, generación de procesos de fabricación de forma eficiente y rápida, aumento de la calidad del producto, y disminución en el tiempo para el lanzamiento de productos.

De la misma forma, aspectos relacionados con el proceso de fabricación y que son detectados durante el proceso de desarrollo de productos, tienen un mayor significado ya que es en esta fase es la que se trata de detectar la mayor cantidad de posibles errores. Esto último debido a que cualquier acción correctiva de diseño que deba realizarse en esta etapa, son menos costosas y más rápidas de ser implementadas. Al mismo tiempo y bajo el contexto de la manufacturabilidad del producto, los posibles cambios durante la fase de diseño permitirían planear los cambios que sufrirían las celdas de fabricación y los equipos, donde se fabricaría el producto. Todo lo anterior repercutiría en el proceso de Desarrollo Digital de Productos de tal forma que se disminuiría los cambios de ingeniería tardíos, manteniendo la eficiencia y los costes de producción que permitirían obtener un producto más rentable.

6. Casos de Administración de Conocimiento/Mejores Prácticas de Empresas Manufactureras

A continuación se hace una presentación breve, a modo de ejemplo, de la visión de cómo se maneja la administración de conocimientos de dos empresas reconocidas mundialmente como lo son Xerox (23) y HP (24).

6.1 El Caso Xerox

Xerox aceptó los conceptos de la Calidad Total, que lo llevaron a tener éxito en su segmento de negocio. La reducción de costos y la extensión, fueron procesos clave implantados permanentemente. Pero además de estos dos los esfuerzos se centraron en rediseñar otros procesos igualmente significativos como: tiempo de lanzamiento de un producto, análisis de mercado, cadena de valor, entre otros. Xerox considera que en un entorno de competencia global, la compañía debe mantener una calidad alta en sus productos, reducción de costos en sus procesos sin comprometer su eficiencia.

Pero la estrategia que eligió esta empresa para poder lograr mantener un crecimiento en el negocio y los beneficios que éste produce, requería que también incluyera la innovación en productos. Por lo que la empresa hizo un análisis de lo que estaba ocurriendo en otras empresas (alrededor de 60 o 70). Fue entonces que apareció en Xerox la Administración del Conocimiento como la siguiente estrategia de negocio a seguir y como respuesta a mantener el crecimiento e innovación del negocio (23).

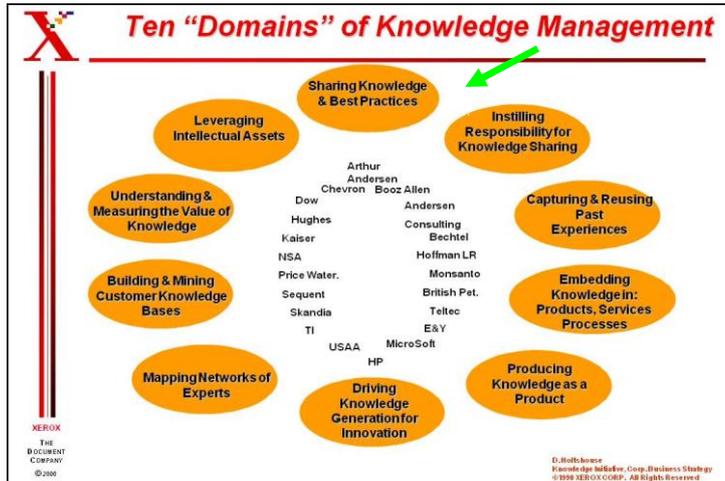


Fig. 10 Dominios en la Administración del Conocimiento en Xerox



Fig. 11 Política Organizacional sobre Administración del Conocimiento en Xerox

6.2 El Caso HP

La iniciativa de la empresa HP (24), para mantener su competitividad en un entorno de mercado globalizado, se ha basado en la creación de una estrategia de negocio orientada a incrementar y administrar el capital intelectual de la empresa basándose en tres ideas: incrementando el rango de ganancia del negocio, manejar costos bajos en los procesos de venta y entrega, e incrementando la calidad de los productos HP. El objetivo central de esta política es lograr una mayor satisfacción del cliente.

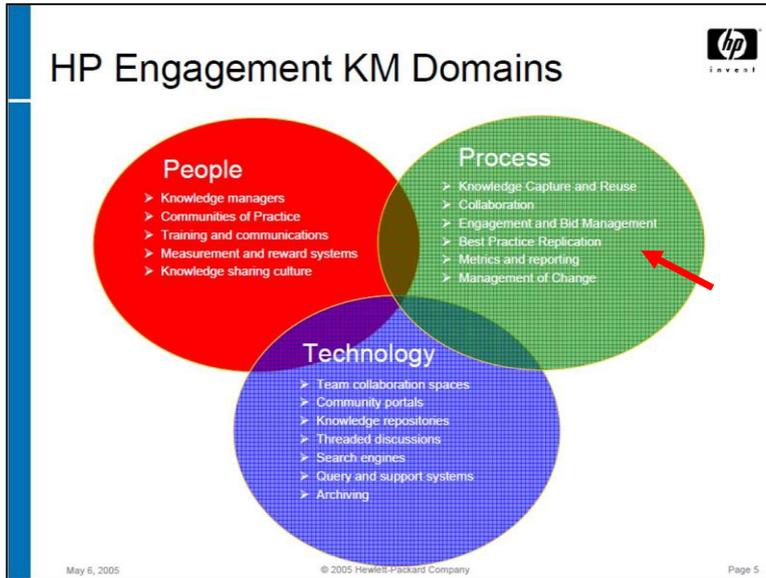


Fig. 12 Dominios en la Administración del Conocimiento en HP

- ### HP Engagement KM Goals
- Increase orders, revenue, profits, quality, and customer satisfaction by:
- Reusing materials and expertise
 - Avoiding redundant effort
 - Avoiding making the same mistakes twice
 - Taking advantage of existing expertise and experience
 - Making it easy to find information and resources
 - Communicating important information widely and quickly
 - Promoting standard, repeatable service offerings
 - Providing methods, tools, templates, examples, & data to streamline selling and delivering
 - Making scarce expertise widely available
 - Showing our customers how we use our knowledge for their benefit
 - Accelerating delivery to our customers
 - Stimulating innovation and growth
 - Enabling HP Services to leverage its size
 - Making our best problem-solving experiences reusable
- May 6, 2005 © 2005 Hewlett-Packard Company Page 3

Fig. 13 Política Organizacional sobre Administración del Conocimiento en HP

**Capítulo III:
LA INTEROPERABILIDAD
DE LOS SISTEMAS CAD-CAM
Y
LAS MEJORES PRÁCTICAS
DE MODELADO CAD**

Capítulo III:**LA INTEROPERABILIDAD DE LOS SISTEMAS CAD-CAM Y LAS MEJORES PRACTICAS DE MODELADO CAD****1. Introducción**

Dentro de las empresas orientadas a la manufactura de productos, los procesos de fabricación por mecanizado son uno de los más utilizados. Por lo que el impacto que tiene en el coste de producción de un bien es significativo. Para llegar al proceso de fabricación de un producto por medio de mecanizado, hay que realizar en primer lugar el Modelos 3D CAD con la geometría que se pretende manufacturar. Después pasa a una etapa de análisis en la cual se determina el comportamiento de la pieza ante la presencia de las fuerzas dentro el proceso de mecanizado (como son fuerzas del mecanismo de sujeción, fuerza de las herramientas, etc.). Si el mecanismo es aprobado en la etapa anterior, entonces se llega al proceso de planeación de la fabricación. Una parte de esa planeación implica determinar la programación de las máquinas que serán utilizadas para la fabricación del producto. Comúnmente son utilizadas máquinas CNC. Antes de ejecutar un programa en una máquina de control numérico se hace una simulación dentro de un sistema Manufactura Asistida por Computador (CAM) cuyo producto final será la generación de un programa de código que puede interpretar un centro de maquinado CNC. Los elementos principales y los procesos relacionados a estas tareas se describen en este capítulo.

2. La Integración de los Sistemas CAD-CAM

Después de que una pieza ha sido diseñada, puede considerarse como el factor que dispara la planeación y diseño de la fabricación, ya que dicho diseño será el producto final físico que entregará un proceso de fabricación. El cual comienza con la “Planeación del Procesos de Fabricación” utilizando los planos obtenidos durante la etapa de diseño.

Es en esta “Planeación del Procesos” en la que se establece que procesos de manufactura serán utilizados para la fabricación de un producto, que incluye la determinación de los parámetros de la maquinaria que será utilizada. Esto también incluye seleccionar el material, diseñar los procesos de fabricación, diseño de elementos auxiliares y de sujeción, así como la programación de las máquinas involucradas (fig. 14).

Al igual que la etapa de diseño, el procedimiento de diseñar el proceso de fabricación requiere el uso del conocimiento y experiencia de ingenieros especialistas en el área. Todas las decisiones que se toman en esta etapa, se basan en la información digital creada por los responsables del diseño del producto en la Fase de Diseño de un producto.

Una vez que el plan de procesos se ha establecido, se pasará al desarrollo de las variables que serán medidas para determinar si la calidad del producto es aceptable. Este requerimiento dependerá de si el producto terminado cumple o no, primeramente con las especificaciones del cliente pero además con las políticas de la empresa en cuanto al producto se refiere.

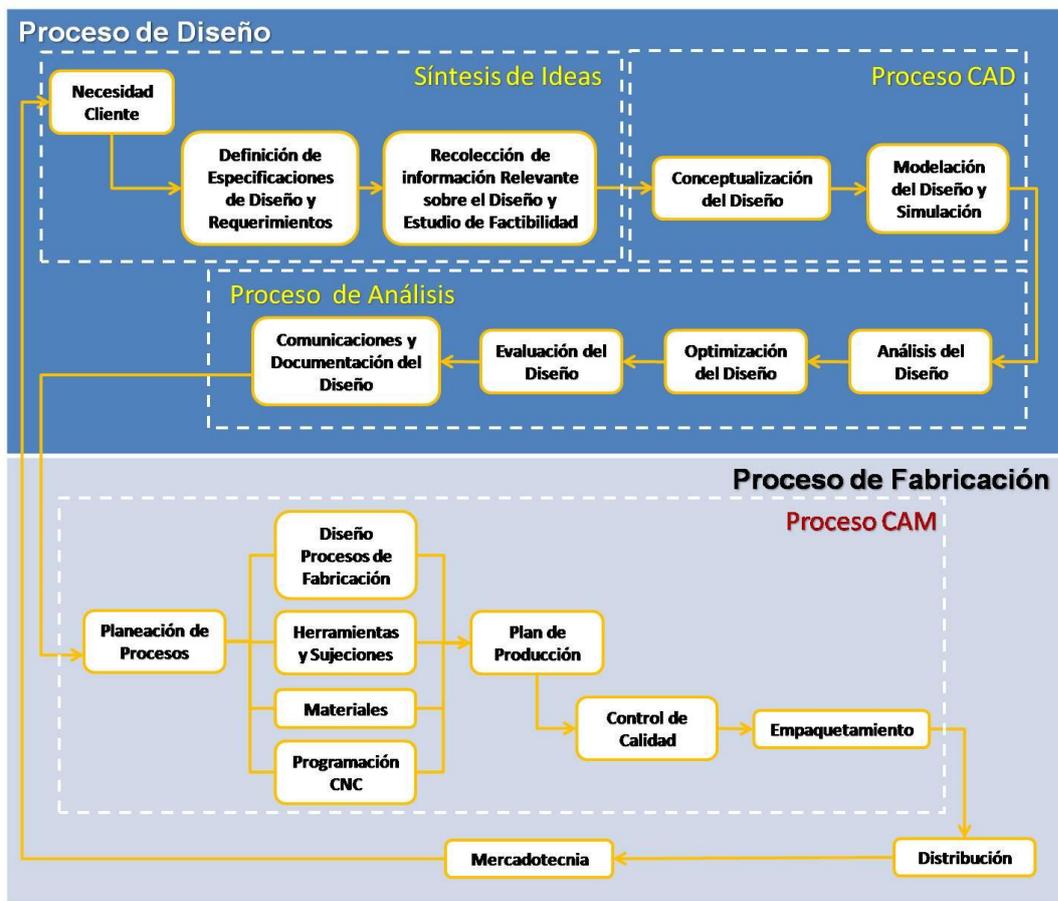


Fig. 14 Proceso CAD-CAM (basado en la ref. (12))

Dentro del proceso CAD-CAM existe intercambio de datos, geometría generada en CAD se traslada a la aplicación CAM en donde es utilizada para crear la programación de la maquinaria que será utilizada para la fabricación del producto. Como se mencionó anteriormente en muchos productos se utiliza el proceso de mecanizado y generalmente con equipos de Control Numérico. Este es el contexto en el que se desarrolla el presente trabajo de investigación, un proceso CAD-CAM, donde el CAM está orientado a CNC.

3. La Interoperabilidad de Datos en los Sistemas CAD-CAM (25)

El intercambio de datos ha incrementado su importancia en general en la industria manufacturera y algunos ramos de ésta, en especial en las empresas aeroespacial y automotriz. Ha habido una evolución natural de la representación de un diseño que en su inicio era a través de de prototipo físicos (modelos de arcilla) y los planos “blueprints” hasta derivar en su representación digital en sistemas CAD de hoy en día.

Pero esa información digital acerca del producto no únicamente contiene la representación geométrica del producto, sino que ahora también posee información acerca del material con el que debe ser fabricado, el proceso de manufactura, los costes asociados al producto, el marketing, etc. Permitiendo una real integración de todos los datos relacionados al producto dentro del proceso de diseño del mismo.

En la actualidad son las aplicaciones de administración del ciclo de vida del producto quienes se encargan de la administración y de la distribución de toda la información relacionada con el producto. Este sistema PLM (por sus siglas en inglés) tiene la capacidad para manejar sistemas de información totalmente heterogéneos, que van desde archivos de CAD, hojas calculo, documentos de texto, imágenes, video, etc. Este sistema pensado para trabajar en entornos donde los procesos son concurrentes han permitido la reducción de los llamados tiempos de lanzamiento de productos. Estas nuevas metodologías de diseño incluía el hecho que los proveedores estratégicos de las grandes empresas delegaran parte del diseño a esos proveedores.

Para tener una referencia de la cantidad de información que se genera en durante el proceso de desarrollo de un producto complejo, hay que hacer referencia a la cantidad de componentes que dicho producto posee. Cuantitativamente se habla de una cantidad de algunos cientos de miles de piezas. Para cada una de ellas debe existir diversa información que va desde su representación matemática en una aplicación CAD, datos del material con el que debe fabricarse, el proceso de fabricación que se empleara para construirlo, las condiciones reales en las que trabajará, los prototipos físicos y virtuales, la información respecto a costos y proveedores, la logística, etc.

El manejo de los metadatos de un producto da pie a posibilidad de existir problemas en el proceso de intercambiar información. Una problemática se describe a continuación: En la cadena de valor entre las llamadas OEM (grandes fabricantes) con sus proveedores existe un alto índice de intercambio de datos. Esto se puede explicar en base a la forma en que se va tejiendo la red de intercambio de información en los diferentes niveles entre los grupos de interés alrededor de un producto determinado (ejemplo: Industria de Automoción). Los proveedores de nivel 1 son empresas que atienden a varias empresas de las denominadas OEM. En el siguiente nivel, sucede algo similar ya que compañías ubicadas en este sector también responden a necesidades de varios clientes, y como se muestra en la figura 16 se va generando nodos de comunicación más complejos conforme de baja de nivel. Dependiendo de este último, puede decirse que van cambiando las necesidades tecnológicas y las políticas aplicadas a estas, lo que va creando que exista una gran diversidad de sistemas CAD utilizados dentro de una misma cadena de suministro en este caso del sector del automóvil.

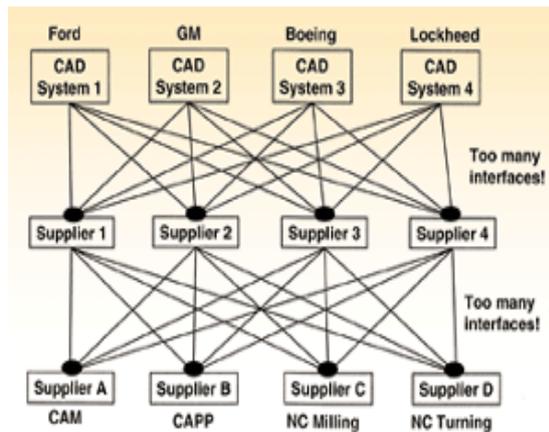


Fig. 15 Comunicación en la Cadena de Suministro del Automóvil (CSA)

Otra forma de mostrar esta heterogeneidad en el uso de sistemas CAD se muestra en la siguiente figura.

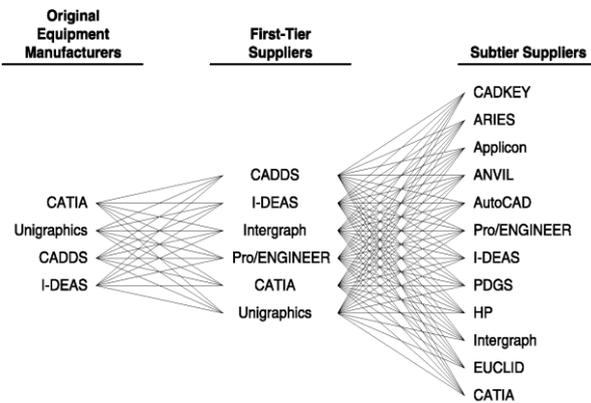


Fig. 16 Distribución de Sistemas CAD en CSA

(Fuente: Source: AIAG. 1997a. "Product Data Exchange in the Automobile Supply Chains: AutoSTEP at the Midpoint.")

Por lo que parte del problema de la interoperabilidad de datos en una cadena de suministro para un producto en específico, es la gran diversidad de aplicaciones CAD utilizadas y que cada uno genera sus propios formatos de archivos. El problema de la interoperabilidad aparece al querer ser compartidos entre los grupo de trabajo involucrados dentro de la cadena de producción, lo que ocasiona una serie de retrasos que a la postre tienen cierto impacto económico relevante.

Impacto Económico

El impacto económico que tiene debido a problemas relacionados con la interoperabilidad es de miles de millones de dólares al año. Un ejemplo es lo que ocurre en la Industria Automotriz de los Estados Unidos que es de aproximadamente \$ 1050 millones de dólares al año. Estos son costos derivados de invertir recursos en la resolución de los problemas generados por este problema de conversión de datos.

Source of cost	Costs by industry segment			Total	Percent of total
	OEMs	Suppliers	Tooling		
Avoidance costs	2,302	35,656	14,841	52,799	5
Mitigating costs	247,773	204,094	455,778	907,645	86
Subtotal	250,075	238,750	470,619	960,444	91
Percent segment revenue ^a (%)	0.075	0.083	11.914	0.513	
Delay costs				90,000	9
Total costs				1,050,444	100

Notes:

All figures are in thousands of US dollars unless otherwise stated

^a See Brunnermeier and Martin (1999) for details of revenue estimates for the OEM (pp. 2-15), supplier (pp.2-18) and tooling segments (pp.2-20)

^b We could not determine the distribution of costs for this category

Tabla 1 Resumen del Impacto Anual en Costes de la Interoperabilidad (Costes Aproximados)

Desglose del Impacto Económico en la Industria Automotriz de EUA

a. Costos por Tratar de Evitar el Problema

Básicamente esto se da a nivel proveedor, debido a que las OEM suelen utilizar la misma plataforma para CAD y CAM, y exigirles a sus proveedores que envíen la información en esa plataforma o en formato específico. Por ejemplo, GM requiere los archivos en NX (antes Unigraphics), Chrysler en CATIA, y FORD en I-DEAS. Por lo que los costos de mantener sistemas multi-CAD recaen básicamente en los

proveedores. Dentro de estos costos no se consideran los recursos que las OEM invierten para desarrollar opciones de solución al problema de interoperabilidad.

Source of cost	Costs by industry segment (US\$ × 1,000)			
	OEMs	Suppliers	Tooling	Total
Redundant software	0	8,918	3,107	12,025
Licenses				
Maintenance	0	4,524	2,821	7,345
Training	0	3,278	8,914	12,192
Redundant software costs	0	16,720	14,842	31,562
Data translation outsourcing	2,042	15,594	0	17,636
Investments in interoperability solutions	260	3,341	0	3,601
Total avoidance costs	2,302	35,655	14,842	52,799

Tabla 2 Costes Anuales

b. Mitigando Costos

Una de las causas para incurrir en costos de interoperabilidad, es la necesidad que tienen los departamentos de ingeniería para reparar o tratar de reparar los datos contenidos en archivos que han sido convertidos de una plataforma a otra. El cálculo estimado es que en conjunto las OEMs gastan aproximadamente \$248 millones de USD por año. Una OEM determinó que sus ingenieros invertían aproximadamente un 50% de su tiempo en tratar de resolver problemas de intercambio de datos entre sistemas CAD y CAM. Otra gran empresa estableció que el promedio de retrabajo invertido para resolver problemas de esta naturaleza es de 4.9 horas por cada traducción de formato de datos realizada. Si se considera que en un año existen 450,000 operaciones de intercambio de datos se observa claramente que es muy costoso enfrentar esta problemática.

c. Costos por Retrasos

Se dice que si no existieran estos problemas de interoperabilidad, se reduciría el tiempo de lanzamiento al mercado de un nuevo modelo de automóvil en cuatro meses según la estimación de los proveedores, mientras que la estimación por parte de las OEMs es de aproximadamente dos meses. Existe un cálculo que estima que la pérdida de utilidades por cada día de retraso en la entrada de un modelo al mercado, es de aproximadamente un millón de dólares. Lo que lleva a estimarse que por dos meses de retraso aproximadamente, la pérdida es de por lo menos 90 millones de dólares al año.

4. Soluciones Propuestas para el Problema de Interoperabilidad de Datos en el Proceso CAD-CAM

A continuación se presentan algunas de las alternativas de solución que se han utilizado durante los últimos años en la industria, como un intento de paliar las pérdidas debido al ya antes mencionado intercambio de datos entre un sistema CAD y un sistema CAM.

4.1 Estandarización a un solo sistema CAD

Como el nombre lo indica la idea es que se estandarice el uso de un solo sistema CAD entre una OEM y sus proveedores. Eliminando así la existencia

de un entorno Multi-CAD, aunque habría que tener cuidado con el problema de interoperabilidad que se puede generar si existen diferentes versiones de una misma aplicación de software. Pero se considera esta posibilidad en base al poder que puede ejercer una gran empresa OEM sobre sus proveedores para que estos adopten el mismo sistema CAD que dicha empresa usa. Pero una de las grandes problemáticas de esta posible solución es que las pequeñas empresas no cuentan con los recursos económicos para adquirir licencias del software que utilizan las OEMs.

4.2 Conversión Punto-a-Punto

Una segunda solución propuesta es la de generar un programa que permita la traducción de un de datos de un sistema para poder ser utilizado en otro. Esto implicaría que debería haber una combinación de traductores igual al número de posibilidades de sistemas CAD que existan. Un sistema de esta naturaleza deberá contar con proceso de actualización eficiente para cuando se presenten nuevas versiones de software. Adicionalmente a esta medida, se requerirá que los desarrolladores de las aplicaciones CAD trabajen conjuntamente con los sistemas traductores, para realmente lograr que esta conversión punto-a-punto funcione, pero ciertamente este proceso de colaboración sería improbable debido a la competencia de negocio entre los fabricantes de software. Un ejemplo de este tipo de solución es la empresa Translation Technologies (<http://www.translationtech.com>).

4.3 Conversión a Formato Neutral

Esta alternativa implica el desarrollo de formatos neutrales para la conversión de archivos de los sistemas CAD. La implementación de esta solución implica la existencia de un par de traductores, uno para leer y otro para escribir, entre la aplicación y el formato neutral. Estos convertidores son conocidos como medio-traductores (half-translators). Este tipo de traductores permiten el intercambio de datos entre con cualquier aplicación CAD. Esta opción de solución reduce los costos de traducción de formatos y simplifica su mantenimiento, esto es por cada uno de los fabricantes de software pueden trabajar su propio traductor en formato neutral ya que está basado en estándares que pretenden garantizar la interoperabilidad. Existen básicamente dos formatos que son los más utilizados en la industria automotriz que son: Initial Graphics Exchange Specification (IGES) y Drawing Exchange Format (DXF). IGES es un estándar en los Estados Unidos y es soportado por la mayoría de las aplicaciones CAD/CAM. DXF es un formato propietario desarrollado por Autodesk para los usuarios de Autocad. Este es formato que más utilizado por parte de los sub-proveedores para el intercambio de datos entre sistemas CAD/CAM.

Una de las principales limitaciones de los formatos neutros es el hecho de estar diseñados únicamente para contener información geométrica referente al diseño, lo cual no permite que contenga alguna otra información requerida por otras instancias dentro del ciclo del proceso de desarrollo del producto. Otro aspecto limitante es que la ser IGES un estándar de EUA y no necesariamente ha sido adoptado por otras naciones.

Existe otro proyecto dentro del esfuerzo por solucionar el problema de la interoperabilidad a través de los formatos neutros, que es STEP ya que además ha sido adoptado por la Organización Internacional de Estándares

(ISO, por las siglas en inglés) como la norma ISO10303. Una característica que potencializa a STEP como la mejor opción en cuanto a los formatos neutros, es que además de la información geométrica puede manejar información relacionado con costos, procesos de análisis de ingeniería, manufactura, ventas y servicio. Es decir trata de cubrir todos los aspectos del proceso de desarrollo.

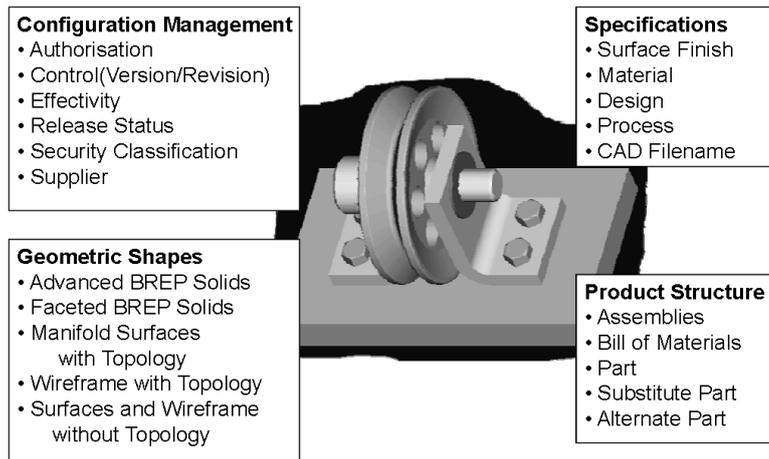


Fig. 17 Contenido en STEP

4.4 Estandarización de Métodos de Modelado

Otra de las soluciones que han sido implantadas dentro de las empresas, es la de tratar de estandarizar los procesos de modelado 3D CAD. Esto se base en que hay empresas que al analizar cómo trabajan sus ingenieros de diseño, descubrieron que aproximadamente un 15% del tiempo empleado, en realidad no agregan valor a su trabajo (perspectiva Lean). Por lo que optaron por estandarizar los métodos de trabajo, por lo que sus diseñadores utilizan los mismos principios de diseño, haciendo que sus modelos CAD sean más fáciles de entender y compartir con otros ingenieros de otras fases del ciclo de desarrollo de los productos.

