

**EXPLORACION DE LA METODOLOGIA TOP DOWN DESIGN EN
SISTEMAS CAD PARA EL DESARROLLO DE UN MODELO DE
INGENIERIA**

CARLOS ENRIQUE ARANGO RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD EAFITT

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO

MEDELLÍN

2006

**EXPLORACION DE LA METODOLOGIA TOP DOWN DESIGN EN
SISTEMAS CAD PARA EL DESARROLLO DE UN MODELO DE
INGENIERIA**

CARLOS ENRIQUE ARANGO RODRIGUEZ

ASESOR

GABRIEL PARAMO

PROFESOR INGENIERIA DE PRODUCCION UNIVERSIDAD EAFIT

UNIVERSIDAD EAFITT

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO

MEDELLÍN

2006

A. CONTENIDOS

A. CONTENIDOS.....	iii
B INDICE DE FIGURAS.....	v
C. INDICE DE TABLAS.....	vii
D. GLOSARIO.....	ix
E. RESUMEN.....	x
1. INTRODUCCION	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
3.1 EL PROBLEMA DEL ENSAMBLE EN ESTRUCTURAS DE TRABAJO CAD	2
4. OBJETIVOS.....	5
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	6
5. MARCO TEORICO	6
5.1 DESARROLLO HISTORICO DE LOS SISTEMAS CAD.....	6
5.2 INGENIERIA COLABORATIVA	13
5.3 PLM.....	18
5.3.1 CONCEPTO	21
5.3.2 DISEÑO	22
5.3.3 MANUFACTURA	23
5.3.4 SERVICIO.....	24
6. PROCESO TOP DOWN DESIGN Y PROCESO DOWN UP DESIGN	25
6.1 TOP DOWN DESIGN	26
6.2 DOWN UP DESIG.	28
7 IMPLEMENTACION DEL TOP DOWN DESIGN EN SISTEMAS CAD.....	30
7.1 TOP DOWN EN LAS ETAPAS DEL PROCESO DE DESARROLLO DE PRODUCTOS.....	30
7.2 PASOS SUGERIDOS PARA LA APLICACIÓN DEL TOP DOWN DESIGN.....	34
7.2.1 DEFINICIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO RELEVANTES PARA LA ETAPA CAD Y/O CAE.....	37
7.2.2 GENERACIÓN DE DIAGRAMAS GUÍAS	38
7.2.3 GENERACION DE CONSTANTES	38
7.2.4 GENERACIÓN DE RELACIONES	38
7.2.5 DEFINICIÓN DEL ENSAMBLE	39
7.2.6 DEFINICIÓN DE LAS RELACIONES DIMENSIONALES.....	40
7.2.7 GENERACIÓN DE SUPERFICIES DE CONTROL	40
7.2.8 PUBLICACIÓN DE LA GEOMETRÍA	41
7.2.9 MODELADO DE LAS PARTES	41
8. METODOLOGIA.....	41
8.1 ETAPA DE DOCUMENTACION	41
8.2 CASO DE ESTUDIO.....	42
8.3 ANALISIS	42

9	CASO DE ESTUDIO TORNO	42
9.1	SELECCIÓN DEL PROYECTO Y VARIABLES A MEDIR	42
9.2	DESARROLLO DEL MODELO	45
9.2.1	DEFINICIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO RELEVANTES PARA LA ETAPA CAD	47
9.2.2	DEFINICIÓN DEL ENSAMBLE: ... Error! Bookmark not defined.	
9.2.3	GENERACIÓN DE SUPERFICIES DE CONTROL (ESQUELETOS).....	53
9.2.4	GENERACIÓN DE TABLAS DE CONSTANTES	56
9.2.5	GENERACIÓN DE RELACIONES	58
9.2.6	DEFINICIÓN DE LAS RELACIONES DIMENSIONALES	61
9.2.7	PUBLICACIÓN DE LA GEOMETRÍA	63
9.2.8	MODELADO DE PARTES	64
9.2.9	GENERACION DE DIAGRAMAS GUIAS.....	64
9.2.10	MANEJO DE PARTES ESTANDAR:	65
	VARIACIONES DE DISEÑO	66
10	RESULTADOS	67
10.1	PARAMETRIZACION	67
10.2	TRABAJO EN PARALELO	70
10.3	AHORRO DE TIEMPO EN REDISEÑOS	71
10.4	FACILIDAD DE INTERCAMBIO DE PARTES.....	71
10.5	POSIBILIDAD DE TRABAJO COLABORATIVO.....	72
11	CONCLUSIONES.....	72
12	RECOMENDACIONES	74
13.	BIBLIOGRAFIA	77
14.	CITAS	79