Dos ejemplos de empresas que han optado por esta solución son Toyota y Delphi, las dos del ramo automotriz. Toyota ha implantado su filosofía de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) (26) a todos sus procesos de negocio, que ha incluido el Modelado CAD dentro de su proceso de Desarrollo de Productos. Esto ha implicado estar en constante búsqueda para que esta actividad reduzca al máximo cualquier acción que no adicione un valor al trabajo realizado, para de esta manera reducir la pérdida de tiempo. De la misma manera, la compañía Delphi ha dedicado recursos para desarrollar metodologías de Modelado CAD basándose en la técnica "Six Sigma" que al igual que en el caso de Toyota reduce desperdicio y trata de aumentar la calidad del trabajo que se realiza. Adicionalmente esta metodología creada por Delphi ha sido patentada ya que es compartida con sus proveedores con la intención de buscar aumentar la eficiencia de este proceso en toda la cadena productiva de sus productos.

5. Mejores Prácticas de Modelado CAD para Simulación CAM

Existen varios factores que influyen para establecer prácticas de Modelado CAD que se consideren más eficientes y rentables que otras. Para una empresa orientada a fabricar productos se considera que la metodología más adecuada es la denominada “Modelado Orientado a Fabricación”. Esto es, en la fase de la creación de los Modelos CAD de lo que se desea fabricar, se deben tomar en cuenta el proceso exacto de cómo se fabricará (maquinaria y parámetros de la misma), el tipo de material que se utilizará, las herramientas, etc. De esta forma se reducirán los posibles errores y retrasos antes de que se manufacture el diseño.

5.1 Guías de Diseño CAD Orientado a Fabricación

Existen una serie de guías de estilo o recomendaciones de diseño que pueden hacerse en base al tipo de proceso de fabricación que está directamente relacionado con el material con el que fabricará el producto. A continuación se hace un resumen de las recomendaciones encontradas en la referencia (2) que explican los factores que deben tomarse en cuenta para diseñar un producto bajo la filosofía de la Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing).

A continuación se resumen de guías de diseño CAD orientadas hacia la fabricación.

Las siguientes recomendaciones hacen referencia a actividades que anteceden al proceso de diseñar un componente de un producto.

1. *Conocer el Propósito del Componente.* Esto significa que el diseñador deberá entender como el componente ajusta con otras piezas en el ensamble general del producto. Otros aspectos que deberá conocer son la relativa importancia del componente en el producto, su costo, peso, tolerancias, entre otros.
2. *Aprender de Diseños Anteriores.* Esto implica que el ingeniero de diseño, busque productos similares que se haya desarrollado con anterioridad para aprender de esas experiencias pasadas.
3. *Buscar el Diseño Óptimo.* Se deberá hacer un análisis de las posibles formas para diseñar un componente, para lograr la mejor aproximación a un diseño óptimo.
4. *Analizar Posibles Procesos de Fabricación.* El diseñador debe de entender todas las posibles opciones en cuanto al proceso de fabricación se refiere, y deberá considerar aquel que proporcione: un coste óptimo, control de tolerancias, consistencia en la calidad, tiempo de entrega, compatibilidad con las operaciones de la empresa y la cadena de valor, disponibilidad de equipos, coste y tiempo de mecanizado, tiempos de preparación y apariencia final.
5. *Buscar Balance de Diseño.* Un buen diseñador deberá mantener la idea de un balance óptimo de diseño considerando: la funcionalidad del componente, su desempeño, costo, calidad, y manufacturabilidad, entre otros.

Las siguientes guías de diseño son aplicables directamente al proceso de modelado CAD:

- i. *Seguir Guías de Diseño de Acuerdo al Proceso.* Existen una serie de recomendaciones de diseño que existen para el proceso de fabricación que se utilice para producir un producto. Estas guías

- pueden ser encontradas en manuales especializados en cada sistema de fabricación existente.
- ii. *Diseñar Componentes Simétricos.* La idea es que cuando se crean productos o componentes simétricos repercute en el proceso de fabricación en el hecho de que no serán necesarios mecanismos para verificar la orientación del objeto durante el proceso de fabricación.
 - iii. *Asimetría Notable.* En ciertos casos no es posible crear un componente con una geometría simétrica, por lo que en estos casos se recomienda que dicha asimetría deberá ser muy notoria. Con esto se ayuda a evitar errores en proceso de fabricación ya que el operador o robot que manipule la pieza durante la fabricación sabrá la correcta orientación por esas diferencias de forma.
 - iv. *Diseñar Sistema Eficiente de Sujeción.* Se debe diseñar tomando en cuenta las dimensiones necesarias para lograr un sistema de fijación rápido, seguro y confiable, de la pieza en la maquinaria que se utilizará. Esto también dependerá de tipo de terminado superficial (tratar de evitar un sistema que dañe la superficie) así como las fuerzas que le serán aplicadas a la pieza durante el proceso.
 - v. *Evitar Tolerancias Arbitrarias.* Seleccionar las tolerancias que se van a manejar de forma consistente con la funcionalidad, calidad, factibilidad, etc.
 - vi. *Utilizar Funciones de Diseño Estándar.* Es decir, se debe estandarizar la funciones de diseño que son utilizadas en la creación de la geometría, tales como: diámetros de las perforaciones, tipos de roscado, redondeos, etc.
 - vii. *Minimizar Número y Tipo de Partes.* Elaborar productos con el menor número de partes aumenta la eficiencia del proceso globalmente, pues la simplicidad de un producto hace que sea el menor número de partes que debes ser documentadas, almacenadas, compradas, etc.
 - viii. *Combinación de Partes.* En la medida de lo posible, es conveniente procurar que aquellas piezas que puedan ser combinadas para crear una sola geometría. De esta manera se reducen costes, como por ejemplo al ser una solo pieza monolítica se evitan procesos de ensamble.

5.2 Metodología de Modelado de la Empresa Delphi (27)

Delphi es una empresa con una gran diversidad de productos. El proceso de CAD-CAM representa una de las actividades que genera un gran flujo de intercambio de datos dentro de sus procesos de fabricación. Su preocupación por mantener su competitividad basada en la reducción de tiempos muertos productivos y la calidad de sus productos lo llevo a desarrollar un concepto de Metodologías Estandarizadas para la creación de modelos CAD que se ha denominado “Delphi’s Lean Design Methodologies” o “Metodologías de Diseño Esbelto de Delphi”. Lo cual ha logrado que la empresa desarrolle modelos CAD que son fáciles de compartir con otros equipos de trabajo distribuidos globalmente, lo que ha impactado en la reducción de los tiempos de desarrollo de los productos y su lanzamiento al mercado.

La Metodología de Delphi está basada en dos técnicas: Modelado Horizontal y Proceso de Diseño Digital. El MH tiene como objetivo mantener una calidad muy alta de los datos de un modelo CAD lo que facilita su uso por otras aplicaciones usadas en fases posteriores a la de modelado. La flexibilidad obtenida por el uso de la MH permite a Proceso de Diseño Digital la creación rápida de modelos maestros del proceso que están completamente relacionadas con las hojas de proceso de la fabricación del producto, todas basadas en un solo archivo CAD.

5.2.1 Técnica de Modelado Horizontal

Tiene como objetivo el eliminar la necesidad de recrear modelados CAD en el ciclo de desarrollo del producto. Los diseñadores trabajan con un menor número de archivos que se caracterizan por: mantener la asociatividad, mantienen la continuidad del proceso de diseño, mejoran la productividad, permite actualizaciones y cambios rápidos y eficientes, así como también la automatización del flujo de la documentación hacia la unidades de producción de los productos.

Esta técnica básicamente se resume en el hecho de referenciar las funciones (features) con respecto a referencias como lo pueden ser planos, ejes, puntos, etc. Esto sustituye a la forma tradicional de trabajar en la que las funciones de construcción geométrica eran referenciadas a otras funciones como ellas. Este simple cambio en la forma de trabajar la construcción de geometrías 3D CAD permite reducir sistemáticamente las dependencias o incluso las elimina. Esencialmente si una función geométrica es modificada, el cambio no afectará a otras funciones.

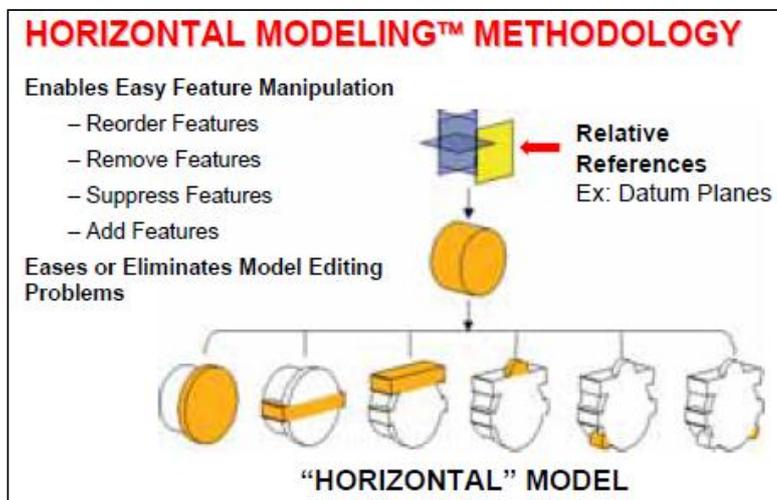


Fig. 18 Técnica de Modelado Horizontal

5.2.2 Técnica de Proceso Digital de Diseño

La metodología de Proceso Digital de Diseño (PDD) optimiza el control de cambios que generalmente ocurren durante un proceso de diseño de productos en relación a su proceso de fabricación. En donde los modelos CAD están asociados a las llamadas “hojas de proceso” que contienen la información detallada respecto a la manufactura de los diseños.

El PDD fue creado para resolver los problemas que se presentan en los procedimientos para crear modelos de 2D a 3D. Estos modelos, son impresos para ilustrar a través de dibujos paso a paso lo que ocurrirá durante la fabricación de los productos.

Antes de existir el PDD, se requería de un gran número de modelos CAD disasociados entre sí, para ilustrar los procesos de fabricación y hojas de procesos en las líneas de producción. La complejidad de este proceso requiere de mucho tiempo. Los procesos se desglosan en las diferentes fases de fabricación cada uno de los cuales requiere un cierto número de modelos CAD. Por ejemplo en un proceso de 10 operaciones de mecanizado podría llegar a requerir 40 o más modelos 3D. Debido a que la modelación CAD de productos no estaba estandarizada, muchas veces los modelos habían sido creados de tal forma que eran muy difíciles de generar modelos para la función de mostrar los cambios durante la fabricación. Por lo que propagar un cambio de producto y actualizar los modelos relacionados a éste se volvía una tarea difícil de realizar. Y llegaba a causar grandes retrasos sobre todo cuando los modelos estaban disasociados. Y si adicionalmente a esto se agrega, el hecho de que Delphi trabaja con diversos proveedores se entenderá que el problema no era fácil de resolver.

La Metodología PDD en Modelo de Proceso Maestro, donde todas las funciones de la geometría 3D original, todas las vistas relacionadas al producto, y todas las hojas de proceso relativas al mismo son contenidas en o derivadas de un solo archivo CAD conocido como el Modelo de Proceso Maestro. Bajo esta forma de trabajo cuando ocurre un cambio en el producto debido a una modificación del proceso de fabricación, se modificará únicamente el Modelo de Proceso Maestro y toda la información relacionada a éste será actualizada de forma automática. De esta forma se le otorga flexibilidad a los diseñadores para editar un modelo, mover y reordenar funciones geométricas, todo sin afectar la calidad, integridad y utilidad del modelo 3D CAD original.

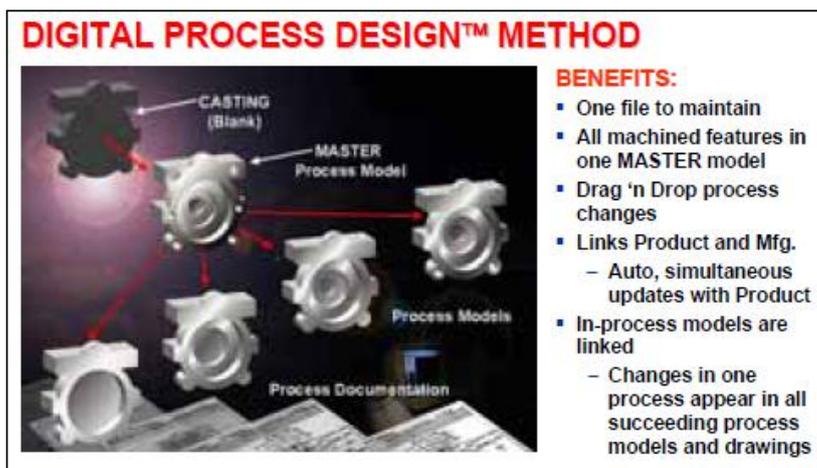


Fig. 19 Técnica de Proceso Digital de Diseño

Capítulo IV
MODELACIÓN DE PROCESOS:
LA METODOLOGÍA IDEF0

Capítulo IV

MODELACIÓN DE PROCESOS: LA METODOLOGÍA IDEF0

1. Introducción

La modelación de procesos es una forma de representar las acciones que deben llevarse a cabo para lograr un objetivo establecido dentro de un procedimiento de negocio determinado. Esta modelación ha servido en dos sentidos, uno para lograr que los conceptos entre diversas personas puedan tener las mismas ideas cuando se refieren a dichos conceptos y por otro lado como una forma para detectar posibles áreas de oportunidad en los procesos modelados. Es por esta razón que surgió el Método IDEF, y esa es la misma razón por la que en este trabajo de investigación se decidió utilizar para describir los procesos de Mejores Prácticas que son descritos en capítulos posteriores. Este capítulo es una descripción general de la Metodología IDEF0 basado en la referencia (28).

2. Marco Histórico

Durante el año de 1970, el programa denominado Fabricación Asistida por Ordenador Integrada (ICAM o Integrated Computer Aided Manufacturing) de las Fuerzas Áreas de los Estados Unidos, intento incrementar la productividad del proceso de fabricación a través de la aplicación sistemática de la tecnología informática. Y una de las necesidades que identifico el programa ICAM, fue la de mejorar las técnicas de análisis y comunicación del equipo de trabajo dentro de ese mismo programa para la optimización de la fabricación.

Como resultado del programa ICAM se desarrollaron una serie de técnicas conocidas como IDEF (ICAM DEFinition) entre las que se encontraban las siguientes:

- A. *IDEF 0*.- Esta técnica es utilizada para producir un “Modelo de Función”, el cual es una representación estructurada de funciones, actividades o procesos que son internos del sistema que se pretende modelar o de un área específica de ese sistema.
- B. *IDEF1*.-Esta técnica se usa para producir un “Modelo de Información”, el cual representa la estructura y las formas de información dentro del sistema de modelado o de un área del mismo.
- C. *IDEF2*.- Ésta metodología es empleada para producir un modelo llamado “Modelo Dinámico”, que pretende ser una representación de las características del comportamiento del sistema modelado o de el área tratada en relación a una referencia temporal.

En 1983 el programa de la Fuerza Área de los Estados Unidos llamado “Sistema de Apoyo a la Información Integrada”, mejoró la técnica para el modelado de la información usada en IDEF1 que dio origen a IDEF1X que resulto en una ampliación del IDEF1 original.

En 1991 el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, por sus siglas en inglés) recibió ayuda de la oficina para la gestión de la información corporativa del Departamento de Defensa, con el fin de desarrollar técnicas de modelado, que representarán uno o más estándares que serían utilizados en el procesamiento de la información del gobierno federal. Las técnicas seleccionadas fueron las IDEF0 para el modelado de funciones y el IDEF1X para el modelado de la información. A pesar de que la metodología IDEF se creó para ser utilizada en ingeniería de sistemas ha evolucionado, y hoy también es utilizada en el desarrollo de software. De hecho, en la actualidad las técnicas IDEF0 e IDEF1X son ampliamente utilizadas por gobiernos así como por la industria y el comercio ya que facilitan el modelado de sistemas en una gran diversidad de áreas.

3. Breve Descripción de la Técnica IDEF0

La metodología IDEF0 (Integration DEFinition Language 0) está basada en la técnica SADT (Structured Analysis and Design Technique) que desarrollada por Douglas T. Ross y SoftTech Inc. En su formato original IDEF0 incluía una definición de un lenguaje de modelado gráfico (sintaxis y semántica) y una descripción de la metodología detallada para desarrollar los modelos.

IDEF0 puede usarse para modelar una gran variedad de sistemas automatizados o sin automatizar. Para nuevos sistemas, IDEF0 se puede usar primero para definir los requerimientos y para especificar las funciones, y en una fase posterior para diseñar su implementación conteniendo dichos requerimientos y que ejecute las funciones. En sistemas existentes, IDEF0 puede ser empleado para analizar las funciones que un sistema existente realiza y determinar los mecanismos por los cuales estas acciones pueden ser ejecutadas.

El resultado de aplicar IDEF0 a un sistema, es un modelo que consiste básicamente en una serie jerárquica de diagramas y texto, así como por un glosario de referencias cruzadas entre ellos.

4. Características Generales de IDEF0

- a) Detallado y Expresivo. Tiene la capacidad para representar gráficamente una gran variedad de procesos, como la fabricación y otros tipos de operaciones de empresa hasta el mínimo detalle.
- b) Es un Lenguaje Simple y Coherente. Con él se crean expresiones rigurosas y precisas, lo que quiere decir que usarlo o interpretarlo es muy sencillo.
- c) Aumenta la Comunicación. Entre los analistas de sistemas, los diseñadores (que lo desarrollan) y los usuarios, a través de su facilidad para ser entendido y su énfasis en la exposición jerárquica del detalle.
- d) Método Probado y Mejorado. Debido a su extenso uso por parte de las Fuerzas Áreas de los Estados Unidos y a otras entidades del gobierno de ese país, que lo han usado para desarrollar proyectos de diversa índole, además de también haber sido utilizado por empresas de la industria privada.
- e) Aplicaciones de Software para IDEF0. Durante los años de existencia del IDEF0 se han desarrollado diversos productos de software comercial que soportan el desarrollo y análisis de modelos y diagramas IDEF0.

Además de la definición del lenguaje IDEF0 está la metodología, la cual recomienda los procedimientos y las técnicas para poder desarrollar e interpretar los modelos, incluyendo la recopilación de datos, diagramas de construcción, ciclos de revisión y documentación.

Las notas del IDEF0 se combinan en diagramas que describen la activación de las acciones, y no el flujo de éstas como podría suponerse. IDEF0 permite la descomposición de diagramas por explosión del esquema padre en sucesivos diagramas hijos. La jerarquía de los diagramas se mantiene por medio de una estructura de numeración que enlaza el diagrama padre con todos sus diagramas hijos.

La metodología IDEF0 se utiliza en diversas áreas como la ingeniería de procesos, en la reingeniería, en el desarrollo y en la mejora de software, entre otras aplicaciones. Dichas áreas son campos claves en los que deberán existir procesos de mejora continua, en toda aquella empresa que pretenda mantener su competitividad y desee aumentar su productividad. Ya que al hacerlo, se logra tener un entendimiento claro de los procesos actuales de una organización, que permitirá crear procedimientos que mejoren el funcionamiento de una empresa en su conjunto.

5. El Método IDEF0: Sintaxis Básica

5.1 Diagrama Básico

La metodología IDEF0 se utiliza para representar modelos funcionales como se ha explicado en secciones anteriores. Estos modelos descriptivos muestran las actividades que tienen lugar en un proceso determinado. Los dos componentes principales a modelar son las funciones (representadas por rectángulos), los datos y objetos que interrelacionan a las funciones (representados por flechas). Existen cuatro tipos de interrelaciones (llamadas colectivamente ICOM's):

1. Entradas (Inputs)
2. Salidas (Outputs)
3. Elementos de control (Control)
4. Mecanismos (Mechanism)

Con formato: Fuente: Negrita

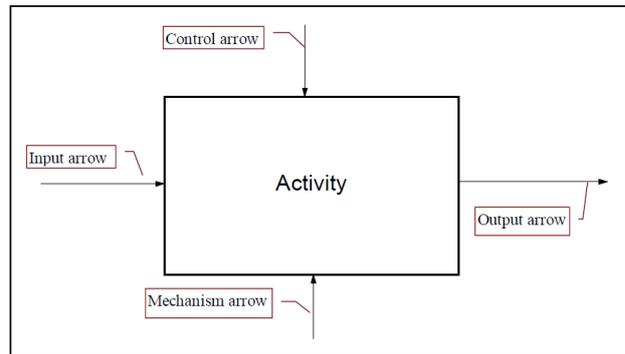


Fig. 20 Diagrama IDEF0 Básico

En las cajas se representan funciones como actividades, acciones, procesos u operaciones. Dentro de ellas va una frase que inicia con un verbo en participio, por ejemplo: establecer comunicación. Mientras que las flechas indican datos. En IDEF, los datos pueden ser información (ejemplo: estado actual) u objetos físicos (ejemplo: material en bruto). Son nombrados utilizando etiquetas como “Materias Primas” o “Maquinaria”. La posición de la flecha indica el tipo de información que se está transportando.

Las flechas entrantes (por la izquierda) y salientes (por la derecha) de las cajas representan “entradas” y “salidas”, respectivamente. Las entradas representan datos que se requieren para efectuar la función representada, que finalmente son los recursos consumidos o transformados por el proceso. Las salidas muestran los datos que son producidos como resultado de ejecutar la función, que entonces, son considerados los productos resultantes de las transformaciones de las entradas del proceso. Es decir, la función transforma las entradas en salidas.

Las flechas que entran por la parte superior de la caja indican “controles” o entidades que restringen o gobiernan la función, pudiendo ser: las normas, políticas, guías, etc. Las flechas que entran a la caja por la parte inferior son los llamados “mecanismos”. Estos pueden ser personas u objetos que desempeñan la función, como pueden ser: el personal, las herramientas, la maquinaria, etc. Pero si la dirección de la flecha en la parte inferior es saliente de la caja se le denomina “llamada”, que en términos generales permite que se comparta detalles entre modelos o dentro de un modelo.

Un modelo IDEF está compuesto de muchos diagramas o esquemas. Cada diagrama describe más en detalle una función cuando dicho esquema proviene de un diagrama más general o diagrama padre, por lo que se le llama diagrama hijo. El proceso de describir en una caja con mayor detalle se le denomina “descomponer una función”. Por lo que la lectura de un diagrama IDEF se hace de arriba-abajo.

El diagrama de nivel superior también llamada “de contexto” o diagrama A-0, resume la función entera del sistema que representa, el cual es mostrado en una sola caja. Un ejemplo de una función representada a través de un diagrama IDEF0 se muestra en la figura X. El diagrama A0 representa la primera descomposición del sistema. Los subsiguientes diagramas deben tener

entre 3 y 6 caja numeradas de modo que resulta sencillo enlazar los diagramas como un solo conjunto de un mismo sistema. Por ejemplo en la siguiente figura se muestra la descomposición de un sistema, del diagrama A0 se pasa al diagrama A4, y el caja 2 del diagrama 4 se descompone en el diagrama A42, y así sucesivamente.

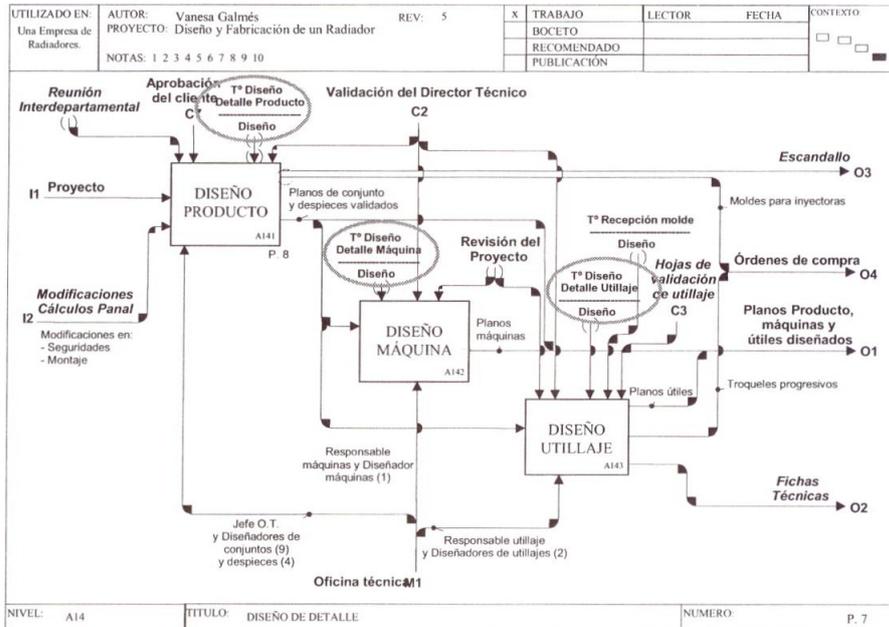


Fig. 21 Ejemplo de Modelo IDEFO

La posición de las cajas no hace referencia a secuencia u orden en el tiempo. Las flechas pueden mostrar procesos de realimentación, iteración, procesos continuos o solapes. Una salida de una caja podría realimentar a una caja previa para reactivar la actividad. A continuación se muestra un ejemplo de retroalimentación.

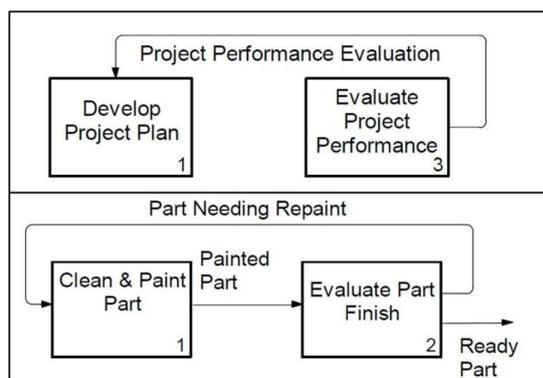


Fig. 22 Ejemplos Retroalimentación en IDEFO

5.2 Ramas y Nudos

Para entender completamente un diagrama IDEF0 se deben estudiar las cajas y las flechas que las unen. Las flechas representan las conexiones a las cajas, cualquier flecha de salida puede llegar a ser una entrada, un control o un mecanismo en cualquier otra caja. Las flechas pueden ser ramificadas cuando proveen datos a más de una caja.

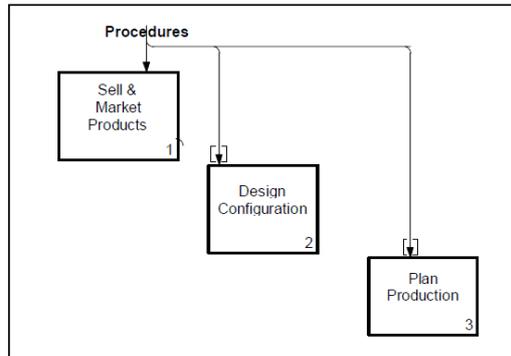


Fig. 22 Ramificación en IDEF0

Así mismo se pueden juntar las flechas, para indicar de esta manera que funciones distintas pueden producir la misma salida. De la misma forma un diagrama IDEF0 puede poseer múltiples entradas que a su vez generaran múltiples salidas a través de varios mecanismos, siendo para ello necesarios varios controles. Sin embargo, no se debe asumir que la salida puede ser producida por todas las entradas presentes, ni tampoco que cualquier salida requiera de todas las entradas para su producción. Por lo que se puede considerar una buena sugerencia que para leer un diagrama IDEF0, el lector debe concentrarse en las flechas que son más explícitas que los contenidos de las cajas.

5.3 Proceso de Lectura

Una vez que los lectores han adquirido experiencia para leer diagrama IDEF0 pueden de manera sistemática entender los mensajes y datos sutiles que se encuentran en ellos, comprendiendo los detalles para así poder evaluar y validar cada diagrama. Por lo que, para lograr una comprensión adecuada y completa de un diagrama IDEF0 es necesario seguir consecutivamente los pasos que a continuación se sugieren:

- i. Leer el título y el número de nodo.
- ii. Leer cada caja procurando entender cada una individualmente.
- iii. Leer las flechas internas, que revelarán los detalles de restricciones y flujo de datos, así como de procesos retroalimentados.
- iv. Leer las notas del autor, y devolver los comentarios correspondientes.
- v. Leer el material de apoyo asociado, como fotos, texto, etc.

Para comprensión del contexto de un diagrama IDEF0 y su relación con los sus padres e hijos se sugieren los siguientes pasos:

- a. Observar la caja padre y sus flechas.
- b. Ver como el diagrama conecta con sus padres.

- c. Leer el material de apoyo del diagrama padre.

5.4 Los Inconvenientes del IDEF0

A pesar de que IDEF0 es una técnica sencilla, detallada y precisa, también presenta ciertas desventajas respecto a otras metodologías de modelación de procesos. A continuación se hace una síntesis de estos inconvenientes:

- Para representar adecuadamente y completamente la estructura de un sistema se necesita una gran cantidad de diagramas, y en algunos casos resulta difícil correlacionar las entidades representadas en diferentes diagramas. Por lo que en el modelado de sistemas complejos la representación en diagramas IDEF0 se puede ir expandiendo más y más.
- En los diagramas de nivel superior, generalmente representan una abstracción enorme, y por tanto, no se percibe la complejidad del problema.
- Existe una diferencia de abstracción entre rectángulos y líneas: los rectángulos de los niveles superiores dentro de la globalidad del problema representan una gran cantidad de rectángulos y líneas de los niveles inferiores, mientras que las líneas apenas se desglosan ente un sistema y el siguiente.
- El poder expresivo de las líneas es bastante inferior al de los rectángulos, y esto no se corresponde con la realidad, puesto que en muchos casos debería constar la importancia de las líneas sobre los rectángulos.
- Algunos sistemas resultan especialmente complejos o engorrosos debido a la gran cantidad de líneas que se entre cruzan o visualizan, y que dificultan la comprensión del diagrama.
- Las vistas jerárquicas estilizadas constituyen otros problemas, debido a que de esta forma se obtienen pocas vistas de la estructura del proceso cuando se suelen necesitar bastantes. Así pues se establece la necesidad de varias vistas estructurales del problema para lo que habría que recurrir a otros métodos IDEF.

Capítulo V
LA METODOLOGÍA DELPHI
Y
EL PROCESO DE VALIDACIÓN
DE LOS
CONCEPTOS Y MODELOS PROPUESTOS

Capítulo V

LA METODOLOGÍA DELPHI Y LA VALIDACIÓN DE LA DEFINICIÓN A TRAVÉS DE ÉSTA

1. Introducción

Las reuniones tradicionales de expertos suelen ser un método ineficiente y poco efectivo para hacer predicciones y tomar decisiones. El estatus de cada persona del grupo, las habilidades del lenguaje, la situación anímica, la situación anímica y la personalidad propia de cada uno de los participantes puede sesgar cualquier discusión llevada a cabo por el grupo de trabajo y por tanto dificultar cualquier toma de decisión.

Delphi es un método de relativa simplicidad y de fácil implementación ya que existe un sitio web gratuito especializado (29), que puede ser utilizado para recopilar las opiniones, posiblemente divergentes, de un grupo pequeño de expertos, y que, mediante una discusión controlada de dichas opiniones se puede buscar llegar a un consenso que ayude a obtener ideas específicas y realmente útiles.

2. Breve Historia de la Metodología Delphi

Delphi es una metodología que fue desarrollada por Dalkey y Helmer dentro de la empresa Rand Corporation en el año de 1953, que inicialmente se desarrollo para analizar posibles estrategias de bombardeos que los soviéticos podrían llevar a cabo en el caso de una confrontación nuclear. Esta necesidad surge de la Fuerza Área de los Estados Unidos, misma entidad que reconoció que era necesario involucrar a todos los expertos militares en el tema que existían en los Estados Unido después de la Segunda Guerra Mundial.

La utilización de esta metodología para la realización de estudios inicio en el año de 1944, cuando el General Arnold pidió a Theodor von Kharman la preparación de un plan de previsiones futuras del desarrollo de nuevas tecnologías que pudieran ser de interés para la milicia. Arnold se va a la empresa Douglas Aircraft para establecer el proyecto RAND (acrónimo de Research and Development) para realizar otro estudio táctico militar. En 1959 Helmer y sus compañeros de investigación de RAND publican el estudio “La Epistemología de las Ciencias no Exactas”, que proporcione la base Filosófica de lo que hoy es la Metodología Delphi. Básicamente el documento establece que en aquellos campos del saber humano en los que no se ha establecido leyes científicas, es posible la utilización del criterio de los expertos en ese campo en lugar de dichas leyes. Por tanto el Método Delphi reconoce en esencia al juicio humano como elementos válidos para la realización de estudios de investigación.

La problemática detectada, ante el planteamiento del uso de la experiencia de los expertos, fue la de encontrar una forma de combinar las ideas de un grupo de expertos para generar una sola idea y que realmente permitiera la utilidad de esta forma de trabajo para lograr consensos. En una discusión entre un grupo de expertos reunidos físicamente, se presentan problemas tales como los prejuicios, el fenómeno llamado “tendencia a seguir al líder” y también la

renuencia a cambiar opiniones previamente establecidas. Con la idea de superar todas estas limitantes fue que se desarrollaron nuevas ideas teóricas y procedimientos metodológicos dentro de la empresa RAND, durante los años 50's y 60's. Desarrollándose así la Metodología Delphi que hoy se conoce ().

3. Filosofía del Método Delphi: Construcción de la realidad a través del Método Delphi

La llamada "Realidad" es el nombre que damos a una colección de hechos tácitos acerca de lo que algo "Es" o sobre conceptos que fundamentan la existencia de una entidad. Por lo que existen diversas realidades dependiendo del ámbito en el que se esté, por eso existe una realidad familiar, una realidad profesional, una realidad organizacional, etc. Pero desde la perspectiva del método Delphi, lo importante no son las realidades existentes, sino el producto que se obtenga al aplicar la metodología, es decir a través de lo que los expertos del panel definan como "la realidad" buscada a través de las iteraciones.

Las realidades pueden ser descritas por "Consensos" los cuales dan un significado a nuestros pensamientos dándole también, al mismo tiempo, un sentido razonable a nuestras acciones en cada situación determinada. La mayoría de estos acuerdos acerca de la realidad son implícitos, y son realmente una confirmación y una consonancia entre nuestros actos y nuestras palabras.

Uno de los aspectos más trascendentes de la técnica es la forma y el estilo de cómo se presentan el material a los panelistas. El material que debe presentarse no debe intentar crear un orden preestablecido o imponer una única conceptualización. Esto es un proceso totalmente personal. Debe estar diseñado para ayudar a pensar y no solamente representar únicamente la conceptualización de las ideas.

Si en un momento dado, los expertos se muestran reacios a hacer contribuciones concretas o por el contrario realizan una muy amplia, es casi seguro que se formen una serie de conjeturas, entre las que destaca la posibilidad de que el concepto de cada panelista se atribuya a la forma en que la información preliminar proporcionada en el material de la encuesta fue expuesta para estimular la respuesta además de la forma en que los panelistas creen que los resultados del estudio serán empleados.

4. El Método Delphi

4.1 Definición

El Método Delphi está basado en cuestionarios estructurados que hace uso de la intuición y conocimiento de los participantes, los cuales son considerados expertos en un campo de conocimiento determinado. Proporcionando resultados tanto cualitativos como cuantitativos e incluso predictivos. Se puede considerar que Delphi es una encuesta para expertos organizada en dos o más sesiones, en las que a partir de la segunda o posteriores los resultados obtenidos en la versión anterior del estudio son retroalimentados hacia los participantes. Esto quiere decir que los expertos responderán a partir de la "segunda encuesta" o "segunda ronda" bajo la influencia de las opiniones de sus colegas. Por lo tanto se puede afirmar que Delphi es una relativamente fuerte estructura de comunicación grupal sobre temáticas que aún no se

encuentran definidas completamente y que es juzgado subjetivamente por los expertos.

Se podría definir a esta Metodología basándonos en la referencia (30) como: *Un Método por medio del cual se estructura un sistema efectivo de comunicación entre un grupo de personas, que son consideradas como un todo, y cuyo objetivo es lograr un consenso de ideas sobre una problemática compleja dada.*

Otra definición formal, fue hecha por Wechsler que afirma sobre la Metodología Delphi lo siguiente: *“Delphi es una encuesta la cual es coordinada por un grupo de monitoreo, que compromete a un panel de expertos a trabajar en varias sesiones o rondas. Ningún experto del panel sabe quiénes son sus colegas que participan en el estudio, y cuyo objetivo es lograr un consenso a cerca de un tópico específico. Después de cada iteración se retroalimenta a los participantes con un análisis estadístico de los argumentos utilizados por los expertos, así como los argumentos y contra argumentos encontrados en las respuestas extremas...”*

4.2 Algunos Criterios para Aplicar el Método Delphi

El proceso de esta metodología, permite que el grupo de trabajo aprenda a través del punto de vista de otras personas, sin los inconvenientes que trae el trabajar en forma presencial, como lo sería el dominio que alguien puede ejercer por tener un mayor volumen de voz o por el prestigio profesional que una persona pueda poseer. El Método Delphi permite lograr que un grupo de especialistas puedan llegar a un acuerdo sobre una temática compleja de una forma sistemática. Ronda a ronda la información relevante es compartida complementando la experiencia previa de los participantes, quienes podrán dar mejores opiniones al tener acceso a una mayor información sobre el problema analizado.

Algunos criterios que permite discernir que es posible aplicar Técnica Delphi se resumen a continuación:

- a. El problema por sí mismo no permite el uso de técnicas analíticas pero puede beneficiarse de juicios subjetivos de un colectivo de expertos.
- b. Los individuos del grupo de trabajo pueden contribuir al análisis de una temática o problema, sin haber tenido comunicación previa como grupo, y con una diversidad de preparación y experiencia en relación con el tema en cuestión.
- c. Los factores de tiempo y costo no permiten reuniones presenciales del grupo de trabajo.
- d. Se desea mejorar los resultados de las reuniones presenciales a través de una metodología auxiliar.
- e. Cuando las diferencias entre los individuos son severas o políticamente insalvables por lo que se requiere asegurar el anonimato.
- f. Cuando se requiere un la participación de un grupo heterogéneo para asegurar la validez de los resultados del estudio.

Otras características que identifican esta metodología son:

- Es generalmente se utilizada para desarrollar conceptos que no existen o que aún no se encuentran completamente determinados o cuyo conocimiento esta en desarrollo.

- Las personas envueltas en un estudio Delphi solo dan opiniones o estimaciones sobre lo que se les pregunta.
- La participación de los expertos está centrada en su competencia profesional, basada en su conocimiento y experiencia en el área de conocimiento dentro de la que se encuentra la temática explorada en el estudio.
- Delphi trata de hacer uso de las predicciones visualizadas antes del estudio, con la intención de dar forma o incluso crear cierto tipo de predicciones acerca de las conceptualizaciones planteadas en el estudio.

Delphi sirve para el logro de alguno o la combinación de los siguientes objetivos:

- Asegurar que todas las posibles opiniones sean consideradas.
- Estimar el impacto y las consecuencias de una idea en particular.
- Examinar y estimar la aceptación de un argumento en particular.

En general esta técnica fue desarrollada para sobreponerse a varios retos psicosociales que se suelen presentar cuando se desarrolla un trabajo en grupo:

- Personalidades dominantes que puedan influir en las opiniones del grupo.
- La coacción de los participantes de tomar una postura ante el problema, antes de recibir la información completa o antes de conocer la opinión de los demás compañeros.
- La dificultad para aceptar argumentos personales de manera pública.
- La coacción de abandonar un punto de vista cuando éste se ha hecho público.

4.3 Procedimiento General

En el siguiente diagrama de flujo se muestra de forma global los pasos que se siguen cuando se utiliza la Técnica Delphi.

1. *Establecer la temática a evaluar.* Este paso puede ser desarrollado a través de una documentación del planteamiento del tópico o temática que se desea evaluar. Este paso también puede ser desarrollado con ayuda del grupo de expertos evaluadores ya que se le puede solicitar en el primer round, que den su opinión sobre los temas más importantes que deben ser tratados al analizar una problemática específica.
2. *Seleccionar al panel de expertos.* Para el cual no es necesario que sea un gran número de participantes. Con ocho miembros se considera un número suficiente (Wilson & Jones, 1996). Se envía un primer cuestionario para ser contestado y devuelto al equipo de monitoreo, quienes recopilarán las respuestas y las circularan entre todos los miembros del panel, acompañada de un nuevo formato de respuestas del cuestionario. De esta forma los miembros del panel podrán comparar sus respuestas con sus demás colegas del panel.
3. *Elaborar la primera encuesta.* En ocasiones en esta primera encuesta se pretende obtener el punto de vista de los expertos, en cuanto a cuáles serían los puntos a tratar más importantes de acuerdo a la temática. Es

en esta primera etapa a la que se le asigna más tiempo. Uno de los aspectos más trascendentes de la técnica es la forma y el estilo de cómo se presentan el material a los panelistas. El material que debe presentarse no debe intentar crear un orden preestablecido o imponer una única conceptualización. Esto es un proceso totalmente personal. Debe estar diseñado para ayudar a pensar y no solamente representar únicamente la conceptualización de las ideas.

4. *Analizar las Respuestas de la Primera Encuesta.* Hay tres posibles situaciones que se pueden dar:
 - a) Puede haber un consenso de opiniones entre los miembros del panel. Por lo que no se hace necesario una nueva consideración del tema por parte de los panelistas.
 - b) Uno de los panelistas no está de acuerdo con el consenso general. Por lo que esta persona puede escoger entre cambiar su opinión hacia lo que la mayoría de sus colegas opinan o mantener su idea. En esta última opción, se trataría de invitar al panelista a establecer una opinión formal respecto a su opinión, la cual se hará llegar a los demás miembros de comité de expertos.
 - c) Una tercera posibilidad es que no exista una opinión común respecto al tema planteado en la encuesta. Para este caso se aplicará un criterio similar al caso b, con la diferencia que el planteamiento general utilizado para la elaboración del cuestionario, es el que se considerará como una idea pseudo-consensada, repitiéndose esta operación hasta logra la convergencia de los panelistas. Esta situación es la que comúnmente se presenta al emplear la técnica de encuesta Delphi.

Este proceso iterativo es repetido hasta que los puntos de vista de los involucrados converjan, y en caso que dicha convergencia no se observe el proceso se detendrá.

5. *Recopilar Datos y Analizar Respuestas.* Después de establecer que el consenso se ha logrado, se hace un análisis estadístico con los datos que se obtuvieron para establecer, cuáles fueron las ideas finales a las que se llegó.
6. *Elaborar Reporte Final.* Con los resultados del análisis realizado en el paso anterior, se presentan las ideas finales obtenidas a través del consenso.

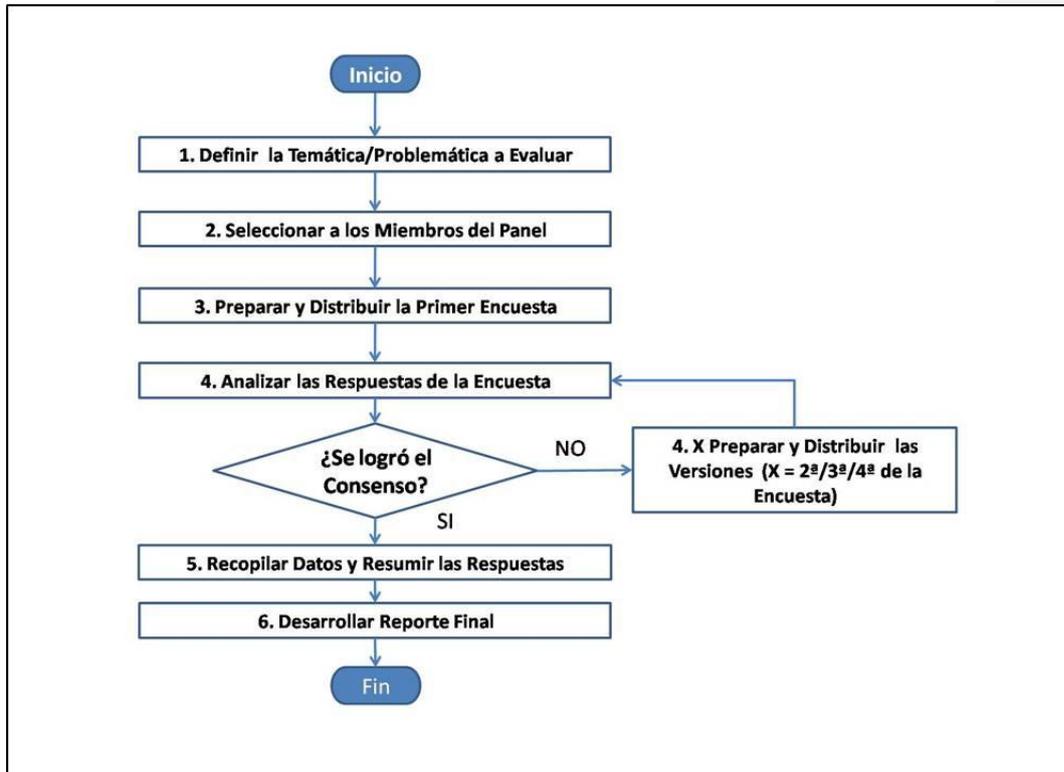


Fig. 23 Diagrama de Flujo Procedimiento General Delphi

5. Aplicaciones de la Técnica Delphi

Sección Basada en las referencias (31) (32) y (33)

En Ingeniería: *Previsión de los Plásticos y Materiales Competidores*

- i. Esta fue un estudio de 1985 que pretendía identificar y evaluar los posibles avances de los materiales plásticos y otros materiales compuestos (que compitieran en aplicaciones plásticas) que planteo un gran desafío en su momento. Dicho estudio se llevo a cabo utilizando cuestionarios que fueron enviados por el sistema de correo tradicional con la misma finalidad de evitar tener que reunir a los participantes en una discusión cara a cara.

Este estudio fue originalmente programado para ser completado en tres rondas de interrogatorios. Sin embargo, de acuerdo a como evolucionó el estudio, sólo dos rondas fueron necesarias. Esto ocurrió en virtud del alto grado de especialización por parte de los expertos y que se apreció en la primera ronda de respuestas y se hizo aún más evidente en la segunda ronda.

- ii. El método Delphi ha sido utilizado para desarrollar una taxonomía de los mecanismos de creación de conocimiento (Nambisan, Agarwal, y Tanniru, 1999). Los investigadores identificaron 19 mecanismos de creación de conocimiento en la literatura (por ejemplo, revistas, demostraciones de los proveedores, los comités directivos de TI, y los grupos de usuarios). Sostienen que la organización deliberada de diseño

en forma de mecanismos usuario puede facilitar la innovación en TI en beneficio de la organización. Usaron Delphi en 3 rondas y con 11 participantes de 6 organizaciones distintas. Además, verificaron la taxonomía en un estudio de campo utilizando la entrevista y métodos de encuesta. Si bien este estudio es riguroso, los autores del estudio no pudieron evaluar la "experiencia" de la muestra.

- iii. El creciente desarrollo de los ordenadores en la llamada sociedad de la información tiene efectos tanto positivos como negativos. Uno de los aspectos insidiosos de esta nueva era tecnológica es el crimen cibernético. La extracción y presentación de pruebas electrónicas en los tribunales es una forma importante y nueva área de la informática forense. Sin embargo, hay muchas nuevas y difíciles cuestiones jurídicas en dicho nuevo campo. El método Delphi fue utilizado por un equipo de investigadores para identificar los principios legales en los que se debe fundamentar la informática forense en la disciplina dentro del contexto Australiano (Brungs y Jamieson, 2005). Una dificultad con este tipo de investigación es que existen muy pocos expertos reconocidos en este ámbito. De estos 30 expertos, 11 participaron en estudio Delphi de tres rondas. Esta muestra heterogénea compuesta por tres grupos distintos: la policía, los reguladores y consultores. La muestra identificaron 17 temas en una sesión de lluvia de ideas y, a continuación, se clasifican y evaluado estos en el Delphi.

Investigadores	Temática Analizada	Rounds	Tamaño Muestra
Gustafson, Shukla, Delbecq, & Walster (1973)	Estimate almanac events to investigate Delphi accuracy.	2	4
Hartman & Baldwin (1995)	Validate research outcomes.	1	62
Czinkota & Ronkainen (1997)	Impact analysis of changes to the international business environment.	3	34
Kuo & Yu (1999)	Identify national park selection criteria.	1	28
Nambisan et al.(1999)	Develop a taxonomy of organizational mechanisms.	3	6
Lam, Petri, & Smith (2000)	Develop rules for a ceramic casting process.	3	3
Roberson, Collins, & Oreg (2005)	Examine and explain how recruitment message specificity influences job seeker attraction to organizations.	2	171
Scott (2000)	Rank technology management issues in new product development projects	3	20

Wynekoop & Walz (2000)	Rank the most important characteristics of high performing IT personnel.	3	9
R. Schmidt, Lyytinen, Keil, & Cule (2001)	Identify and rank software development project risks: an international comparative study.	3	Finland: 13, 13, & 13 Hong Kong: 11, 11 & 9 USA 21, 21 & 9
Keil, Tiwana, & Bush (2002)	Rank software development Project risks.	3	15, 15 & 10
Brungs & Jamieson (2005)	Identify and rank computer forensics legal issues.	3	11

Tabla 3 Proyecto Gubernamentales e Industriales con Técnica Delphi

6. Aplicando la Metodología Delphi a la Investigación

La flexibilidad de la Técnica Delphi ha propiciado su utilización en el desarrollo de investigaciones académicas tanto a nivel Maestría como a nivel Doctorado. Aunque esto no significa que se haya hecho en gran número, sino por el contrario su uso ha sido poco extendido. Algunos trabajos de investigación relevantes se mencionan en la siguiente tabla.

Proyectos Académicos Utilizando Delphi
Identifying the critical success factors for ERP implementation projects (Carson, 2005)
Developing a model of how technologies are developing and how they may fit with an organizational strategy (Gerdri, 2005);
Improving the quality of IT security audits (Pieko, 2005)
Identifying the criteria for measuring knowledge management efforts (Anantatmula, 2004)
Identifying why the strategies for a Defense Department IT project succeeded or failed (Birdsall, 2004)
Identifying emerging IT issues of the 21st century that affect public school board policies (Dahlby, 2004)

Tabla 4 Trabajos Académicos que Aplicaron Delphi

El trabajo de investigación usado como referencia para desarrollar esta sección muestra que en la base de datos de "Proquest Digital Dissertations" había hasta el momento en que realizaron la consulta 280 trabajos en donde se empleo la metodología Delphi. Esto es un argumento para afirmar que la utilización de esta técnica para validar las definiciones propuestas en relación a las mejores prácticas tiene el suficiente rigor como método aplicado a la investigación.

Un resumen breve, de las características encontradas, en los proyectos de la base de datos antes mencionada:

- El número de rounds utilizados varió de 3 a 5, dependiendo de la dificultad para lograr el consenso entre los expertos.
- Una gran variedad en el número de participantes en las encuestas, hubo trabajos en los que hubo 8 y en otros hasta 345.
- En el estudio donde hubo mayor número de participantes se debió a que el estudio implicaba una muestra heterogénea por lo que existieron 6 sub grupos diferentes.
- En la mayoría de los estudios Delphi las muestras fueron homogéneas.
- En la mayoría de los casos se utilizó el correo electrónico como medio de comunicación.
- La introducción de las nuevas tecnologías permitió poner las encuestas “online” en la Internet, por lo que varios estudios optaron por esta forma de trabajar con los expertos.
- En cuanto al análisis de los pocos estudios utilizaron análisis cualitativo, mientras que otros puramente cuantitativos.
- La mayoría de los estudios comenzó haciendo un análisis cuantitativo y a partir de la segunda ronda fue aplicado una evaluación cualitativa.
- En conclusión el uso de Delphi dentro de la investigación académica es muy variado en base a la flexibilidad misma de la técnica.

7. Justificación del Uso de Delphi en la Tesina

Con la información contenida en esta sección se afirma que para la evaluación de las definiciones propuestas en este trabajo de investigación, y en base a la naturaleza de las mismas era necesario que un grupo de expertos ayudara a su validación. Debido a que los participantes era un grupo ubicado en dos países diferentes, permitió determinar que las características de la Metodología Delphi daban la flexibilidad necesaria para los requerimientos de la evaluación de los conceptos establecidos en el trabajo.

Capítulo VI
RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN:
DEFINICIÓN Y MODELO FUNCIONAL
DE
“LAS MEJORES PRÁCTICAS
DE MODELADO DIGITAL DE PRODUCTOS
PARA SIMULACIÓN CAM”

Capítulo VI

RESULTADO DE INVESTIGACIÓN: LA DEFINICIÓN Y MODELO FUNCIONAL DE “LAS MEJORES PRÁCTICAS DE MDP PARA SIMULACIÓN CAM”

1. Introducción

En este capítulo se explica el proceso seguido para establecer las definiciones requeridas para la realización de la investigación, así como la forma en que se desarrollo el modelo funcional. Las definiciones propuesta se basaron esencialmente en el las características generales de una definición de un concepto y en el análisis de diversas referencias de información que ayudaron a establecer los conceptos. Posteriormente, una vez establecidas las definiciones de “Mejor Practica” (concepto general) y “Mejor Practica de Modelado CAD para Simulación CAM”, se aplico la metodología IDEF0 para generar sus modelos funcionales que describieran los conceptos como actividades.

2. Descripción del Proceso

El proceso seguido durante esta etapa del trabajo, se baso en comenzar con una definición general para posteriormente ir determinando particularidades, es decir se fue de lo general a lo particular. Se describe en forma general a continuación:

- i. Se hizo una investigación de posibles fuentes de información tales como la académica, empresas consultoras y patentes principalmente, seleccionando aquellas que pudieran proporcionar información acerca de los dos términos que se deseaban definir, como son: “Mejor Práctica” (definición general) y “Mejor Práctica de Modelado CAD para Simulación CAM”.
- ii. A través del análisis de textos se extrajo la información de las fuentes de información seleccionadas, así como datos necesarios para establecer las definiciones y sus características.
- iii. Después de obtener las definiciones y a partir de estas se generan modelos IDEF0 que describieran los conceptos desde el punto de vista de procesos.
- iv. En base a la síntesis obtenida del análisis de textos y a los modelos funcionales desarrollados, se establecieron las definiciones de los dos términos mencionados en el inciso a.
- v. Se decidió buscar un método para validar las definiciones propuestas eligiéndose la Metodología Delphi por su flexibilidad y características.
- vi. Se aplico la metodología Delphi para que un grupo de expertos validará los conceptos y modelos planteados en la investigación.
- vii. Se analizaron los resultados obtenidos a través de la Metodología Delphi, realizándose las modificaciones necesarias.
- viii. Se documento el trabajo realizado a través de las escritura de la Tesina.

3. La Definición de Conceptos: Características de una Definición

La definición formal de un concepto debe ser concisa y basarse en un patrón lógico de ideas, en las que se debe incluir tanta información como sea posible en el mínimo número de renglones u enunciados (34). Es importante mencionar que se busco en el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española

Las partes principales de una definición son:

Término

Es la palabra o frase que se define.

Clase

Determina la clase del objeto a la cual pertenece el término.

Características Distintivas

Son aquellas características que distinguen a un término de los demás elementos de la misma clase.

Durante el desarrollo de las definiciones propuestas a través del presente trabajo de investigación, se utilizó el formato de definición descrito en el párrafo anterior.

4. Definición General de “Mejor Práctica”(Concepto General)

El concepto General de “Mejor Practica” dentro de un entorno de negocio, que se ha desarrollado en este trabajo de investigación, está basado en tres puntos de vista dentro de las referencias utilizadas: desde un punto de vista lingüístico a través de las referencias (35) y (36); desde la perspectiva de la de empresas consultoras especializadas en el tema de Mejores Prácticas (referencia (37) y (38)]; y finalmente desde la visión de la propiedad intelectual a través de una patente de un sistema administrador de Mejores Practicas (39). De la misma forma se han identificado las características comunes en todas las referencias utilizadas y de esta forma establecer particularidades que distinguen a una “Mejor Práctica”. Es importante mencionar que se busco en el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española y no se encontró ninguna definición para “Mejor Práctica”.

Un resumen del proceso de análisis de las fuentes de información empleadas se muestra en las siguientes sub-secciones.

4.1 Perspectiva Lingüística

- El diccionario Webster define que una Mejor Práctica, “...es *aquella practica que bajo ciertas circunstancias es las más apropiada, y que es considerada como aceptable dentro de un entorno de negocios; una técnica o metodología que, a través de la experiencia e investigación, le ha otorgado fiabilidad que ha dado lugar a obtener el resultado óptimo deseado...*” (35).
- Otra referencia utilizada fue el diccionario Oxford University Press, en cuyo sitio de Internet define a una Mejor Práctica como: una manera para hacer algo y que es visto como un buen ejemplo de cómo debe

hacerse y que puede ser copiado por otras compañías u organización (36).

De estas dos definiciones es posible identificar y generalizar las siguientes características relacionadas con una Mejor Práctica en un ambiente de negocio:

- i. Esencialmente una Mejor Práctica es una técnica o metodología.
- ii. Está basada en experiencia práctica e investigación.
- iii. Su principal objetivo es obtener el mejor resultado posible.
- iv. Esta técnica o método puede ser transferida, es decir puede ser utilizada por otras personas, equipos de trabajo u organizaciones.

4.2 Perspectiva de la Propiedad Intelectual

El documento analizado es una solicitud de patente en los Estados Unidos de América (39), en este documento se describe un sistema automático que permite la administración de las Mejores Prácticas. En base al estudio realizado se destacan los siguientes aspectos:

Una Mejor Practica se considera como:

- Un Proceso. Esto significa que una Mejor Práctica aplica una metodología específica que requiere de ciertas herramientas y técnicas. Además, esta característica de una Mejor Prácticas muestra las relaciones entre los procesos asociados a dicha Mejor Práctica dentro de una misma organización o en otros procedimientos de empresas externas. Estas relaciones interprocesos son las que permiten la repetitividad de una Mejor Práctica.
- Un Método o Metodología. Proporciona un conjunto de componentes que describen aspectos individuales del trabajo desempeñado dentro de una disciplina relevante y que además describe uno o más enlaces o dependencia entre dichos componentes. Si una mejor práctica tiene múltiples métodos, cada uno individualmente define una porción del trabajo requerido, y esto puede a su vez definir una o más relaciones con otras disciplinas o entre funciones de la misma disciplina.
- Una Estructura. Esto proporciona una organización común que facilita la transferencia e integración de los componentes de la metodología dentro de los niveles de método y proceso entre las múltiples unidades de trabajo de la organización. La estructura del la Mejor Práctica permite la identificación de los términos comunes y los puntos de vista que permiten la coherencia y coordinación entre el método y los procesos dentro de la metodología.
- Proceso de Validación. Este es un criterio para definir si una práctica puede calificar como “Mejor Práctica”, y que sea identificada en forma colaborativa por los miembros de la organización que tienen experiencia como usuarios de dicha práctica. Antes de que una experiencia práctica pueda ser considerada como una “Mejor Práctica” deberá pasar por diversas etapas evolutivas basadas en la políticas y criterios de la Empresa, por lo que el Proceso de Validación se convierte en un sistema de monitoreo de la evolución del procedimiento de la Mejor Práctica respecto a las etapas del ciclo evolutivo.

Haciendo una sinopsis de las ideas encontradas en la patente se concluye que:

- a. Una “Mejor Práctica” es considerada dentro de un ambiente cooperativo/colaborativo.
- b. Existen relaciones con otros procesos o metodologías internas o externas.
- c. Requiere de una estructura que permita el intercambio y transferencia de información.
- d. Existe un proceso de validación asociado a la “Mejor Práctica”.

5. Características de una “Mejor Practica de Modelado CAD en el Desarrollo de Productos”

En esta sección se va a presentar las características que van a distinguir a una “Mejor Práctica” de una “Mejor Practica de Modelado CAD en el Desarrollo de Productos” y más adelante se introducirá cuales son las particularidades que distinguirían a una “Mejor Practica de Modelado CAD para Simulación CAM” de los dos tipos antes mencionados.

Las referencias documentales que se utilizaron en este caso, en primer lugar se utiliza un manual de una empresa desarrolladora de una herramienta de software de CAE, la cual está dirigida a ingenieros de diseño CAD en el cual se hace una serie de recomendaciones que ellos denominan como “Mejores Prácticas”. Estas ideas planteadas en el manual, tienen el objetivo de simplificar el proceso de generar la representación matemática de un elemento o componente de un producto para su posterior análisis a través de una herramienta tecnológica CAE (40). La siguiente referencia utilizada es un manual de recomendaciones para el modelado CAD de componentes plásticos con el idea principal de facilitar el proceso de fabricación (41). Finalmente es utilizado un caso de estudio de un trabajo de fin de carrera de la carrera de Ingeniero Industrial con especialidad en el desarrollo de productos, que describe el proceso de diseño de en una empresa del sector de la automoción [cdve 2007 Faurencia,19].

5. Algunos Conceptos de Mejores Prácticas en el Desarrollo de Nuevos Productos

En base a la referencia de (42) se define una Mejor Práctica dentro del entorno de Desarrollo de Nuevos Productos como: *Métodos, Herramientas o Técnicas que mejoran el desempeño. En el Desarrollo de Nuevos Productos, no solamente una herramienta o una técnica asegura el éxito del diseño de un producto; sin embargo un un conjunto de técnicas o herramientas puede aumentar las probabilidades de lograr un buen producto. Esto es considerado una aproximación de una mejor práctica bajo este contexto.*

Otra definición de Mejor Práctica en el entorno de Desarrollo de Nuevos Productos es: *un Método Superior o innovador práctica que contribuir para mejorar el desempeño de una organización, y que usualmente es reconocida como la “Mejor” por otras organizaciones similares (43).*

Un concepto asociado al descrito en el párrafo anterior, es el de “Estudio de una Mejor Práctica”, que básicamente se refiere al proceso de analizar organizaciones exitosas y seleccionar los mejor de sus formas de trabajo o proceso para imitarlo. Dentro del desarrollo de nuevos productos esto significa

encontrar los mejores procesos prácticos, adaptarse a ellos para implantarlos internamente.

5.1 Perspectiva del Modelado para Simulación CAE

En base al análisis de la referencia (40) una “Mejor Práctica de Modelado CAD” se caracteriza por:

- i. Ser información concerniente a cómo optimizar el diseño para lograr un balance entre la precisión del resultado y el tiempo de procesamiento requerido por el proceso de análisis, lo que implica la generación de un modelo CAD sin errores.
- ii. No ser un proceso de enseñanza a cerca de los principios fundamentales de un análisis CAE, si no que en base a los conocimientos previos de los ingenieros de diseño de logre el objetivo de optimización mencionado en el punto anterior.
- iii. Ayudar a enfrentar problemas comunes para lograr obtener un producto satisfactorio en términos de precisión con el menor número de problemáticas durante el proceso de desarrollo del modelo CAD. Un ejemplo puede ser la eliminación de ciertos elementos geométricos para simplificar la representación geométrica digital.
- iv. Especificar la relación con la versión del sistema CAD utilizada.

Es importante hacer notar que este fabricante de software CAE desarrollo manuales con los tips, para cada uno de los principales sistemas CAD comerciales. Prácticamente se describe el mismo método en todos ellos, y la diferencia radica en que describe los comandos específicos utilizados en cada software CAD.

5.2 Perspectiva del Modelado de Componentes Plásticos.

Esta sección describe el análisis de fuente consultada que hace referencia a mejores prácticas de modelado, que en este caso son denominadas como “Tips de Diseño” que es documento de acceso público de la empresa Protomold. Estos consejos prácticos van dirigidos a ingenieros de diseño con cierta experiencia en el modelado de componentes plásticos y los procesos de fabricación asociados con estos. Las siguientes ideas resumen los principales beneficios obtenidos a través de la aplicación de los llamados “Tips de Diseño” contenidos en la referencia (41).

- a) A través de la utilización de un tip de diseño, es posible reducir el costo específico del proceso de fabricación de un componente plástico.
- b) Por medio de uso de estas guías de modelado puede reducirse las tensiones en el material plástico, lo que repercutiría en el tiempo de ejecución del proceso de análisis CAE.
- c) En general los tips de diseño están orientados a mantener altos estándares de calidad de los productos plásticos.

5.3 Perspectiva de la Administración del Conocimiento en un Proceso de Diseño

En base al análisis del proyecto de fin de carrera, en el que se desarrollo la metodología para la implementación de un sistema para la administración del conocimiento dentro del departamento de diseño de una empresa española del

sector de la automoción (44), se tiene que una Mejor Práctica posee las siguientes características:

- a. Relativo a un Método. Este procedimiento ha sido desarrollado en base a un producto determinado (con características geométricas específicas), en base al cual se determina cómo generar la representación matemática CAD utilizando un determinado software de modelado geométrico.
- b. Inmerso en un Determinado Ambiente de Trabajo. Es decir que está enfocado en un usuario o grupo de usuarios que de forma colaborativa crean y/o validan la metodología.
- c. Interoperabilidad con otros Procesos de la Organización. Es importante establecer clara mente la relación entre el flujo de datos en la empresa y los procesos relacionados a ellos y a la creación de modelos CAD para crear una integración.
- d. Proceso de Monitoreo y Validación. Existe un proceso de monitoreo de la Mejor Práctica, que revisa la evolución de una metodología ya que ésta se genera dentro de un proceso dinámico. El monitoreo tiene como objetivo la validación de la metodología para establecer un estatus de la misma, para propiciar un procedimiento de mejora continua. El monitoreo está basado en una política de la empresa basada en la directiva marcada por la alta gerencia.

5.4 Síntesis de las Características de una Mejor Práctica de Modelado

En base al análisis de los fuentes de información de la sección anterior, se puede inferir que una Mejor Práctica de Modelado CAD (MPMC) dentro del Desarrollo de Digital de Productos se caracteriza por:

- i. Permite optimizar la creación de modelos CAD por medio de la potenciación de las habilidades de los ingenieros diseñadores en el manejo de la herramienta tecnológica CAD.
- ii. Crearse a partir de los requerimientos de fabricación, que inciden directamente en la forma en que se construye la geometría.
- iii. Ser dinámica, ya que está inmersa dentro de un proceso de mejora continua, por lo que se hace necesario un sistema de monitoreo basado en las políticas y directivas de la empresa.
- iv. Está dirigida hacia un grupo específico de trabajo (unidad de negocio), dentro de un ambiente de diseño de productos.

6. Modelos Funcionales

6.1 Modelo IDEF0 para “Mejor Práctica” como Proceso Genérico

Propósito y del Modelo

El propósito de este modelo es describir el proceso general por medio del cual se define una Nueva Mejor Practica bajo un contexto de negocio. Se trata de establecer cuáles son las entradas que hacen que comience este proceso para

poder determinar cuáles son los criterios o requerimientos que debe cumplir este procedimiento (controles). Es de suma importancia establecer cuáles son los productos finales o salidas de la acción de identificar una Nueva Mejor Práctica. También se desea mostrar cuales deben ser los medios mínimos necesarios para que se lleve a cabo este proceso.

Modelo Funcional

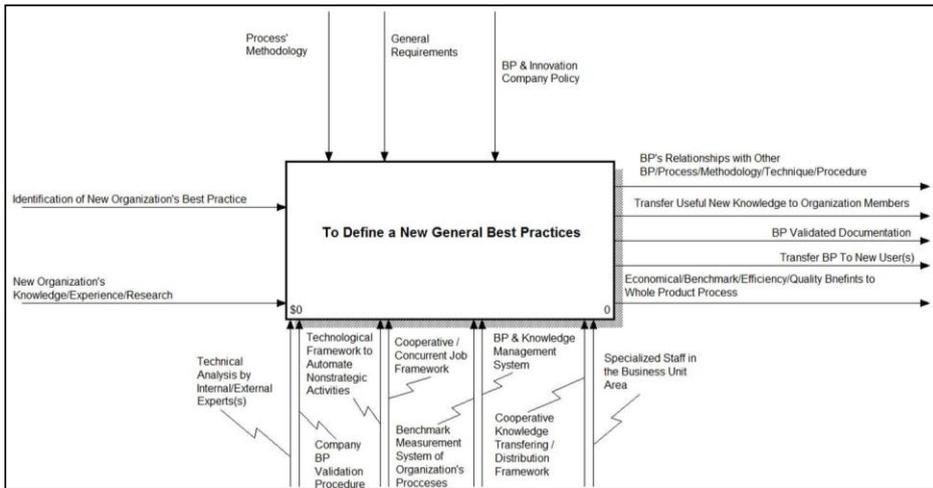


Fig. 24 IDEFO A-0 Definir una “Mejor Práctica” General

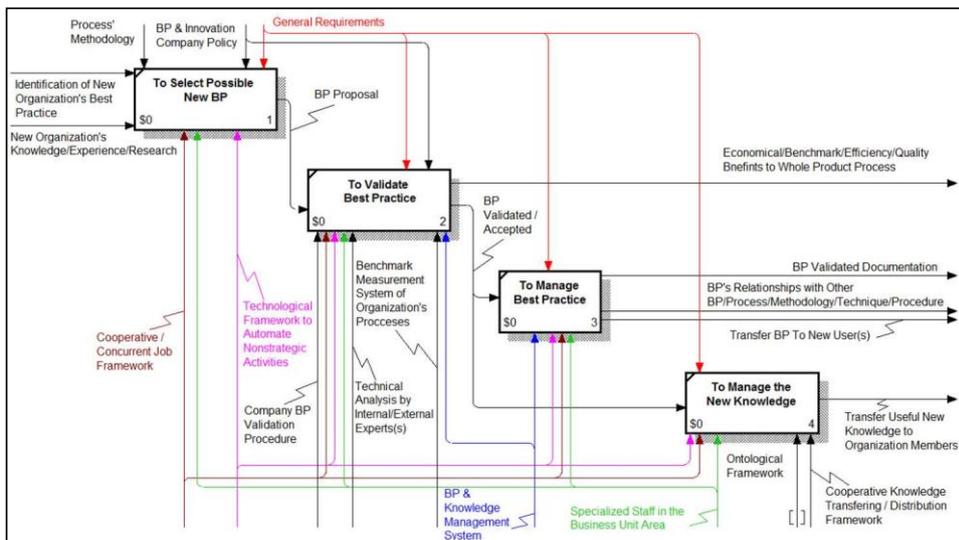


Fig. 25 IDEFO A0 Definir una “Mejor Práctica” General

Descripción de los Elementos del Modelo Funcional

Entradas

- *Identificación de una Nueva Práctica.* Esta es la entrada que dispara el proceso de definir un Mejor Práctica en un entorno general de negocios.
- *Nuevo Conocimiento/Experiencia/Investigación Organizacional.* Esta entrada puede ser la segunda causa por la que se dispara un el proceso

de definir una mejor práctica. Es decir, un nuevo conocimiento, experiencia o resultado de una investigación puede provocar que se analice la posibilidad de especificar una “Mejor Práctica” dentro de un proceso de negocio de la organización.

Salidas

- *Relaciones de la “Mejor Práctica” con otras(os) “Mejores Prácticas” / Proceso / Metodología / Técnica / Procedimiento.* Esto es, al establecer una práctica como la mejor, se deberá especificar las relaciones que mantiene con otras mejores prácticas, procesos, metodologías, técnicas o procedimientos.
- *Transferir el Nuevo Conocimiento a otros Miembros de la Organización.* Esto a partir de que la “Mejor Práctica” es identificada, significa que hay una forma de conocimiento útil para la organización por lo que ésta debe ser trasladada a todos los posibles beneficiarios de la empresa.
- *Documentación de la Validación de la Mejor Práctica.* Toda práctica que ha recibido el estatus de “Mejor”, deberá ser documentada como parte de los procedimientos de negocio de la organización.
- *Transferir la “Mejor Práctica” a Nuevos Usuarios.* La existencia de una forma de trabajo óptima dentro de una unidad determinada de trabajo, debe pasar a ser un procedimiento de trabajo estándar.
- *Beneficios Económico/De Desempeño/Eficiencia/Calidad para el Proceso Completo del Producto.* Esto significa que una “Mejor Práctica” proporciona beneficios que en este caso pueden ser de tipo, económico, de mejora en el desempeño, calidad o la eficiencia de un proceso. Aunque estos beneficios deben ser evidentes en la unidad negocio en la que se generó la “Mejor Práctica”, los beneficios deben repercutir en el negocio como conjunto completo.

Controles

- *Metodología del Proceso.* Cada práctica de negocio es controlada por un conjunto de métodos preexistentes a la práctica. Estos métodos definen la manera “tradicional” como se deben desempeñar las actividades de un procedimiento determinado.
- *Requerimientos Generales.* Cualquier actividad dentro de un proceso de negocio dentro de una empresa, está restringido y controlado por un conjunto de requerimientos que una determinada actividad debe cumplir.
- *Política de Innovación y Mejores Prácticas de la Empresa.* Estas dos políticas son directivas establecidas por la organización para establecer un criterio general en estos dos aspectos: la innovación y las mejores prácticas. Por ejemplo: *para la dirección de la empresa se considerara una buena práctica, aquella que al aplicarla se reduce en 20% el coste del proceso.*

Mecanismos

- *Análisis Técnico por parte de un Experto Interno o Externo.* Todo práctica que sea evaluada deberá ser validada por una o varias personas que se consideren expertas en el área de trabajo y las técnicas usadas en ellas. Muchas veces esto está relacionado con las herramientas tecnológicas utilizadas en la práctica.

- *Proceso de Validación de “Mejor Práctica” de la Empresa.* Cada empresa que gestione sus mejores prácticas deberá establecer claramente una serie de pasos de un proceso general para la validación de un conjunto de actividades como “Mejor Práctica”.
- *Infraestructura Tecnológica para Automatizar Actividades no Estratégicas.* Esto es que debe existir soluciones que permitan que aquellas actividades que no sean de un alto valor agregado para el proceso desempeñado, se automaticen.
- *Infraestructura/Ambiente para un Entorno Colaborativo/Concurrente de Trabajo.* Esto quiere decir que deben existir en una “Mejor Práctica”, mecanismos que permitan que los involucrados desarrollen sus actividades de forma colaborativa y concurrente. Ejemplo: Sistemas PLM o tecnologías web 3.0 para el intercambio de ideas, información, datos, etc.
- *Sistema de Medición de Desempeño de los Procesos de la Empresa.* La organización que gestiona las “Mejores Prácticas”, posee un sistema que mide el desempeño de sus procedimientos productivos. Esto es con el objetivo de poder ir monitoreando el ciclo de vida de dichos procesos.
- *Sistema Gestor de Mejores Prácticas y Conocimiento.* Debe existir un sistema tecnológico capaz de almacenar toda la información referente a las Mejores Prácticas que conforman el llamado Capital Intelectual de una organización (conocimiento o Know-How).
- *Infraestructura para la Transferencia/Distribución de Conocimiento de Forma Colaborativa.* La empresa debe contar con una infraestructura tecnológica que facilite la comunicación y transmisión del conocimiento de forma colaborativa. La colaboración es necesaria ya que muchas veces es necesario el aprendizaje colaborativo para lograr una eficiente transmisión de las experiencias. Esta transferencia de ideas debe contar con mecanismos que monitoreen que el proceso de distribución se cumpla.
- *Factor Humano Especializado dentro de la Unidad de Negocio.* Cada unidad de negocio donde se desarrolle una buena práctica debe contar con personal cualificado y especializado (en cuanto a conocimiento y el manejo de herramientas tecnológicas) en relación a las actividades desempeñadas.

6.2 Modelo IDEF0 para “Mejor Práctica de Modelado CAD para Simulación CAM”

Propósito del Modelo

Al igual que en el caso del propósito del Modelo Funcional del apartado 5.1, se pretende a través de este diagrama IDEF representar el proceso para establecer una Práctica de Modelado Digital de Productos como una Mejor Práctica dentro de una organización orientada a la fabricación. Este modelo ha sido desarrollado bajo el contexto de Fábrica Digital o Virtual descrita en el Capítulo I de esta tesina.

Modelo Funcional

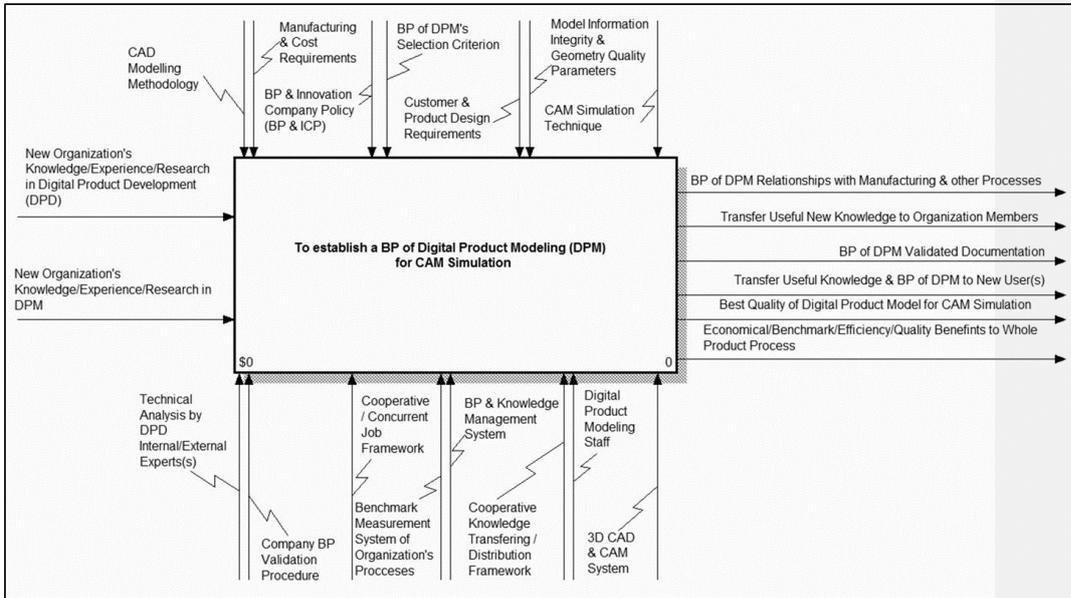


Fig. 26 IDEF0 A-0 Proceso para Establecer una “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM”

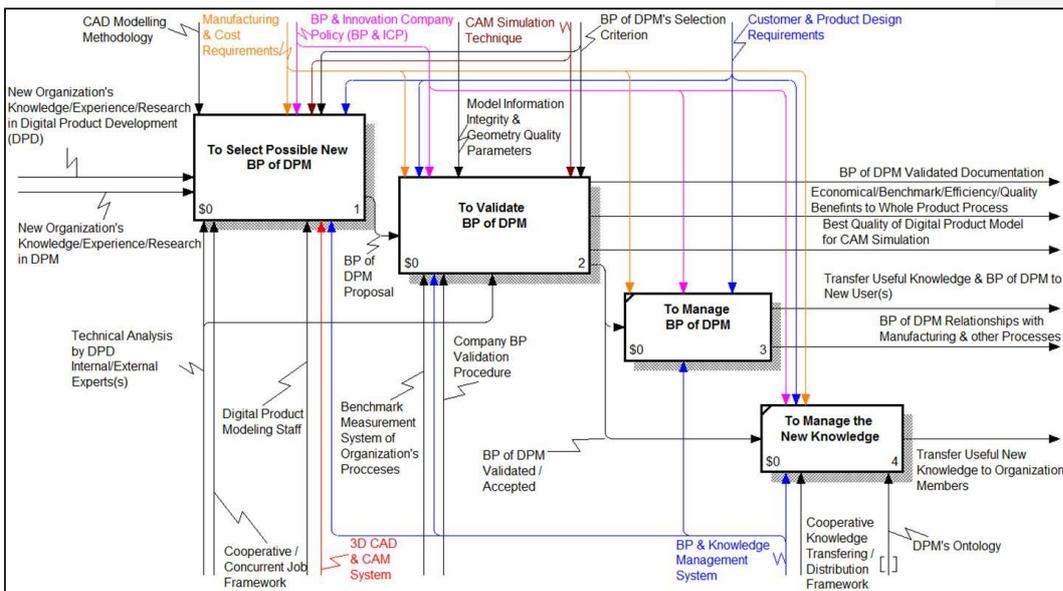


Fig. 27 IDEF0 A0 Proceso para Establecer una “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM”

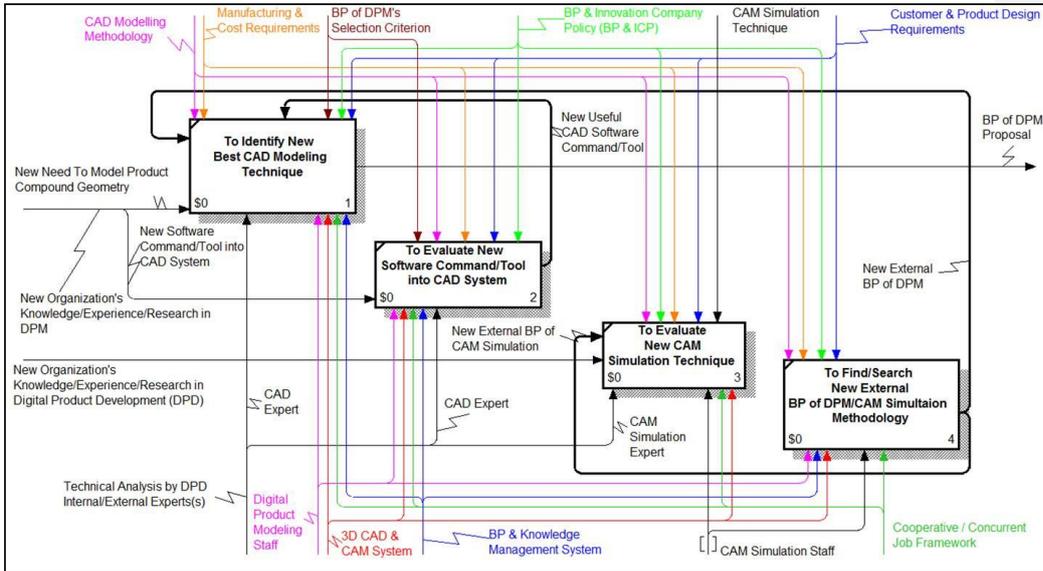


Fig. 28 IDEF0 A1 Proceso: Para Seleccionar una Posible “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM”

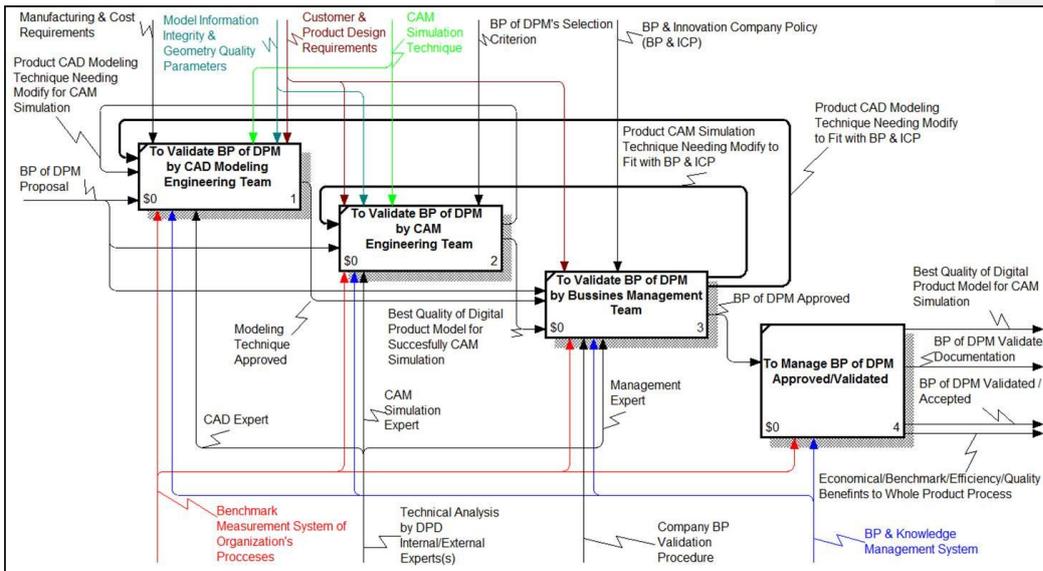


Fig. 29 IDEF0 A2 Proceso para Validar una “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM”

Descripción de los Elementos del Modelo Funcional

Entradas

- *Nuevo Conocimiento/Experiencia/Investigación en el Modelado Digital de Productos.* Esta es una de las entradas que dispara el proceso de definir un Mejor Práctica en el Modelado Digital de Productos, la cual es generada específicamente dentro del proceso de modelado CAD del ciclo de vida de un producto.

- *Nuevo Conocimiento/Experiencia/Investigación en el Desarrollo Digital de Productos.* Esta entrada puede ser la segunda causa por la que se dispara un el proceso de definir Mejor Práctica en el Modelado Digital de Productos. Pero a diferencia de la anterior es que la práctica puede haberse generado dentro de cualquier etapa del ciclo de desarrollo de un producto.

Salidas

- *Relaciones de la “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos” con otras(os) “Mejores Prácticas” / Procesos / Metodologías / Técnicas.* Esto significa que, al establecer una práctica como la mejor dentro del ámbito de Modelado Digital de Productos, se deberá especificar las relaciones que mantiene con otras mejores prácticas, procesos, metodologías, técnicas o procedimientos.
- *Transferir el Nuevo Conocimiento a otros Miembros de la Organización.* Esto a partir de que la “Mejor Práctica” es identificada, significa que hay una forma de conocimiento útil para la organización por lo que ésta debe ser trasladada a todos los posibles beneficiarios de la empresa.
- *Documentación de la Validación de la “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos”.* Toda práctica que ha recibido el estatus de “Mejor”, deberá ser documentada como parte de los procedimientos de negocio de la organización. En el caso de un procedimiento de modelado deberá haber una parte que especifique detalles sobre los comandos usados en un sistema CAD específico.
- *Transferir la “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos” a Nuevos Usuarios.* La existencia de una forma de trabajo óptima dentro de una unidad determinada de trabajo como el caso de área de diseño CAD, debe pasar a ser un procedimiento de trabajo estándar.
- *La Mejor Calidad en Modelo Digital del Producto para Simulación CAM.* La Mejor Calidad hace referencia a que el producto final más importante de una Mejor Práctica de este tipo, es una Modelo CAD con la calidad óptima para desarrollar una simulación CAM.
- *Beneficios Económico/De Desempeño/Eficiencia/Calidad para el Proceso Completo del Producto.* Esto significa que una “Mejor Práctica” proporciona beneficios que en este caso pueden ser de tipo, económico, de mejora en el desempeño, calidad o la eficiencia de un proceso. Aunque estos beneficios deben ser evidentes en la unidad negocio en la que se generó la “Mejor Práctica”, los beneficios deben repercutir en el negocio como conjunto completo.

Controles

- *Metodología de Modelado CAD.* Esta clase de práctica de negocio, el modelado digital de productos, es controlada por un conjunto de métodos preexistentes para la creación de modelos 3D CAD.
- *Requerimientos de Manufactura y de Coste.* Cualquier actividad dentro de un proceso de negocio dentro de una empresa, está restringido y controlado por un conjunto de requerimientos que una determinada actividad debe cumplir.

- *Política de Innovación y Mejores Prácticas de la Empresa.* Estas dos políticas son directivas establecidas por la organización para establecer un criterio general en estos dos aspectos: la innovación y las mejores prácticas. Por ejemplo: *para la dirección de la empresa se considerara una buena práctica, aquella que al aplicarla se reduce en 20% el coste del proceso.*
- *Política de “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos”.* Esta es la política que establece un criterio concreto que será utilizado para determinar cuándo una forma de trabajo adquiere el estatus de “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos”.
- *Requerimientos del Cliente y del Producto.* Estos son las exigencias del cliente que un producto que se está diseñando debe cumplir. Esta idea es que en muchas empresas que tienen una cartera de clientes cada uno de los cuales puede tener una requerimiento diferente. Esto hace que una Mejor Practica deba cumplir esta característica lo que significa que podrían crearse Mejores en Prácticas específicas para un cliente.
- *Integridad de la Información del Modelo.* Esto quiere decir que debe existir un control en la integridad del contenido de los datos de un archivo de un modelo CAD para que pueda ser utilizados posteriormente en un proceso de simulación CAM.
- *Calidad de Geométrica.* Una geometría debe estar optimizada para el proceso de fabricación con el que será fabricada, pero en el contexto de una simulación CAM, esta geometría debe evitar ciertos errores superficiales que se generan en base a la forma en que la geometría es creada.
- *Técnica de Modelado CAM.* La técnica junto con la herramienta tecnológica CAM con la que realizará la prueba virtual de manufactura del producto que se pretende diseñar, controlan el desempeño del método de construcción geométrica CAD.

Mecanismos

- *Análisis Técnico por parte de un Experto Interno o Externo en “Desarrollo Digital de Productos”.* Toda práctica que sea evaluada deberá ser verificada por una o varias personas que se consideren expertas en el área de trabajo, en este caso en el Desarrollo Digital de Productos y las técnicas usadas en ellas. Muchas veces esto está relacionado con las herramientas tecnológicas utilizadas en la práctica.
- *Proceso de Validación de “Mejor Práctica” de la Empresa.* Cada empresa que gestione sus mejores prácticas deberá establecer claramente una serie de pasos de un proceso general para la validación de un conjunto de actividades como “Mejor Práctica”.
- *Infraestructura Tecnológica para Automatizar Actividades no Estratégicas.* Esto es que debe existir soluciones que permitan que aquellas actividades que no sean de un alto valor agregado para el proceso desempeñado, se automaticen.
- *Infraestructura/Ambiente para un Entorno Colaborativo/Concurrente de Trabajo.* Esto quiere decir que deben existir en una “Mejor Práctica”, mecanismos que permitan que los involucrados desarrollen sus actividades de forma colaborativa y concurrente. Ejemplo: Sistemas PLM

- o tecnologías web 3.0 para el intercambio de ideas, información, datos, etc.
- *Sistema de Medición de Desempeño de los Procesos de la Empresa.* La organización que gestiona las “Mejores Prácticas”, posee un sistema que mide el desempeño de sus procedimientos productivos. Esto es con el objetivo de poder ir monitoreando el ciclo de vida de dichos procesos.
 - *Sistema Gestor de Mejores Prácticas y Conocimiento.* Debe existir un sistema tecnológico capaz de almacenar toda la información referente a las Mejores Prácticas que conforman el llamado Capital Intelectual de una organización (conocimiento o Know-How).
 - *Infraestructura para la Transferencia/Distribución de Conocimiento de Forma Colaborativa.* La empresa debe contar con una infraestructura tecnológica que facilite la comunicación y transmisión del conocimiento de forma colaborativa. La colaboración es necesaria ya que muchas veces es necesario el aprendizaje colaborativo para lograr una eficiente transmisión de las experiencias. Esta transferencia de ideas debe contar con mecanismos que monitoreen que el proceso de distribución se cumpla.
 - *Factor Humano Especializado en el Modelado Digital de Productos.* Específicamente para una mejor practica relacionada con el modelado CAD, se debe tener personal especializado en el uso de tecnología 3D CAD.
 - *Sistemas CAD y CAM.* Se requiere contar con tecnología para la creación de modelos 3D (sistemas CAD) y una tecnología para la simulación. Esto dependerá de los sistemas implantados por la empresa, y con los que se interactúe con otros clientes o proveedores dentro de la cadena de valor del producto que se maneje.

7. Definiciones Iniciales Propuestas

A continuación se presentan las definiciones que se obtuvieron en la parte inicial de la investigación. Dichas definiciones fueron obtenidas a partir de los documentos y fuentes de información mencionados en las secciones anteriores. Fueron estos conceptos los que posteriormente fueron validados a través de la Metodología Delphi.

7.1 Concepto General de “Mejor Práctica”.

Término = Mejor Práctica

Clase = Procesos Generales de Negocio

Definición Formal Completa = Una “Mejor Práctica” (“MP”) en términos generales, es una práctica la cual es la más apropiada bajo las circunstancias y el ambiente de trabajo en el que se lleva a cabo; que normalmente es considerada como aceptada como una técnica o metodología que, a través de la experiencia e investigación permite alcanzar un resultado optimo deseado.

Características Distintivas

- i) Una “MP” metodología usa una Técnica, una Metodología o un Procedimiento.
- ii) Está basada en experiencia práctica e investigación

- iii) Una “MP” debe poder demostrar a través de evidencia que es mejor y/o más rápida y/o más económica.
- iv) El objetivo principal de una “MP” es obtener el mejor producto final posible.
- v) Una “MP” puede transferir la técnica, el método o conocimiento contenida en ella, para poder ser utilizado por otras personas, equipos de trabajo u organizaciones.
- vi) Una “MP” se desarrolla dentro de un ambiente de trabajo cooperativo/concurrente.
- vii) Una “MP” tiene relación(es) con otros procesos o metodologías internas o externas.
- viii) Una “MP” requiere de una infraestructura para compartir la transferencia e integración de la metodología y las actividades vinculadas al proceso a todas las unidades de negocio y equipos de trabajo de la empresa.
- ix) Una “MP” requiere de una infraestructura que permita gestionar tanto “conocimiento” como las “mejores prácticas” de la organización, para poder ser transferido a otras unidades de negocio y equipos de trabajo.
- x) Una “MP” debe haber sido validada a través de un proceso de validación de la empresa y también por expertos (internos o externos) en el área de conocimiento de la práctica.
- xi) Una “MP” requiere personal especializado en la unidad de negocio de dicha práctica.

7.2 Concepto General de “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM”.

Término = Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos (MP de MDP) para Simulación CAM

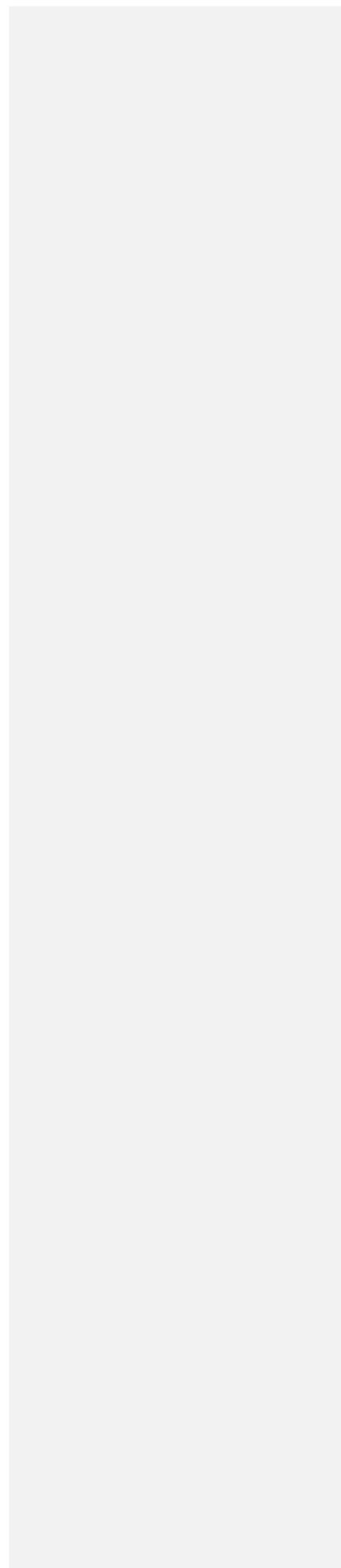
Clase = Proceso o Metodología de Diseño en Ingeniería Mecánica

Definición Formal Completa = Una “MP de MDP para Simulación CAM” es un procedimiento o metodología de diseño dentro de un entorno digital de fabricación usando una aplicación de software 3D CAD. La cual está basada en la experiencia humana y que permite crear la representación matemática de un componente de un sistema mecánico, cuyo proceso de fabricación será simulado en un software de CAM, para optimizar la interoperabilidad entre las aplicaciones CAD y CAM dentro de una atmosfera cooperativa y/o concurrente.

Características Distintivas

- i. Una “MP de MDP para Simulación CAM” utiliza una metodología de diseño 3D CAD.
- ii. Una “MP de MDP para Simulación CAM” está basada en la experiencia e investigación en el Desarrollo Digital de Productos.
- iii. Una “MP de MDP para Simulación CAM” debe demostrar a través de evidencia que es mejor y/o rápida y/o barata, y que mejora el proceso de Desarrollo Digital de Productos dentro de una organización industrial.
- iv. El principal objetivo de una “MP de MDP para Simulación CAM” es obtener la mejor calidad posible del modelo CAD que será simulado en un sistema CAM.

- v. La técnica o el método de la “MP de MDP para Simulación CAM” para la creación del modelo 3D de un producto, puede ser transferido a otras personas, equipos de trabajo u organizaciones.
- vi. Una “MP de MDP para Simulación CAM” utiliza herramientas tecnológicas 3D CAD y CAM que su selección dependerá del criterio de la empresa.
- vii. Una “MP de MDP para Simulación CAM” está considerada dentro un ambiente de trabajo cooperativo/concurrente.
- viii. Una “MP de MDP para Simulación CAM” tiene relación con un proceso de fabricación determinado y con procesos o metodologías internas o externas.
- ix. Una “MP de MDP para Simulación CAM” requiere de una infraestructura que facilite la distribución e integración de la metodología y actividades relacionadas al proceso de modelado, hacia todas las unidades de negocio y equipos de trabajo de la organización.
- x. Una “MP de MDP para Simulación CAM” requiere de una infraestructura de gestión de conocimiento/mejores prácticas para facilitar la distribución de dicho conocimiento/mejores prácticas hacia todas las unidades de negocio y equipos de trabajo de la empresa.
- xi. Una “MP de MDP para Simulación CAM” requiere de una Ontología informática propia que ayude a la gestión y distribución del conocimiento contenido en dicha práctica, hacia todos los involucrados en el proceso de Desarrollo Digital de Productos.
- xii. Una “MP de MDP para Simulación CAM” debe ser evaluada por dos procesos: uno marcado por el criterio general de la empresa para establecer una “Mejor Práctica” y el otro, un criterio específico para determinar cuándo una práctica recibe el estatus de la “mejor” dentro del Modelado Digital de Productos.
- xiii. Una “MP de MDP para Simulación CAM” requiere de personal especializado en el Desarrollo Digital de Productos y específicamente en el manejo de sistemas CAD y CAM.



Capítulo VII
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS
DEL
PROCESO DE VALIDACIÓN
DE LA DEFINICIÓN

Capítulo VII

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL PROCESO DE VALIDACIÓN DE LA DEFINICIÓN

1. Introducción

En este capítulo se pretende presentar el proceso de validación que se utilizó para los conceptos que propusieron y que fueron descritos en el capítulo. Como se explico en el capítulo X, se aplico la metodología Delphi debido a que los expertos invitados a participar se encontraban dispersos en dos países: España y México. Lográndose una un aceptable resultado, no obstante se ha tomado más como una experiencia de aprendizaje en el uso de la técnica Delphi que es comentado hacia el final de este capítulo.

2. Descripción del Proceso Delphi

2.1 Elección de la Técnica

El momento para seleccionar una técnica que pudiera ayudar a validar el trabajo desarrollado, fue precisamente cuando se tuvieron claramente establecidos la definición de los conceptos propuestos y sus modelos IDEF0. Justo en ese momento se planteo la necesidad de buscar un medio que permitiese hacerlo. Por referencia de mi asesor fue como se tomo como referencia la Metodología Delphi, y después de un proceso de análisis se encontraron referencias que hablaban de la aplicación de esta técnica en tesis de posgrado, tanto a nivel Máster como a Nivel Doctorado (ver capítulo X) por lo que esto dio seguridad para utilizar la técnica en este trabajo de tesina.

2.2 Elección del los Expertos

Este punto de la técnica fue interesante ya que se contaba con una oportunidad para obtener una gran experiencia en trabajar colaborativamente con personas tanto en México como en España. Y al mismo tiempo personas tanto activos en el sector industrial como en el académico y todas ellas con nivel académico mínimo de posgrado. El punto más importante a destacar en este punto, es que se buscaron personas que de algún modo estuvieran comprometidas ya fuese con mi asesor conmigo, a modo de ser el motivo para lograr su involucramiento y participación.

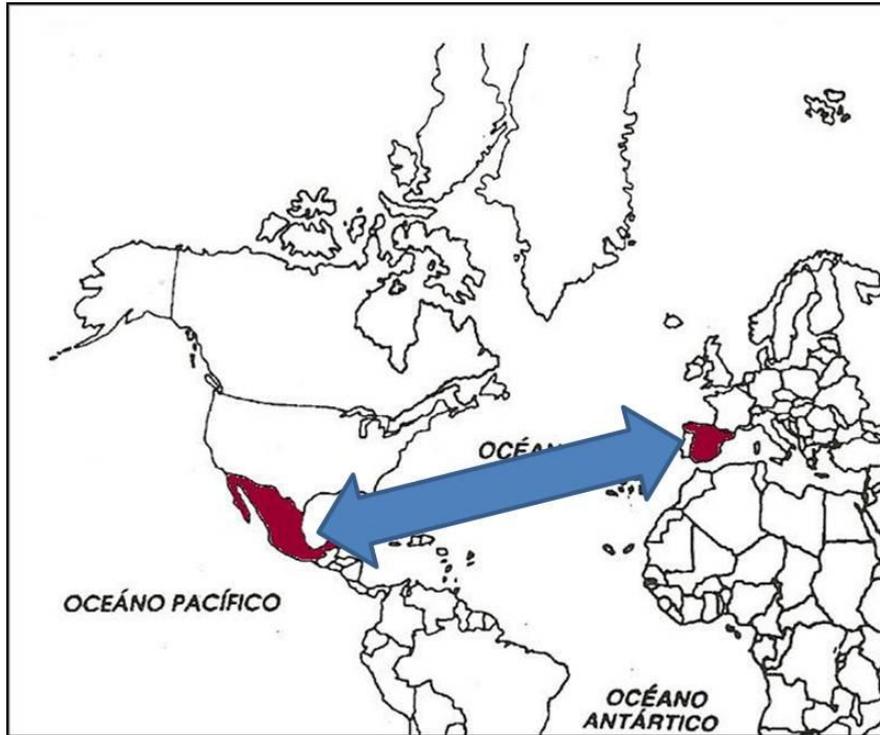


Fig. 30 Trabajo Colaborativo México-España

2.3 Documento Introdutorio

Es importante señalar que para poder lograr cierto grado de homogeneidad en el tema, se elaboró un documento que se incluye en el anexo X, para que los expertos participantes tuvieran un acercamiento a la temática tratada, desde la perspectiva de la investigación. El contenido del documento habla desde los objetivos de largo alcance del proyecto (tesis doctoral) así como la justificación de la realización de esta parte del trabajo. De la misma manera, se explica muy brevemente la técnica IDEF, pues es la que en un momento dado podría desconocerse más.

2.4 Diseño de la Encuesta

La elaboración de la encuesta se basó en las dos definiciones con las que se contaban: “Mejor Práctica” (definición general) y “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM”.

- Hubo tres tipos de preguntas:
 - a) Preguntas abiertas. En las que solamente se plantea la pregunta para que el que el participante conteste abiertamente lo que quiera.
 - b) Preguntas de Preferencia (“Ranking”). Se utilizó esta pregunta para valorar las preferencias de los expertos, por ejemplo en el caso de las características distintivas de las definiciones. De esta manera establecer que aspectos de los conceptos parecen más importantes.
 - c) Preguntas de Opinión (“Agreement”). Estas preguntas se utilizaron para que los expertos expresaran su acuerdo o desacuerdo acerca de las ideas propuestas.

Nota: Cabe señalar que en las preguntas del tipo b y c, se permitió que los expertos tuvieran la posibilidad de expresar comentarios, ya que en definitiva el intercambio de ideas y los puntos de vista de los participantes son lo que enriquecen en gran medida el trabajo realizado.

- Las preguntas tuvieron básicamente el siguiente formato: Se presentaba el objetivo de la pregunta con la idea que el participante conociera hacia donde se orientaba la pregunta y tratar de evitar otras interpretaciones respecto a la misma. Después de planteaba la pregunta, para finalizar con las instrucciones de cómo debería responderse dependiendo del tipo de pregunta que describieron en el punto anterior.
- Se utilizó el sistema “Delphi Decision Aid” (<http://armstrong.wharton.upenn.edu/delphi2/>) para implementar la encuesta. Este sistema fue desarrollado por J. Scott Armstrong del Instituto Internacional de Pronosticadores. El sistema permite administrar sesiones de encuesta Delphi, desde la elaboración de las preguntas, envío de invitaciones y recordatorios a participantes, control de participación de los expertos, y control de los rounds de las sesiones. La parte interesante de esta herramienta es que calcula las estadísticas conforme se van contestando las encuestas por lo que es muy fácil de implementar estudio Delphi con un coste mínimo ya que no hay que pagar por el servicio.

En el anexo X, se encuentra las preguntas que fueron utilizadas para el proceso de validación de los conceptos que fueron desarrollados en esta investigación.

2.5 Rounds Desarrollados

El aspecto del número de rounds, es decir el número de iteraciones necesarias dentro de la metodología Delphi para lograr la convergencia de las ideas entre los expertos participantes. En base a las referencias de información encontradas sobre la técnica (ver Capítulo X) se pudo establecer que el número de estas iteraciones es diverso y que depende de la complejidad de la temática. En el estudio Delphi realizado para esta investigación solo fueron necesarias dos iteraciones.

Primera Iteración. En esta se plantearon las definiciones de los dos conceptos propuestos “Mejor Práctica” (definición general) y “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM” junto con sus características distintivas. En este primer round se plantearon 19 preguntas.

Segunda Iteración. En esta se plantearon las preguntas necesarias en base a los resultados que se obtuvieron en la primera. Debido a que la convergencia se logro en esta segunda fase, no fue necesario desarrollar una tercera iteración. En el segundo round se plantearon seis preguntas.

2.6 Análisis de Resultados

Durante la aplicación de la Método Delphi, se dieron dos etapas de análisis de resultados de las encuestas.

Primera Iteración

La primera se dio al terminar la primera iteración. Las respuestas que se dieron durante la primera fase Delphi, mostraron que la mayoría de los expertos

convergía en las ideas propuestas. Se analizaron los resultados estadísticos y los comentarios hechos por los expertos de cada una de las preguntas. Se pudo observar que la información más relevante haciendo una interpretación combinada entre los resultados estadísticos y los comentarios hechos por los participantes.

Segunda Iteración.

Hubo otro proceso de análisis de los datos que fue más simple debido a que fueron menos las preguntas elaboradas. De la misma forma la participación fue menor, en primer lugar porque se eliminaron aquellas personas que no contestaron la segunda encuesta y en segundo lugar porque hubo un menor número de personas que participaron.

3. Análisis Estadístico Primera Ronda

3.1 Descripción de la Muestra

Se tratará de hacer una descripción de los principales aspectos de la muestra, que aunque ha sido pequeña existen algunos aspectos destacables:

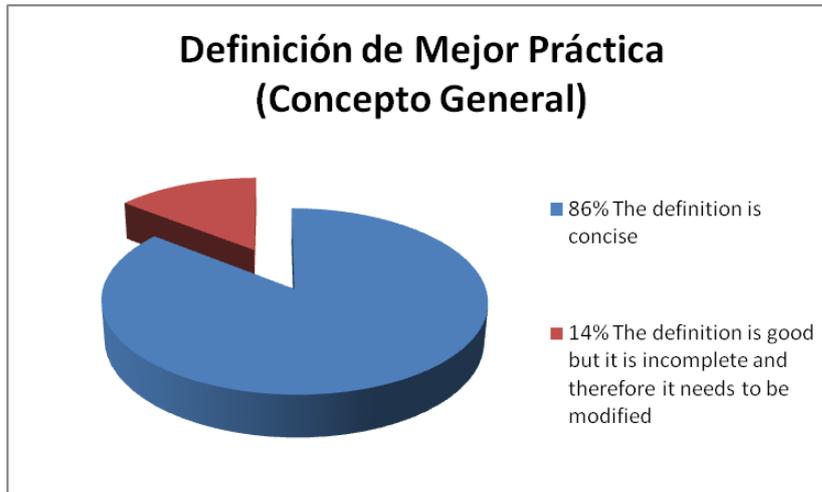
- Nacionalidades. Básicamente participaron personas de dos nacionalidades: Española y Mexicana.
- Nivel Académico. Los participantes por lo menos tienen un nivel de posgrado (Máster o Maestría) y la mayoría de ellos tienen nivel doctoral.
- Experiencia/Conocimiento en la temática: La mayoría cuenta con conocimientos sobre el desarrollo de productos, y en base a las respuestas de la última pregunta se puede decir que el 50% se consideran expertos en el tema.
- Experiencia en la Industria. Aproximadamente el 50% de los que participaron en la encuesta Delphi trabajan en la actualidad en la industria a nivel de diseño de ingeniería.

En este contexto de la muestra es importante señalar que se hizo una invitación a 15 personas de las cuales 7 comenzaron la encuesta pero finalmente solo la terminaron 4 personas. No se sabe con certeza las razones por las que sucedió esto, pero puede ser atribuible a factores como: el tiempo disponible en el momento de la encuesta, nivel de compromiso con la investigación en base a la relación personal con los involucrados en la investigación, claridad de las preguntas, desconocimiento de la temática o metodología IDEF.

3.2 Estadísticas de las Definiciones

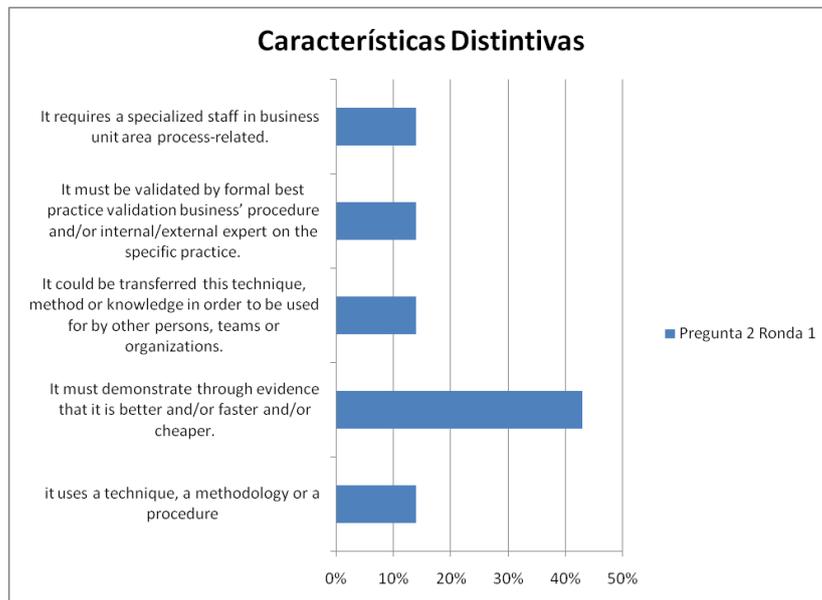
A continuación se presentan los resultados de las definiciones.

- a. Definición de Mejor Práctica (Concepto General)



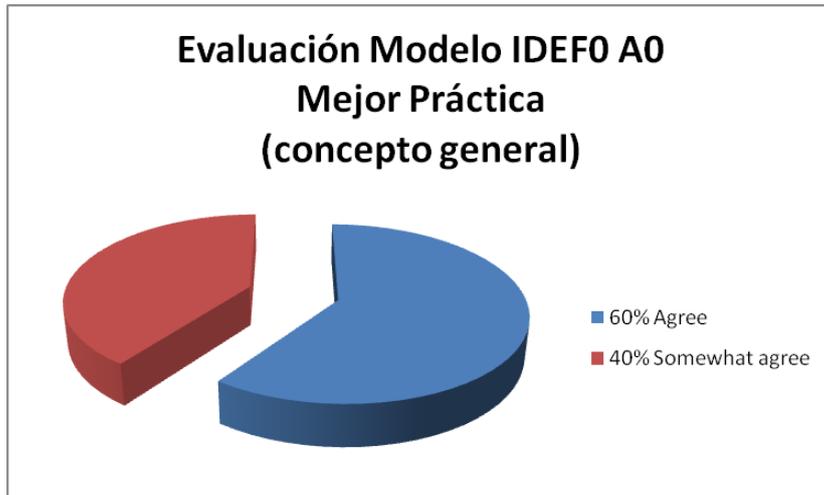
Gráfica 1 Estadística Definición Mejor Práctica Concepto General

Características Distintivas (Solo se presentan las más relevantes para los expertos)



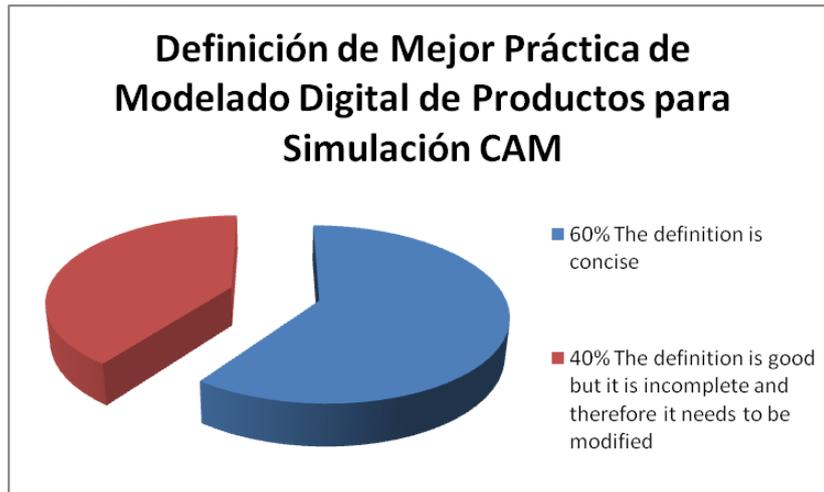
Gráfica 2 Estadística Definición Mejor Práctica Concepto General

Modelo IDEF 0 A0 (Primera Ronda)



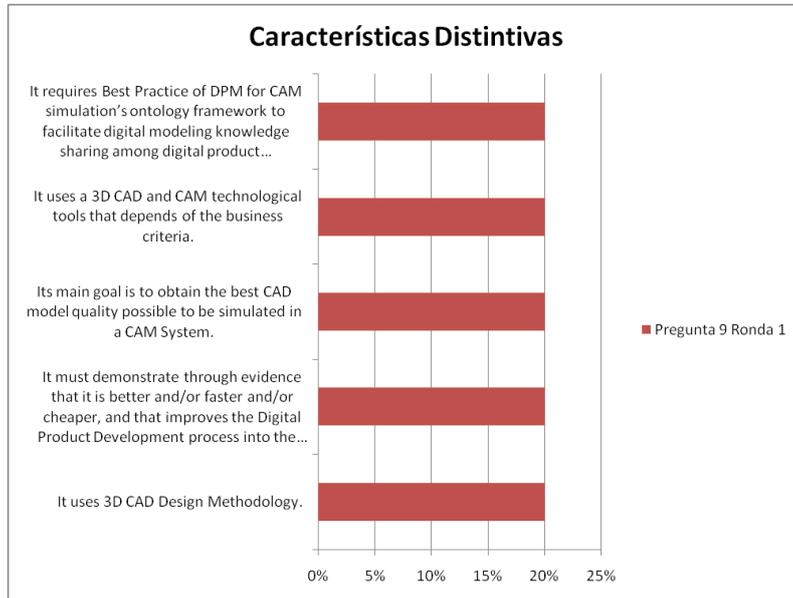
Gráfica 3 Estadística IDEF0 A0 Mejor Práctica Concepto General

b. Definición de Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM



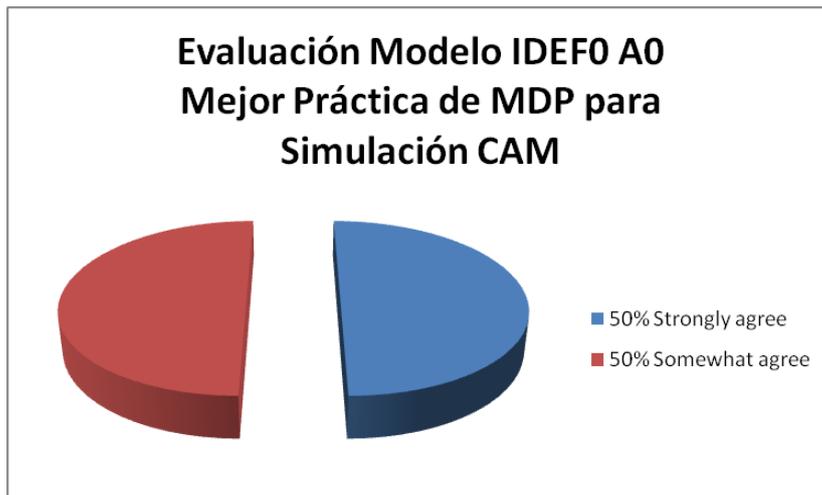
Gráfica 4 Estadística Definición de Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM

Características Distintivas (Solo se presentan las más relevantes para los expertos)



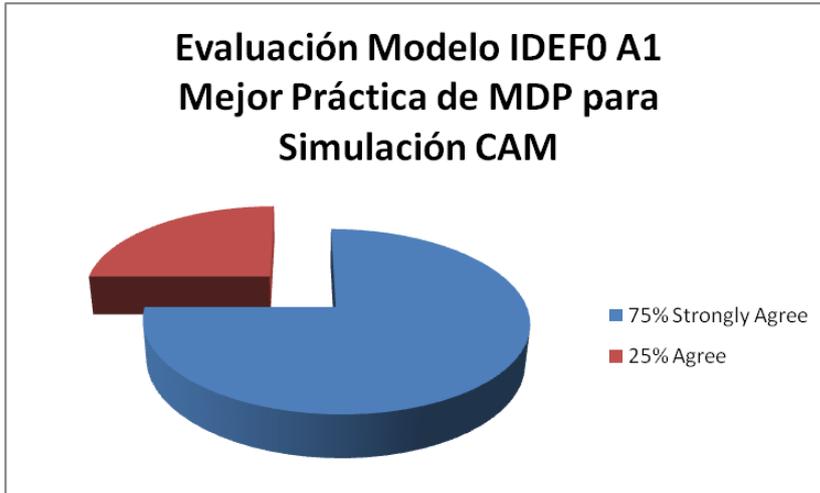
Gráfica 5 Estadística Definición de Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM Características Distintivas

Modelo IDEF0 A0 (Primera Ronda)



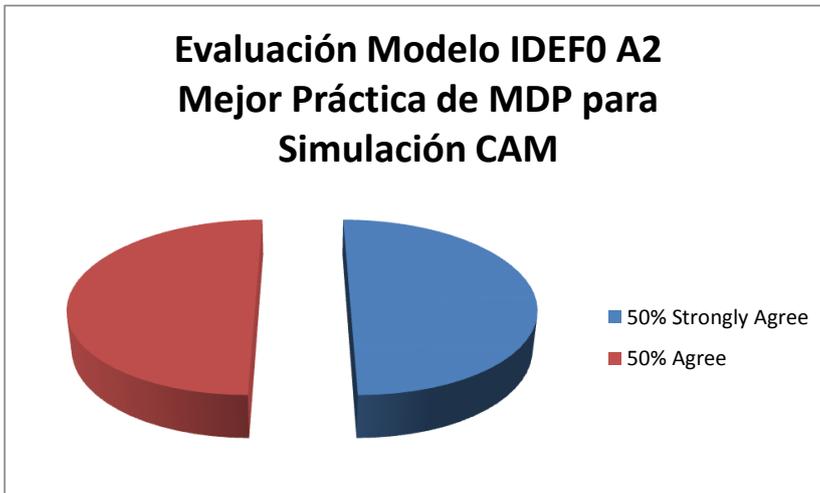
Gráfica 6 Estadística Modelo IDEF A0 Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM

Modelo IDEF0 A1 (Primera Ronda)



Gráfica 7 Estadística Modelo IDEF A1 Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM

Modelo IDEF0 A2 (Primera Ronda)



Gráfica 8 Estadística Modelo IDEF A2 Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM

3.3 Interpretación de Resultados de la Ronda 1

- En base a los resultados obtenidos en la primera ronda, específicamente en la pregunta 3, y en base a la interpretación de los resultados y los comentarios de los expertos, se propone el siguiente cambio en el diagrama IDEF0.

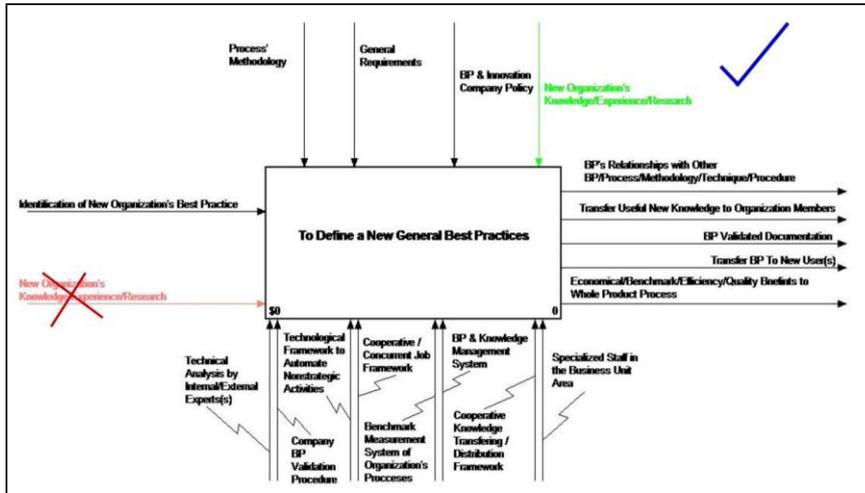


Fig. 31 Propuesta de Cambio IDEFO A-0 de Proceso General de “Mejor Práctica”

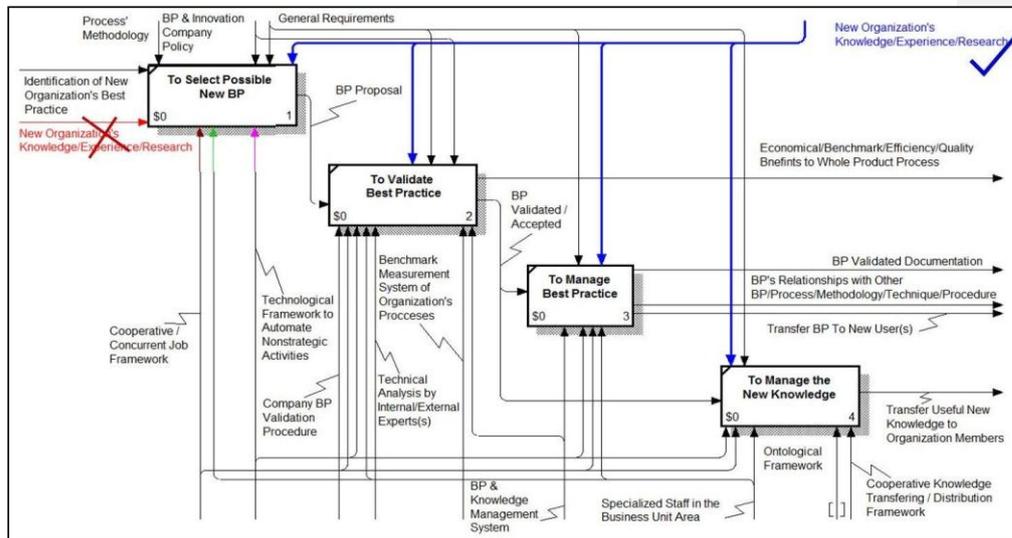


Fig. 32 Propuesta de Cambio IDEFO A0 de Proceso General de “Mejor Práctica”

3.4 Análisis Estadístico Segunda Ronda

Para la segunda etapa de la aplicación de la Metodología Delphi, solamente hubo tres de los participantes iniciales que concluyeron la segunda ronda. Se considera que la muestra es demasiado pequeña como para que los resultados estadísticos muestren una tendencia clara.

La parte interesante de esta segunda fase, son los comentarios proporcionados por el Dr. Carlos Vila que es un experto en el manejo de la Metodología IDEF donde hace mención de algunos cambios que deberán tomarse en cuenta. En el Apéndice B se muestran los resultados y comentarios antes mencionados.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En esta sección se presentan las principales conclusiones a las que se han llegado después de haber desarrollado este trabajo de investigación. Estas conclusiones se presentan en cuatro partes. Primeramente se hablará de las conclusiones relacionadas con los dos conceptos propuestos y sus modelos en base a los resultados del proceso validación. Las dos segundas expresan las ideas concluyentes respecto a los dos métodos utilizados: Modelación IDEF y Método Delphi. Para terminar con la conclusión general de la tesina, en la cual se establecerá si los objetivos planteados al principio de este documento fueron alcanzados o en su defecto hasta que punto han sido logrados.

Aportaciones Principales: Los Conceptos Propuestos

En cuanto a la elaboración de las definiciones que están basadas en referencias de diversa naturaleza. Ambos conceptos han sido elaborados desde dos perspectivas distintas, una desde una perspectiva general y la otra desde un punto de vista muy específico.

Para el caso de la definición general las dos referencias fundamentales son las dos organizaciones más importantes en cuanto a la experiencia en el manejo e implantación de procesos identificados como “Mejores Prácticas” de las principales empresas del mundo. Pero a pesar de esto no tiene una definición completa de lo que es una “Mejor Práctica” en cierta forma esto es debido a que cada organización tiene circunstancias específicas y políticas organizacionales que establecen para esa empresa lo que para ella es una Mejor Práctica.

En cuanto al resultado de la encuesta Delphi para esta definición se puede afirmar que en base a que un 86% de los que contestaron la pregunta, consideran que la definición estaba completa y que era concisa, pero además si se considera que el 14% restante afirma que es correcta pero que es posible mejorarla, entonces se concluye que es aceptable esta concepto propuesto.

Desde una perspectiva más particular, como lo es el Desarrollo Digital de Productos, se planteo la definición de “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos par Simulación CAM”. Esta se baso en la investigación documental de los principales problemas de interoperabilidad entre sistemas CAD y CAM, además de la experiencia con la que se cuenta en esta área. Pudo demostrarse que la importancia de este intercambio de datos entre sistemas CAx, radica en el impacto económico de esta problemática dentro del proceso de desarrollo de nuevos productos. A partir de esta información se planteo el concepto, como una forma de disminuir el coste de este fenómeno negativo para una organización industrial.

Ahora bien, en base a la observación y análisis de la encuesta Delphi se puede afirmar que la mayoría de los expertos consultados (60%) considera que la definición propuesta sobre “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM” es consistente y clara, y una parte importante de del grupo muestra (40%) considera que es buena pero que puede mejorarse. Se considera que este concepto desarrollado en el presente trabajo es útil por el alto nivel de aceptación para desarrollar una primera aproximación a una Ontología Informática sobre el mismo concepto antes mencionado.

Conclusiones sobre los Modelos IDEF0

La metodología IDEF permite crear diagramas que representan los procesos que se desarrollan dentro de una organización. Es una de las metodologías más utilizadas desde hace varios años, lo que lo ha llevado a establecerse como un estándar a nivel industrial y académico. Esta fue una de las razones por las que se utilizó para crear un modelo tanto para el proceso de identificación de una Mejor Práctica en general, como para el proceso de detección de una Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM.

El primer modelo evaluado por parte del grupo muestra de expertos, fue sobre la identificación de una Mejor Práctica de negocio dentro de una organización lucrativa. Este se considera un concepto general dentro de un entorno de negocio.

El modelo propuesto sobre la identificación de una práctica que se califique como una “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM”, en este trabajo de investigación está fundamentado en la investigación documental y en la experiencia personal en el uso de las herramientas tecnológicas CAD y CAM. Y han sido validados a través de la Metodología Delphi cuyo resultados muestran que los expertos consultados, en su mayoría están de acuerdo con que los cuatro procesos presentados en el modelos A0, es decir, la selección de una posible mejor práctica, la validación de una mejor práctica, la gestión de la mejor práctica y la administración del conocimiento; son las acciones fundamentales para establecer que una forma de trabajo es la mejor.

En este modelo se planteo que un nuevo conocimiento, experiencia, o investigación, que inicialmente se propuso como una entrada que dispara la necesidad de determinar si es o no una Mejor Práctica un proceso determinado, los expertos coincidieron en que debería ser un control. Al plantear este cambio en la segunda ronda hubo mayoría que consideraba que era correcto el cambio. Pero desde la perspectiva como autor de este trabajo creo que esto es que no queda claro que es el concepto “New Organization’s Knowledge / Experience / Research”. Esta posible confusión se habría podido evitar si dentro de la información que se le proporciono a los expertos se hubiera incluido la descripción de lo que significaba cada uno de los elementos del diagrama IDEF0. Por lo que para futuras evaluaciones de modelos IDEF deberá incluirse esta información. Finalmente cabe señalar que debido a lo expresado en la idea anterior, el cambio propuesto por los expertos no trascendió al modelo evaluado.

Las ideas expresados referente al modelo IDEF de una Mejor Práctica como concepto genérico, son extrapolables al modelo IDEF de “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM”

Conclusiones sobre Metodología Delphi

Retomando el planteamiento del capítulo en el que se justifica el uso de esta Metodología como una herramienta en investigación académica, se pueden establecer una serie de conclusiones, en base a la experiencia obtenida durante este trabajo de tesina. A continuación de expresan una lista de estas ideas/conclusiones.

- Los resultados obtenidos en la Encuesta Delphi, permiten tener una primera aproximación con un grado de fiabilidad suficiente, sobre los conceptos de Mejor Práctica y Mejor Práctica en el Modelado Digital de Productos.
- Existen diversos factores que pueden influir en la respuesta de los expertos. Desde cuestiones de índole personal tales como el estado de ánimo o estrés, entre otros.
- La participación de los expertos está directamente relacionada, desde la perspectiva de esta experiencia, a dos posibilidades:
 1. Al grado de compromiso filial que se tenga entre expertos y los investigadores que aplican la encuesta Delphi.
 2. En la coincidencia entre los intereses de investigación entre los expertos y los que realizan la investigación.
- Se requiere una investigación documental que permita establecer algunos mecanismos que reduzcan los problemas detectados que posiblemente disminuyan la fiabilidad de los resultados obtenidos a través de la técnica Delphi.
- En base al aprendizaje obtenido a través de la aplicación de Delphi en esta etapa de la investigación, es posible que la validación de futuro conceptos y modelos, se haga con una muestra mayor de expertos y de mayor impacto. No solamente en cuanto a la cantidad, sino por la distribución geográfica y la posibilidad de incluir autoridades en la temática tanto dentro del entorno académico como dentro de la industria, de países como Estados Unidos y Alemania.
- Existen varios cuestionamientos que surgen a partir de los resultados obtenidos:
 1. ¿Qué tanto influyo en la respuesta el conocimiento o desconocimiento sobre temas como: modelación IDEF, gestión del conocimiento, mejores prácticas, en ambientes de desarrollo de productos?
 2. ¿Cuál fue el impacto del uso del inglés? ¿Errores de redacción influyeron en una respuesta válida? ¿El manejo de inglés por parte de los expertos es impacta en las respuestas?
 3. ¿Qué importancia tiene el que los expertos tengan experiencia real en el proceso de interoperabilidad CAD-CAM? ¿Un participante debe como mínimo tener experiencia en el Desarrollo Digital de Productos?
 4. ¿Cómo lograr una mayor participación de los expertos?
 5. ¿Qué cantidad de información previa a una encuesta Delphi es la adecuada para lograr una homogeneidad para introducir a los expertos en el contexto de la evaluación?
 6. ¿Se puede establecer un proceso de validación mixto? Es decir una parte de la validación hacerla utilizando el Sistema de Ayuda Delphi (Web) y otra parte hacerla directamente con entrevistas a expertos que estén accesibles geográficamente.

Trabajo Futuro

El aprendizaje obtenido a través del presente trabajo, sobre todo en el manejo de las dos metodologías, la de modelado IDEF y la técnica Delphi, permiten establecer el trabajo futuro a desarrollarse. Todas estas acciones futuras están encaminadas a mejorar los resultados obtenidos, en base a que la experiencia

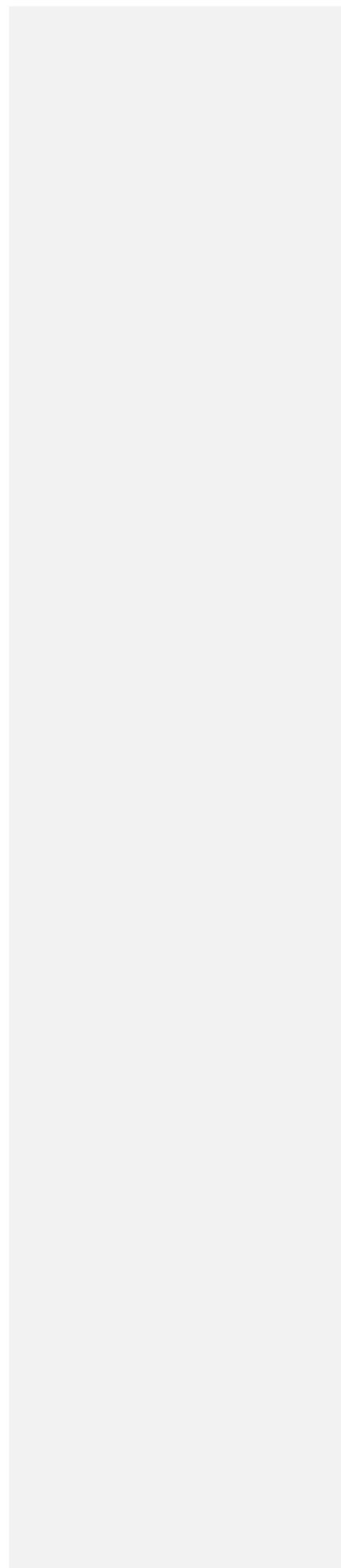
adquirida permitirá un mejor desempeño en la reutilización de los métodos antes mencionados.

Es importante mencionar que la modelación de procesos, como los presentados en este trabajo, deben corresponder lo más fidedignamente posible con la realidad. Esto es porque cualquier trabajo posterior que se desarrolle en base a dichos modelos dependerá de ellos. Es decir, que en caso de que existiera un error en la representación de un proceso, este problema se trasladaría a cualquier actividad que tomará como referencia los diagramas IDEF presentados en esta investigación, con la obvia consecuencia de perder confiabilidad en los resultados.

Por lo anterior la primera tarea futura respecto a los Modelos IDEF, es que se buscará incrementar los conocimientos de este método. Se pretende identificar un investigador especializado en la construcción de modelos IDEF sobre procesos relacionados a la temática que nos interesa, en este caso procesos de fabricación. Al detectarlo, se solicitará asesoría con respecto a los modelos desarrollados. Esto ayudará a asegurar que los modelos utilizados tengan una mayor correspondencia con la realidad y evitar al mismo tiempo errores en el manejo del método.

Otro trabajo futuro en este aspecto, será la de tratar de revisar modelos IDEF que sean reconocidos como estándar, por alguna organización de ingeniería tales como por ejemplo ASME o SAE, y que se relacionen a los propuestos para poder hacer una comparación. De esta manera, se aplicaría otra forma de valorar la fidelidad los modelos propuestos con la realidad los procedimientos que se pretenden expresar simbólicamente.

Otro de los trabajos futuros que se pueden visualizar, es que debe mejorarse el proceso de validación a través de la técnica Delphi. Una forma es tratar de resolver todas las preguntas expresadas en la parte de las conclusiones referente a Delphi. Es importante lograr que los posibles errores que se detectaron durante la aplicación de la técnica se vean reducidos. De esta manera se logrará que aquellos conceptos o modelos que requieran ser validados en la continuación de esta investigación logren un mayor grado de aceptación y valoración positiva. Para incrementar esto se pretende buscar asesoría de expertos en el manejo de encuestas y metodologías similares a Delphi.



REFERENCIAS

Referencias

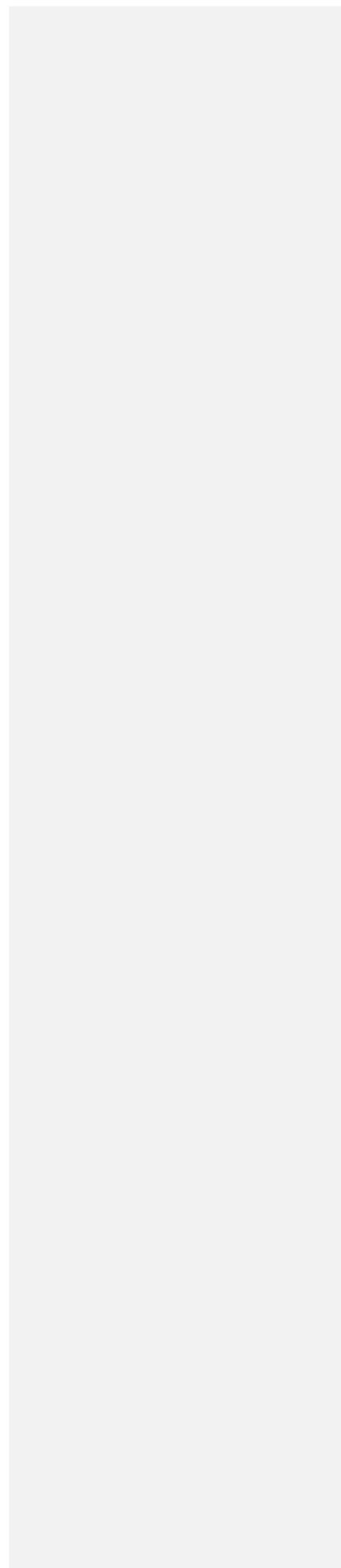
1. KÜHN, W.
Digital Factory - Simulation Enhancing the Product and Production Engineering Process. IEEE Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference, 2006.
2. ANDERSON, D.
Design for Manufacturability & Concurrent Engineering CIM Press, 2008.
Design for Manufacturability & Concurrent Engineering, pp. 5. ISBN 1-878072-23-4.
3. VREDENBURGH, D.; SMITH, G. and TERN, R. *Knowledge Management System for Computer-Aided Design Modeling*. , 2005 World Intellectual Property Organization.
4. SKYMAN, S.; SRIRAM, R. D. and et al. Design Repositories: Engineering Design's New Knowledge Base, 2000.
5. REGLI, W. *Long Term Knowledge Retention Workshop Summary*. NIST Technical Report. , 2006.
6. ZHU, L.; STAPLES, M. and GORTON, I. *An Infrastructure for Indexing and Organizing Best Practices*. IEEE Computer Society, 2007.
7. SCHAFFERT, S. *IkeWiki: A Semantic Wiki for Collaborative Knowledge Management*. 1st International Workshop on Semantic Technologies in Collaborative Applications STICA 06, 2006.
8. AUER, S.; DIETZOLD, D. and RIERCHER, T. *OntoWiki – A Tool for Social Semantic*. ISWC 2006 5th. International Semantic Web Conference, 2006.
9. ALBERS, A., et al. *WIKIS AS A COOPERATION AND COMMUNICATION PLATFORM WITHIN PRODUCT DEVELOPMENT*. Paris, France ed. INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, ICED'07, 28 - 31 AUGUST 2007, 2007.
10. VON SPECH, E. U.; VAJNA, S. and JORDAN, A. *A Wiki Based Concept of a Generic Process Model of IPD for University Teaching in an Interdisciplinary Environment*. Paris, France ed. INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, ICED'07, 28-31 August 2007, 2007.
11. NEELAMKAVIL, J. *A Framework for Design Knowledge Reuse*. Design Engineering Technical Conferences and Computer and Information in Engineering Conference ASME 2003, 2003.
12. ZEID, I. *Mastering CAD/CAM* First ed. McGraw-Hill, 2005. *Introduction*.
13. LEE, K. Addison Wesley Longman Inc., 1999. *Introduction to CAD/CAM/CAE Systems*, pp. 5. ISBN 0-201-38036-6.

14. WINNER, R. J., et al. *The Role of Concurrent Engineering in Weapons System Acquisition*. Institute for Defense Analyses. , 1988.
15. GRAFF, R. *Assesign Product Development, Visualizing Process and Technology Performance with RACE 2*.
16. DOLEZAL, W. *Success Factors for Digital Mock-Ups (DMU) in Complex Aerospace Product Development*. Tecnical University of Munich, 2008.
17. CECIL, J.; and KANCHANAPIBOON, A. Virtual Engineering Approaches in Product and Process Design. *Int. J. Advanced Manufacturing Technology*, 2007, vol. 31. pp. 846.
18. CONTERO, M.; and COMPANY, P. Product Data Quality and Collaborative Engineering, May/June 2002, 2002.
19. FORTIN, M. *Data Integration Methodology- MAster Model Concept*. [cited 14/12/2008]Available from:<<http://www.cours.polymtl.ca/mec6902/>>.
20. Anonymous. *The Intelligent Master Model Process for Achieving Functional Design Design Creation and Validation Product Definition*. Collaborative Product Development Associates, LLC. May 2004, 2004. Available from <http://www.ugs.ru/products/nx/docs/wp_intelligent_master_model.pdf>.
21. VILA, C.; CONTERO, M.and COMPANY, P. *Extended Modeling, a Tool for Cooperative Design*. Tolouse France ed. , 2000.
22. GUERRA, D. *A Manufacturing Model to Enable Knowledge Maintenance in Decision Support Systems*. Doctoral ed. Loughborough University, 2004.
23. APQC - *Managing for Knowledge: The Knowledge Initiative at Xerox Corporation*. [cited 12/12/2008]Available from:<http://www.apqc.org/portal/apqc/ksn?paf_gear_id=contentgearhome&paf_dm=full&pageselect=detail&docid=106901>.
24. APQC - *the Expanding Presence of Knowledge Management - Garfield Presentation*. [cited 12/12/2008]Available from:<http://www.apqc.org/portal/apqc/ksn?paf_gear_id=contentgearhome&paf_dm=full&pageselect=detail&docid=120761>.
25. BRUNNERMEIER, S. B.; and MARTIN, S. A. *Interoperability Cost Analysis of the U.S. Automotive Supply Chain*. U.S Department of Commerce Technology Administration. March 1999, 1999.
26. *SAE in Manufacturing: Applying Lean Principles to Product Development*. [cited 10/12/2008]Available from:<<http://www.sae.org/topics/leanfeb02.htm>>.
27. ROWE, J.; and PRAWEL, D. *Accelerating Innovation byStandardizing Design Methodology*. Delphi. , 2005.

28. CHUST, F. *Proyecto De Fin De Carrera:Modelación Del Proceso De Diseño y Definición De Codificación Para Implantación De Un Sistema De Gestión Del Diseño y La Fabriación En La Industria Del Mueble*. Bachelor Degree ed. Valencia, Spain: Polithecnic Univesity of Valencia, 2003.
29. [Delphi Decision Aid] Main. [cited 14/12/2008]Available from:<<http://armstrong.wharton.upenn.edu/delphi2/>>.
30. *The Delphi Method: Techniques and Applications--Harold A. Linstone and Murray Turoff (Eds.)--1975*. [cited 12/11/2008]Available from:<<http://www.is.njit.edu/pubs/delphibook/index.html#toc>>.
31. SKULMOSKI, G. J.; HARTMAN, F. T.and KRAHN, K. *The Delphi Method for Graduate Research*, 2007, vol. 6.
32. *Principles of Forecasting*. [cited 12/11/2008]Available from:<<http://forecastingprinciples.com/welcome.html>>.
33. *THE DELPHI METHOD*. [cited 11/11/2008]Available from:<<http://www.iit.edu/~it/delphi.html>>.
34. *Writing Definitions - the OWL at Purdue*. [cited 10/12/2008]Available from:<<http://owl.english.purdue.edu/owl/resource/622/01/>>.
35. *Best Practice Definition | Dictionary.Com*. [cited 10/12/2008]Available from:<[http://dictionary.reference.com/browse/best practice](http://dictionary.reference.com/browse/best+practice)>.
36. *Possible Entries for Best Practice*. [cited 10/12/2008]Available from:<http://www.oup.com/oald-bin/web_getald7index1a.pl>.
37. *APQC - Best Practice Study Methodology*. [cited 10/12/2008]Available from:<<http://www.apqc.org/portal/apqc/site/?path=/research/bestpractices/studies/methodology.html>>.
38. *Global Best Practices*. [cited 14/12/2008]Available from:<<http://globalbestpractices.pwc.com/Home/>>.
39. DOUGLAS, F.; CHRISTIANSEN, L.and RENO, S. *System and Method for Identifying and Monitoring Best Practices of an Enterprise*. United States of America: , 2005.
40. Anonymous. *Best Practices Start NX Start Gateway*. CD-adapco Customer Manual. , 2006.
41. *Protomold » Rapid Plastic Injection Molding » Design Tips e-Newsletter*. [cited 10/12/2008]Available from:<<http://www.protomold.com/DesignTips.aspx>>.
42. *PDMA • Product Development and Management Association*. [cited 10/12/2008]Available from:<http://www.pdma.org/npd_glossary.cfm>.

43. *NEW PRODUCT DEVELOPMENT GLOSSARY*. [cited 10/12/2008]Available from:<<http://www.npd-solutions.com/glossary.html>>.

44. MARTÍ, J. *DEFINICIÓN E IMPLANTACIÓN DE METODOLOGÍAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR DEL AUTOMÓVIL*. Bachelor ed. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2007.

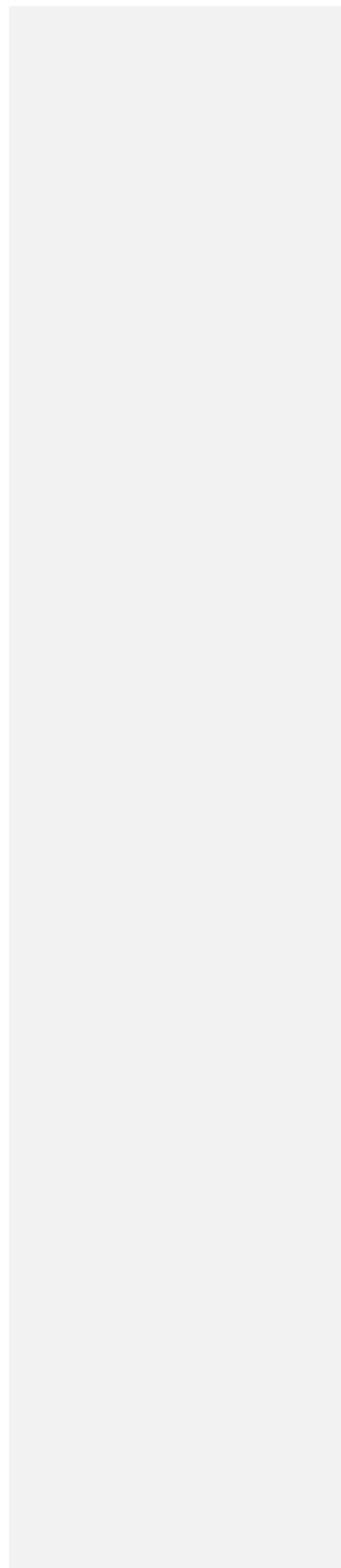


**LISTA DE FIGURAS,
GRÁFICAS Y TABLAS**

Lista de Figuras

Fig. 1 Ciclo de Vida del Producto	12
Fig. 2 Modelo CAD	13
Fig. 3 Aplicación CAE	14
Fig. 4 Aplicación CAM	15
Fig. 5 Maqueta Digital o DMU	18
Fig. 6 Prototipo Virtual	19
Fig. 7 Modelo de Datos	20
Fig. 8 Concepto de Modelo Maestro	22
Fig. 9 Concepto de Modelo Maestro de General Electric	22
Fig. 10 Dominios en la Administración del Conocimiento en Xerox	29
Fig. 11 Política Organizacional sobre Administración del Conocimiento en Xerox	29
Fig. 12 Dominios en la Administración del Conocimiento en HP	30
Fig. 13 Política Organizacional sobre Administración del Conocimiento en HP	30
Fig. 14 Proceso CAD-CAM (basado en la ref. (12))	33
Fig. 15 Comunicación en la Cadena de Suministro del Automóvil (CSA)	34
Fig. 16 Distribución de Sistemas CAD en CSA	35
Fig. 17 Contenido en STEP	38
Fig. 18 Técnica de Modelado Horizontal	41
Fig. 19 Técnica de Proceso Digital de Diseño	42
Fig. 20 Diagrama IDEF0 Básico	47
Fig. 21 Ejemplo de Modelo IDEF0	48
Fig. 22 Ejemplos Retroalimentación en IDEF0	48
Fig. 23 Diagrama de Flujo Procedimiento General Delphi	57
Fig. 24 IDEF0 A-0 Definir una “Mejor Práctica” General	68
Fig. 25 IDEF0 A0 Definir una “Mejor Práctica” General	68
Fig. 26 IDEF0 A-0 Proceso para Establecer una “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM”	71
Fig. 27 IDEF0 A0 Proceso para Establecer una “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM”	71
Fig. 28 IDEF0 A1 Proceso: Para Seleccionar una Posible “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM”	72
Fig. 29 IDEF0 A2 Proceso para Validar una “Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM”	72
Fig. 30 Trabajo Colaborativo México-España	81

Fig. 31 Propuesta de Cambio IDEF0 A-0 de Proceso General de “Mejor Práctica”	88
Fig. 32 Propuesta de Cambio IDEF0 A0 de Proceso General de “Mejor Práctica”	88
Lista de Gráficas	
Gráfica 1 Estadística Definición Mejor Práctica Concepto General.....	84
Gráfica 2 Estadística Definición Mejor Práctica Concepto General.....	84
Gráfica 3 Estadística IDEF0 A0 Mejor Práctica Concepto General	85
Gráfica 4 Estadística Definición de Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM.....	85
Gráfica 5 Estadística Definición de Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM Características Distintivas	86
Gráfica 6 Estadística Modelo IDEF A0 Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM.....	86
Gráfica 7 Estadística Modelo IDEF A1 Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM.....	87
Gráfica 8 Estadística Modelo IDEF A2 Mejor Práctica de Modelado Digital de Productos para Simulación CAM.....	87
Lista de Tablas	
Tabla 1 Resumen del Impacto Anual en Costes de la Interoperabilidad (Costes Aproximados)	35
Tabla 2 Costes Anuales	36
Tabla 3 Proyecto Gubernamentales e Industriales con Técnica Delphi	59
Tabla 4 Trabajos Académicos que Aplicaron Delphi	59



ÁPENDICES

Apéndice A

Definiciones encontradas

Una Maqueta Digital o Digital Mock-Up (DMU), ha sido un concepto muy utilizado durante los últimos años dentro del proceso de desarrollo de nuevos productos. Generalmente cuando a través de una herramienta de software de visualización avanzada de productos se genera la representación computacional o digital de un objeto real, se considera que se está describiendo a una maqueta o prototipo virtual del objeto real representado.

Diversas entidades como investigadores, departamentos de ingeniería y fabricantes de software han tratado de definir el concepto, que por lo general se manejan como sinónimos los términos de Maqueta Digital (DMU), Prototipo Virtual (PV) o Prototipo Digital (PD). Esto no quiere decir que no puedan existir otros, pero que en el presente trabajo se hará una diferenciación entre DMU y los conceptos de PV y PD que se consideran sinónimos entre sí. En esta sección se trata de expresar un resumen de las definiciones relacionadas a esta idea. Al finalizar se presentará una síntesis mediante la definición propuesta por el autor basado en alguna de las referencias encontradas en la literatura científica sobre el tema, empleado en el contexto del trabajo de investigación desarrollado.

Definiciones encontradas sobre Maqueta Digital (Digital Mock UP):

1. *Product Development & Management Association* (http://www.pdma.org/npd_glossary.cfm)

Una Maqueta Digital (DMU) es un modelo de un producto en formato electrónico creado a través de un software de modelado sólido. Una DMU puede ser usada para revisar las interferencias entre componentes o sus incompatibilidades. La utilización de una DMU puede ser menos costosa que emplear prototipos físicos.

2. *Dassault Systemes: PLM Glossary* (<http://www.3ds.com/plm-glossary/>)

El diseño virtual y simulación en 3D de un producto y todos sus componentes. Una maqueta digital o virtual elimina la necesidad de construir maquetas físicas. Los fabricantes pueden diseñar la maqueta digital de un producto totalmente detallado, simulando todas sus funciones y anticipar las interacciones entre los diferentes componentes. Una DMU contiene toda la información asociada con el producto, por lo que se considera un modelo más completo que un prototipo físico, pues se pueden hacer simulaciones y cálculos directamente en ese modelo.

3. *DRM Associates* (<http://www.npd-solutions.com/glossary.html>)

Capacidades de modelado sólido que permiten la construcción completa de productos de forma electrónica. Las maquetas pueden ser utilizadas para la revisión de problemas tales como las posibles interferencias y desacoplamientos entre los diferentes componentes. El uso de maquetas digitales reduce el costo y tiempo de desarrollo por lo que modelos físicos no requieren ser construidos.

4. Tesis Doctoral de Walter Dolezal de la Universidad Técnica de Múnich (referencia X)

Una Maqueta Digital es una representación 3D digital de un producto junto con sus estructuras y atributos. Generalmente a través del software de CAD se genera cada uno de los elementos de la Maqueta Digital. Los otros son llamados metadatos que comprenden la estructura del producto junto con todos los atributos. La estructura del producto es una estructura que describe un conjunto de dependencias jerárquicas de los modelos y la organización de los mismos. Los atributos describen lo que son los modelos y su estatus.

Definiciones encontradas de Prototipo Digital/Virtual (Digital Prototype / Virtual Prototype):

De la misma forma en que la sección anterior, en la siguiente sección se muestran algunas definiciones encontradas durante la revisión documental.

1. Autodesk (<http://usa.autodesk.com/>)

Un Prototipo Virtual es una simulación digital de un producto que puede ser utilizado para probar la forma geométrica, el ajuste y el funcionamiento. Un Prototipo Digital puede considerarse más completo dependiendo de si los datos relacionados con el diseño conceptual, mecánico o eléctrico son integrados a dicho prototipo. Un prototipo completo es una simulación integral de un producto final, que puede ser utilizado para optimizar y validar virtualmente un producto reduciendo así, la necesidad de construir prototipos físicos costosos.

2. Universidad de Kingston (referencia X)

Un Prototipo Virtual es una simulación basada en ordenador de un sistema o subsistema con cierto grado de funcionalidad realista comparable con un prototipo físico. Y el término de Prototipado Virtual se usa para describir el proceso de utilizar un prototipo virtual, en lugar de un prototipo físico, para la evaluación y validación de las características de una propuesta de diseño.

3. Siemens Tecnomatix (<http://www.plm.automation.siemens.com/>)

Un Prototipo Digital incluye una comprensiva representación de la geometría del producto, sus posibles variaciones (tolerancias), que pueden ser diferenciaciones en el proceso de montaje (secuencia, definición del proceso de unión de componentes, herramental). El modelo es usado para predecir si existirán algún problema durante el ensamblaje –esto antes de que se construya físicamente cualquier componente o se adquieran las herramientas para su fabricación.

Apéndice B

Cuestionario de la Encuesta Delphi

Question # 1

Objective: The aim of this question is to know if the concept proposed is correct and complete.

Question statement:

Under General Business context, read the following definition: 'A "General Best Practice" is a practice which is most appropriate under the circumstances and work environment; normally is considered acceptable or regulated in business and as a technique or methodology that, through experience and research, has reliably led to a desired or optimum that impact in the business profit.'

Please select option that you think describes the definition above.

1. The definition is concise (expressing much in few words), logical (relating to, involving, or being in accordance with logic) and complete.
2. The definition is good but it is incomplete and therefore it needs to be modified.
3. The definition is illogical.
4. The definition is unclear, incomplete and illogical.

Scale: 1 (The definition is concise, logical and complete.) to 4 (The definition is unclear, incomplete and illogical.)

Question # 2

Objective: The goal of this question is to obtain a prioritization of the individual features of the "General Best Practice" concept, in order to establish its importance into the procedure defined.

Question statement:

The goal of this question is to obtain a prioritization of the individual features of the "General Best Practice" concept, in order to establish its importance into the procedure defined.

Put a number in the 'Rank' field. For example, if you consider that 'Its main goal is to obtain the best possible final product' to be most important put 1 in that row of the 'Rank' column. If any General Best Practice's features have not been included in this list, please express this idea in the text box below.

Items ranked:

Feature 1: It uses a technique, a methodology or a procedure

Feature 2: It is based in handy experience and research.

Feature 3: It must demonstrate through evidence that it is better and/or faster and/or cheaper.

Feature 4: Its main goal is to obtain the best possible final product.

Feature 5: It could be transferred this technique, method or knowledge in order to be used for by other persons, teams or organizations.

Feature 6: It is developed into cooperative/concurrent work environment.

Feature 7: It has relationship with others external or internal processes or methodologies.

Feature 8: It requires a framework to facilitate sharing and integrating methodology and activities process-related among multiple business units and teams of the enterprise.

Feature 9: It requires a knowledge/GBP management framework to facilitate knowledge/GBP sharing among multiple business units and teams of the enterprise.

Feature 10: It must be validated by formal best practice validation business' procedure and/or internal/external expert on the specific practice.

Feature 11: It requires a specialized staff in business unit area process-related.

Question # 3

Objective: To know if the process of “To Define a New General Best Practice” proposed in this research work and its IDEF0 functional model, is clearly understandable from business management viewpoint.

Question statement:

See the following A-0 functional model.

Visit this website:

<http://sites.google.com/site/galducinwebsite/gbpa-0> or see the file "General Information & Context - Delphi Survey.pdf" file.

Do you agree that this A-0 diagram describes clearly (in general terms) the process of "to define and to manage a general best practice" into a business company?

Opinion Scale:

1. Strongly Agree
2. Agree
3. Somewhat agree
4. Somewhat disagree
5. Disagree
6. Strongly Disagree

Scale: 1 (Strongly disagree) to 6 (Strongly Agree)

Question # 4

Objective:

The aim of the question is to obtain a prioritization of the individual INPUTS of the IDEF0 functional model of the "General Best Practice", in order to establish its importance into the procedure defined.

Question statement:

In the following list you can see the inputs of a "General Best Practice" that was showed in the A0 functional model (<http://sites.google.com/site/galducinwebsite/gbpa-0>). These elements are necessary to produce the results (outputs) expected.

Please, rank the INPUTS (1 corresponds to the most important).

If you believe some of the INPUTS should be OUTPUT or CONTROL or MECHANISM, please express this idea in the text box below. For example, if you consider that the input should be output, please write: "the input number X should be an output".

Items ranked:

INPUT 1: Identification of New Organization's Best Practice

INPUT 2: New Organization's Knowledge / Experience / Research

Question # 5

Objective:

The aim of the question is to obtain a prioritization of the individual OUTPUTS of the IDEF0 functional model of the "General Best Practice", in order to establish its importance into the procedure defined.

Question statement:

In the following list you can see the OUTPUTS of a "General Best Practice" that was showed in the A0 functional model (<http://sites.google.com/site/galducinwebsite/gbpa-0>). These elements are necessary to produce the results (outputs) expected.

Please, rank the inputs (1 corresponds to the most important).

If you believe some of the OUTPUTS should be INPUT or CONTROL or MECHANISM, please express this idea in text field below. For example, if you consider that the input should be output, please write: "the OUTPUT number X should be an INPUT".

Items ranked:

OUTPUT 1: Best Practice Relationship with other BP / Process / Methodology / Technique / Procedure

OUTPUT 2: Transfer Useful New Knowledge to Organization Members

OUTPUT 3: Best Practice Validated Documentation

OUTPUT 4: Transfer Best Practice to New User(s)

OUTPUT 5: Economical/Benchmark/Efficiency/Quality Benefits to whole Product Process

Question # 6

Objective:

The aim of the question is to obtain a prioritization of the individual CONTROLS of the IDEF0 functional model of the "General Best Practice", in order to establish its importance into the procedure defined.

Question statement:

In the following list you can see the inputs of a "General Best Practice" that was showed in the A0 functional model (<http://sites.google.com/site/galducinwebsite/gbpa-0>). These elements are necessary to produce the results (outputs) expected.

Please, rank the CONTROLS (1 corresponds to the most important).

If you believe some of the CONTROLS should be OUTPUT or INPUT or MECHANISM, please express this idea in the text field below. For example, if you consider that the input should be output, please write: "the CONTROL number X should be an output".

Items ranked:

CONTROLS 1: Process's Methodology

CONTROLS 2: General Requirements

CONTROLS 3: Best Practice & Company Policy

Question # 7*Objective:*

The aim of the question is to obtain a prioritization of the individual MECHANISMS of the IDEF0 functional model of the "General Best Practice", in order to establish its importance into the procedure defined.

Question statement:

In the following list you can see the MECHANISMS of a "General Best Practice" that was showed in the A0 functional model (<http://sites.google.com/site/galducinwebsite/gbpa-0>). These elements are necessary to produce the results (outputs) expected.

Please, rank the MECHANISMS (1 corresponds to the most important).

If you believe some of the MECHANISMS should be OUTPUT or INPUT or CONTROL, please express this idea in text field below. For example, if you consider that the input should be output, please write: "the MECHANISM number X should be an output". After this you could write briefly your reasons.

Items ranked:

MECHANISM 1: Technical Analysis by Internal/External Expert(s)

MECHANISM 2: Company Best Practice Validation Procedure

MECHANISM 3: Technological Framework to Automate Nonstrategic Activities

MECHANISM 4: Cooperative/Concurrent Work Framework

MECHANISM 5: Benchmark Measurements System of Organization's Processes

MECHANISM 6: Best Practice & Knowledge Management System

MECHANISM 7: Cooperative Knowledge Transferring/Distribution Framework

MECHANISM 8: Specialized Staff in the Business Unit Area

Question # 8

Objective:

To know if the subprocesses of the main procedure called "To Define a New General Best Practice" that is expressed by the IDEF0 functional model, is clearly understandable from business management viewpoint.

Question statement:

See the following A0 functional model in this website link:

<http://sites.google.com/site/galducinwebsite/gbp-a0> or see the file "General Information & Context - Delphi Survey.pdf" file.

Now, read the following sentence: "This A0 IDEF0 diagram describes the most important subprocesses in order to identify a New General Best Practice".

Do you agree with this idea?

If you consider that other subprocess must be including in this diagram, please express this idea in the text field below.

Opinion Scale

1. Strongly agree
2. Agree
3. Somewhat agree
4. Somewhat disagree
5. Disagree
6. Strongly disagree

Question # 9

Objective:

The aim of this question is to know if the concept proposed is correct and complete.

Question statement:

Under Digital Factory environment, read the following definition:

'Best Practice of Digital Product Modeling is a design procedure or methodology in mechanical engineering into digital manufacturing environment using a 3D CAD software application that is based in the human expertise that allows create the mathematical representation of a mechanical system's component to be simulated in a CAM software in order to optimize the interoperability between CAD and CAM applications within cooperative/concurrent atmosphere'.

Please select an option that you think describes the definition above.

1. The definition is concise (expressing much in few words), logical (relating to, involving, or being in accordance with logic) and complete.
2. The definition is incomplete and therefore it needs to be modified.
3. The definition is illogical.
4. The definition is unclear, incomplete and illogical.

Scale:

1 (The definition is concise, logical and complete.) to 4 (The definition is unclear, incomplete and illogical.)

Question # 10

Objective:

The goal of this question is to obtain a prioritization of the individual features of the "Best Practice of Digital Product Modeling for CAM Simulation" process, in order to establish its importance into the procedure defined.

Question statement:

Listed below are a number of characteristics that distinguish the term ("Best Practice of Digital Product Modeling for CAM Simulation") from the others into its class.

In providing your estimate, which of these characteristics must be a distinctive feature of the "Best Practice of Digital Product Modeling for CAM Simulation" concept?

Put a number in the 'Rank' field.

For example, if you consider that 'It uses 3D CAD Design Methodology' to be most important put 1 in that row of the 'Rank' field. If any "Best Practice of Digital Product Modeling for CAM Simulation" features have not been included in this list, please express this idea in the text field below.

Items ranked:

FEATURE 1: It uses 3D CAD Design Methodology.

FEATURE 2: It is based in handy experience and research in DPM for CAM simulation.

FEATURE 3: It must demonstrate through evidence that it is better and/or faster and/or cheaper, and that improves the Digital Product Development process into the industrial organization.

FEATURE 4: Its main goal is to obtain the best CAD model quality possible to be simulated in a CAM System.

FEATURE 5: It could be transferred this technique or method to create a product by using commercial 3D CAD software to be used for other persons, teams or organizations.

FEATURE 6: It uses a 3D CAD and CAM technological tools that depends of the business criteria.

FEATURE 7: It is considered into a specific cooperative/concurrent work environment.

FEATURE 8: It has relationship with manufacturing and other external or internal processes or methodologies.

FEATURE 9: It requires a framework to facilitate sharing and integrating methodology and activities process-related among multiple business units and teams of the enterprise.

FEATURE 10: It requires a knowledge/BP management framework to facilitate knowledge/BP sharing among multiple business units and teams of the enterprise.

FEATURE 11: It requires Best Practice of DPM for CAM simulation's ontology framework to facilitate digital modeling knowledge sharing among digital product development teams.

FEATURE 12: It must be validated by formal best practice validation business procedure and specific DPM's criterion to be considered as best practice of digital product modeling.

FEATURE13: It requires a specialized staff in digital product development process.

Question # 11

Objective:

To know if the process "To establish a BP of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation" proposed in this research work and its IDEF0 functional model is clearly understandable into Digital Factory environment.

Question statement:

See the following A-0 functional model in this website:

<http://sites.google.com/site/galducinwebsite/bpdpm-a-0> or see the file "General Information & Context - Delphi Survey.pdf" file.

Do you agree that this A-0 diagram clearly describes (in general terms) the process of "to define and to manage a general best of digital product modeling for CAM simulation" into a manufacturing company?

Opinion Scale:

1. Strongly Agree
2. Agree
3. Somewhat agree
4. Somewhat disagree
5. Disagree
6. Strongly disagree

Scale: 1 (Strongly Agree) to 6 (Strongly Disagree)

Question # 12

Objective:

The aim of the question is to obtain a prioritization of the individual INPUTS of the IDEF0 functional model of the "To establish a BP of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation", in order to establish its importance into the procedure defined.

Question statement:

In the following list you can see the INPUTS of a "To establish a BP of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation" that was showed in the A0 functional model (<http://sites.google.com/site/galducinwebsite/bpdpm-a-0>). These elements are necessary to produce the results (outputs) expected.

Please, rank the INPUTS (1 corresponds to the most important). If you believe some of the INPUTS should be OUTPUT or CONTROL or MECHANISM, please express this idea in the text field below. For example, if you consider that the input should be output, please write: "the input number X should be an output".

Items ranked:

INPUT 1: New Organization's Knowledge/Experience/Research in Digital Product Development (DPD)

INPUT 2: New Organization's Knowledge/Experience/Research in DPM

Question # 13

Objective:

The aim of the question is to obtain a prioritization of the individual OUTPUTS of the IDEF0 functional model of the "To establish a BP of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation", in order to establish its importance into the procedure defined.

Question statement:

In the following list you can see the OUTPUTS of a "To establish a BP of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation" that was showed in the A0 functional model (<http://sites.google.com/site/galducinwebsite/bpdpm-a-0>). These elements are necessary to produce the results (outputs) expected.

Please, rank the OUTPUTS (1 corresponds to the most important).

If you believe some of the OUTPUTS should be INPUT or CONTROL or MECHANISM, please express this idea in the text field below. For example, if you consider that the OUTPUT should be INPUT, please write: "the OUTPUT number X should be an INPUT".

Items ranked:

OUTPUT 1: Best Practice of Digital Product Modeling Relationships with Manufacturing & other Processes

OUTPUT 2: Transfer Useful New Knowledge to Organization Members

OUTPUT 3: Best Practice of Digital Product Modeling Validated Documentation

OUTPUT 4: Transfer Useful Knowledge & Best Practice of Digital Product Modeling to New User(s)

OUTPUT 5: Best Quality of Digital Product Model for CAM Simulation

OUTPUT 6: Economical / Benchmark / Efficiency /Quality Benefits to Whole Product Process

Question # 14

Objective:

The aim of the question is to obtain a prioritization of the individual CONTROLS of the IDEF0 functional model of the "To establish a BP of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation", in order to establish its importance into the procedure defined.

Question statement:

In the following list you can see the inputs of a "To establish a BP of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation"" that was showed in the A0 functional model (<http://sites.google.com/site/galducinwebsite/bpdpm-a-0>). These elements are necessary to produce the results (outputs) expected.

Please, rank the CONTROLS (1 corresponds to the most important).

If you believe some of the CONTROLS should be OUTPUT or INPUT or MECHANISM, please express this idea in the text field below. For example, if you consider that the CONTROL should be MECHANISM, please write: "the CONTROL number X should be a MECHANISM".

Items ranked:

CONTROL 1: CAD Modeling Methodology

CONTROL 2: Manufacturing & Cost Requirements

CONTROL 3: Best Practice & Innovation Company Policy

CONTROL 4: Best Practice of Digital Product Modeling's Selection Criterion

CONTROL 5: Customer & Product Design Requirements

CONTROL 6: Model Information Integrity & Geometry Quality Parameters

CONTROL 7: CAM Simulation Technique

Question # 15

Objective:

The aim of the question is to obtain a prioritization of the individual MECHANISMS of the IDEF0 functional model of the "To establish a BP of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation", in order to establish its importance into the procedure defined.

Question statement:

In the following list you can see the MECHANISMS of a "To establish a BP of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation" that was showed in the A0 functional model (<http://sites.google.com/site/galducinwebsite/bpdpm-a-0>). These elements are necessary to produce the results (outputs) expected.

Please, rank the MECHANISMS (1 corresponds to the most important).

If you believe some of the MECHANISMS should be OUTPUT or INPUT or CONTROL, please express this idea in the open opinion text box below. For example, if you consider that the MECHANISM should be CONTROL, please write: "the MECHANISM number ... should be a CONTROL".

Items ranked:

MECHANISM 1: Technical Analysis by Digital Product Development Internal/External Experts(s)

MECHANISM 2: Company Best Practice Validation Procedure

MECHANISM 3: Cooperative / Concurrent Work Framework

MECHANISM 4: Benchmark Measurement System of Organization's Processes

MECHANISM 5: Best Practice & Knowledge Management System

MECHANISM 6: Cooperative Knowledge Transferring / Distribution Framework

MECHANISM 7: Digital Product Modeling Staff

MECHANISM 8: 3D CAD & CAM System

Question # 16

Objective:

To know if the subprocesses of the main procedure called "To establish a BP of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation" that is expressed by the IDEF0 functional model, it is clearly understandable into Digital Factory environment.

Question statement:

See the following A0 functional model:

<http://sites.google.com/site/galducinwebsite/bdpma0> or see the file "General Information & Context - Delphi Survey.pdf".

Now, read the following sentence: "This A0 IDEF0 diagram describes the most important subprocesses in order to establish a Best Practice of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation".

Do you agree with this idea?

If you consider that other subprocess must be including in this diagram, please express this idea in the text field below.

Opinion Scale

1. Strongly agree
2. Agree
3. Somewhat agree
4. Somewhat disagree
5. Disagree

6. Strongly disagree

Scale: 1 (Strongly agree) to 6 (Strongly disagree)

Question # 17

Objective:

To know if the subprocesses of the main procedure called "To establish a BP of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation" that is expressed by the IDEF0 functional model, it is clearly understandable into Digital Factory environment.

Question statement:

See the following A0 functional model:

<http://sites.google.com/site/galducinwebsite/bpdpma0> or see the file "General Information & Context - Delphi Survey.pdf" file.

Now, read the following sentence: "This A0 IDEF0 diagram describes the most important subprocesses in order to establish a Best Practice of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation". Do you agree with this idea? If you consider that other subprocess must be including in this diagram, please express this idea in the text field below.

Opinion Scale

1. Strongly agree
2. Agree
3. Somewhat agree
4. Somewhat disagree
5. Disagree
6. Strongly disagree

Scale: 1 (Strongly Agree) to 6 (Strongly Disagree)

Question # 18

Objective:

To know if the subprocesses of the main procedure called "To establish a BP of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation" that is expressed by the IDEF0 functional model, is clearly understandable from business management viewpoint.

Question statement:

See the following A2 functional model in this website:

<http://sites.google.com/site/galducinwebsite/bpdpm-a2> or see the file "General Information & Context - Delphi Survey.pdf".

Now, read the following sentence: 'This A2 IDEF0 diagram describes one of the most important subprocesses in order to establish a "Best Practice of Digital Product Modeling (DPM) for CAM Simulation"'.

Do you agree with this idea?

If you consider that other subprocess must be including in this diagram, please express this idea in the open opinion text box below.

Opinion Scale

1. Strongly agree
2. Agree
3. Somewhat agree
4. Somewhat disagree
5. Disagree
6. Strongly disagree

Scale: 1 (Strongly agree) to 6 (Strongly Disagree)

Question # 19

Question statement:

Which is your level of expertise/knowledge on Product Development Process?

Opinion Scale

1. Expert Level
2. Regular

3. Basic

4. Without Knowledge or Experience

Scale: 1 (Expert Level) to 4 (Without Knowledge or Experience)

Apéndice C

Respuestas de los Expertos del Primer Round de la Encuesta Delphi

Resultados Pregunta 1 Ronda 1

No. De respuestas = 7

6 seleccionaron la opción 1

1 selecciono la opción 2

Comentarios:

- a. The definition is logical and complete, because you can understand what is the aim of the concept.
- b. A "General Best Practice" is a practice which is most appropriate under **defined** circumstances and work environment; normally is considered acceptable or regulated in business and is a technique or methodology that, through experience and research, has reliably and constantly led to a desired or optimum result with a positive impact in the business profit.'
- c. A best practice summarizes the most possible and complete knowledge learnt from the past to be applied in an standard work. Some activities will not necessary follow a best practice.

Toma de decisión para la segunda ronda:

Debido a que la mayoría de las participantes considera correcta la definición no se considerará en la siguiente ronda.

Resultados Pregunta 2 Ronda 1

No. De respuestas = 7

Comentarios:

- a. No debe aparecer Feature 11
- b. For the good practice of the methodology, it's very important to have a good team involved in the program
- c. Feature 10
- d. It requires a continues improvement monitoring. Best practices are dynamic and periadically should be reviewed for improvements.

Toma de decisión para la segunda ronda:

- Dos comentarios de los expertos entre sí son opuestos
- Debido a las preferencias de los expertos está claro que una mejor práctica debe demostrar sus beneficios
- La información no es lo suficientemente clara para impactar con la modificación de alguna característica de la definición. Deberá analizarse si es una forma correcta de plantear la pregunta.
- No fue clara la pregunta de si se debería incluir alguna otra característica, deberá replantearse la pregunta de forma que quede clara y por tanto se incluirá en la segunda ronda.

Nota: Se puede preguntar si se requería una mayor información para el entendimiento del IDEF0.

Resultados Pregunta 3 Ronda 1

****Debe replantearse ya que la escala estaba mal****

Resultados Pregunta 4 Ronda 1

No. De respuestas = 6

INPUT 1 = 50%

INPUT 2 = 50%

Comentarios:

Comentarios:

- I believe that inputs should be controls.
- The Input number 2 must be a Control.
- Input 1 should be an output

Toma de decisión para la segunda ronda:

- Aparentemente no está claro lo que es un control en un IDEF0.
- Idea: ¿Lo qué dispara una actividad debería controlarla?
- Idea: ¿queda claro que lo que se muestra en el IDEF es el proceso y no la definición?

Resultados Pregunta 5 Ronda 1

No. De respuestas = 5

Salidas Seleccionadas:

Output 2 = 40%

Output 3 = 40%

Output 5 = 20%

Comentarios:

Comentarios:

- a. OUTPUT 3 = Outputs and inputs do not reflect the cyclic nature of creating Best Practices

Toma de decisión para la segunda ronda:

- Las ideas están centradas en la importancia de la transferencia del conocimiento a la organización y que está relacionado con la documentación.
- Idea: ¿Cuál sería la mejor forma para transferir una BP?
- ¿Debe una IDEF0 mostrar la naturaleza cíclica de los procesos?

Resultados Pregunta 6 Ronda 1

No. De respuestas = 5

Comentarios:

Ninguno

Toma de decisión/análisis para la segunda ronda:

- Énfasis en la importancia de que sea la metodología del proceso la que controle la BP

Resultados Pregunta 7 Ronda 1

No. De respuestas = 5

Comentarios:

- a. The Mechanism 3,4,6 y 7 should be Controls

Toma de decisión para la segunda ronda:

- Énfasis en la importancia de que se requiere personal especializado

Resultados Pregunta 8 Ronda 1

Número de Respuestas: 5

Media: 2.4

Desviación Estándar: 0.49

Mediana: 2

Comentarios:

3.5 Although it has control mechanism, this process should be cyclic and clarify which outputs could become inputs, and under which circumstances

Toma de decisión para la segunda ronda:

- Énfasis en la importancia de que sea la metodología del proceso la que controle la BP

Resultados Pregunta 9 Ronda 1

Número de Respuestas: 5

Media: 1.4

Desviación Estándar: 0.49

Mediana: 1

Comentarios:

- a. 2 = Best Practice of Digital Product Modeling is a design procedure or methodology used in a digital manufacturing environment that is based in the human expertise that allows the creation of a mathematical representation of a mechanical system's component that can be simulated in a CAM software in order to optimize the interoperability between CAD and CAM applications within a cooperative/concurrent atmosphere'.

- b. 2 = I need Know the relation between 'Best Practice' and CAPP (Computer Aided Process Planning) to be sure.

Toma de decisión para la segunda ronda:

- Se puede decir que en general es aceptable la definición.
- Se podría proponer la propuesta del experto de simplificar la definición.
- ¿Qué tan importante es el cambio propuesto? ¿Qué tanto mejora la definición?
- Debió colocarse una frase que estableciera claramente cuál era el concepto a analizarse.

Resultados Pregunta 10 Ronda 1

No. De respuestas = 5

Comentarios:

Ninguno

Toma de decisión para la segunda ronda:

- Cuando no hay una clara diferencia en las respuestas: ¿Se debe a la falta de claridad de la pregunta? ¿Falta de información adicional? ¿Se requiere más información?

Resultados Pregunta 11 Ronda 1

50% Strongly Agree

50% Agree

Número de Respuestas: 4

Media: 1.5

Desviación Estándar: 0.5

Mediana: 1

Comentarios:

Ninguno

Toma de decisión para la segunda ronda:

- El concepto se considera como aceptable para poder ser utilizado como base en la siguiente etapa de la investigación.

Resultados Pregunta 12 Ronda 1

50% INPUT1

50% INPUT2

Número de respuestas = 4

Comentarios:

- a. I believe that inputs should be controls

Toma de decisión para la segunda ronda:

- Deberá analizarse si fue suficiente la información que se proporcionó a los participantes para comprender la perspectiva de los investigadores.

Resultados Pregunta 13 Ronda 1

50% dijo que lo mas importante es la OUTPUT4

25% la OUTPUT 6

25% la OUTPUT 1

Número de respuestas = 4

Comentarios:

Toma de decisión para la segunda ronda:

Resultados Pregunta 14 Ronda 1

75% dijo que lo más importante es el CONTROL5
25% dijo que la CONTROL3 es la más importante.

Número de respuestas = 4

Comentarios:

Toma de decisión para la segunda ronda:

Resultados Pregunta 15 Ronda 1

Aparecen en la estadística: 1,2,5, y 8, con el mismo porcentaje.

Número de respuestas = 4

Comentarios:

No proporciona demasiada información

Toma de decisión para la segunda ronda:

Resultados Pregunta 16 Ronda 1

50% Strongly Agree
50% Agree

Número de Respuestas: 4

Media: 1.5

Desviación Estándar: 0.5

Mediana: 1

Comentarios:

Toma de decisión para la segunda ronda:

Resultados Pregunta 17 Ronda 1

75% Strongly Agree

25% Agree

Número de Respuestas: 4

Comentarios:

Toma de decisión para la segunda ronda:

Resultados Pregunta 18 Ronda 1

50% Strongly Agree

50% Agree

Número de Respuestas: 4

Media: 1.5

Desviación Estándar: 0.5

Mediana: 1

Comentarios:

- a. This model looks more complete

Toma de decisión para la segunda ronda:

- Idea: Este modelo sería la base para una nueva pregunta en la segunda

ronda.

Resultados Pregunta 19 Ronda 1

50% Basic

50% Expert

Número de Respuestas: 4

Comentarios:

Toma de decisión para la segunda ronda:

Apéndice D

Sistema de Ayuda Delphi (<http://armstrong.wharton.upenn.edu/delphi2/>)



Log out

7 Authorization:

- Administrator log in
- Expert log in

Related useful links and texts:

- Forecasting website
- >>> What's New <<<
- Long-Range Forecasting: Judgemental Methods
- The Delphi Technique as a forecasting tool

1
? help

Session name: BEST PRACTICES OF DIGITAL PRODUCT MODELLING FOR CAM SIMULATION

Round #: 2

Round state: Process Monitoring 2

View other rounds: [\[Round 1\]](#) [\[Round 2\]](#) [\[Overall session results\]](#) 3

Question Designing
Expert Selection
Process Monitoring
Results Review

Send Reminders
 Terminate Round
 Back to Session List
 Log Out

Round progress

Round started
Number of responses received: 2 / 7 4

Round experts

Name	E-mail	Responded
██████████	██████████	Yes
██████████	██████████	No
██████████	██████████	Yes
██████████	██████████	No

5

Respond to survey for "passive" experts

Name	E-mail	* Response URL:
There are no "passive" experts for this survey		

Manage round

Click [here](#) to send reminder e-mail to those experts who have not responded yet.
Click [here](#) to terminate this round now without waiting for other responses. 6

[Go back to session list](#) if you wish to view or create another session.

Descripción de la Interface del Sistema de Ayuda Delphi

Interface de Administrador

1. Título del Estudio Delphi que se está realizando.
2. Número de Round en el que se encuentra el estudio y el estatus del mismo.
3. Secciones para administrar un estudio Delphi.
 - a. "Question Designing". Elaboración de la preguntas de la encuesta
 - b. "Expert Selection". Dar de alta o baja a un experto como participante de la encuesta. Permite enviar correo de invitación para participar en un estudio Delphi.
 - c. "Process Monitoring". En esta sección se puede saber si los participantes de un estudio han contestado la encuesta, si ya ha iniciado a contestarla, y de ser necesario permite enviar correos de recordatorio. También es aquí donde se puede dar por terminado un round.
 - d. "Results Review". Permite ver las respuestas de los expertos, la estadística de la respuestas y es aquí donde se inician nuevos rounds o se termina el estudio.
4. Progreso del Round. Permite saber cuantas personas han respondido la encuesta, para establecer el estatus de la misma.
5. Listado de los expertos y se puede saber quien ha contestado la encuesta y quien no.
6. Administración del Round. Se pueden mandar recordatorios a los expertos participantes o se puede dar por terminado un round.
7. Área de acceso al sistema de ayuda Delphi.