B INDICE DE FIGURAS

figura 1 proceso de diseño según Phal y Beitz, fuente Enginnering Design.	16
figura 2 TOP DOWN DESIGN en el proceso de diseño según MJ, French, Metodos De diseño 1999	26
figura 3 manejo de la información en el proceso top down design, Fuente PTC.....	27
figura 4 proceso Down Up Design, cada pieza contiene toda la información, fuente PTC.....	29
figura 5 flujo de trabajo dentro de Pro/engineer para el maquinado de moldes. Fuente PTC	33
figura 6 Distribución de la información en un proceso de manufactura, fuente PTC.....	34
figura 7Pasos de la metodología Top Down Design, fuente PTC.....	36
figura 8 Estructura del ensamble definiendo unicamente las partes del ensambles, fuente Propia	49
figura 9Estructura encadenada fuente PTC.....	51
figura 10Estructura centralizada fuente PTC	51
figura 11 Distribución de la información en el ensamble, fuente propia.....	53
figura 12 Esqueleto en el nivel superior del ensamble, fuente propia	54
figura 13 Esqueleto a nivel del subensamble del centro punto, este garantiza que las dimensiones sean mantenidas a través del ensamble.	55
figura 14 El esqueleto de nivel superior contiene la vista lateral del sub-ensamble, fuente propia	55
figura 15 dimensiones en el esqueleto, a estas se les asigno un valor contenido en el pds.	56
figura 16 Se separaron las superficies en grupos de acuerdo al subensamble que debían referenciar, fuente Propia.....	62

figura 17 Nodo de distribución en el esqueleto de nivel superior, fuente propia	63
figura 18 Variación de piezas en el torno, opción 1 de la pieza base, fuente propia.....	66
figura 19 Variación de piezas en el torno, opción 1 de la pieza base, fuente propia.....	67
figura 20 Niveles de parametrización en un ensamble DOWN UP DESIGN.	68
figura 21 Niveles de parametrización en un ensamble Top Down Design.....	69
figura 22 muestra una tabla de comparación entre la modelación de las piezas en top down design y Down Up Design	70
figura 23 Ahorro en tiempo de rediseños en Top Down Design en comparación con el Down Up Design	71

C. INDICE DE TABLAS

TABLA 1 proceso de selección para el modelo a desarrollar, fuente propia	44
TABLA 2, variables a medir en el caso de estudio.....	45

D. INDICE DE ANEXOS

1. ANEXO 1 : Programa para manejo de piezas estándar
2. ANEXO 2: Layouts de los sub-ensambles
3. ANEXO 3: Encuesta Diseñadores
4. ANEXO4: Catalogo Torno Pratzl

E. GLOSARIO

LAYOUT: plantilla en que se encuentran los dibujos del modelo y las tablas de variables

ESQUELETO: superficie de referencia

SKETCH: boceto digital sobre el que se basan todas las funciones de diseño

MODEL TREE: tabla en la que se organizan todas las funciones de diseño en un modelo en el orden en que se crean.

PRO ENGINEER: Software de alta ingeniería desarrollado por PTC

SUPERFICIE: entidad dimensional que ocupa un espacio determinado pero.

PUBLISH GEOMETRY: en un ensamble CAD, es la geometría que pueden ver todos los componentes

DATUM PLANE: planos de referencia

REFERENCE MODEL: una entidad que se usa para referenciar o dimensionar a partir de ellas otra entidad

PARENT CHILD RELATION: sistema de referencias en los que existe una jerarquía.

F. RESUMEN

Este proyecto estudia las metodologías para manejar ensambles complejos dentro de paquetes CAD. El proyecto se realizó en tres etapas:

Una etapa de investigación en la cual se documentó la metodología Top Down Design y su relación con los procesos de PLM. Seguidas de un caso de estudio donde se construyó un modelo, totalmente paramétrico, de un torno de mesa para madera, este modelo fue sometido a pruebas y comparaciones con un segundo modelo, desarrollado bajo la metodología Bottom Up Design, estas pruebas dieron como resultado una rebaja considerable en el tiempo de diseño y rediseño en el producto, así como una técnica de modelado más estable que el método tradicional.

PALABRAS CLAVES

LAYOUT:

ESQUELETO:

SKETCH:

MODEL TREE:

PRO ENGINEER:

SUPERFICIE:

PUBLISH GEOMETRY

DATUM PLANE

REFERENCE MODEL

PARENT CHILD RELATION

1. INTRODUCCION

El desarrollo de las diferentes tecnologías para el diseño y rediseño de productos tales como son los software CAD, CAM, CAE, sumado a un avance igualmente importante de los procesos de manufactura, ha permitido la creación de productos con características de forma y función, que hace veinte años eran impensables debido a las dificultades que estos diseños presentaban.

Las aplicaciones CAD, CAE y CAM han cambiado la forma en que se diseña, desde la presentación de bocetos hasta la programación de la producción, que hoy en día son realizados por uno o varios de estos programas. Es de esperarse, que al intervenir estas nuevas herramientas en el desarrollo de producto, se creen también nuevas metodologías que incluyan dichas tecnologías en el proceso de diseño de artefactos. Una característica común de estas nuevas metodologías es la búsqueda de un manejo de la información paramétrico y asociativo en todo el proceso de diseño. Una de ellas es el Top Down Design (TOP DOWN DESIGN), que consiste en su explicación más simple en un método de enfrentar productos con ensambles complejos de forma dinámica, es decir, que al hacer un cambio en un componente, se modifiquen automáticamente los demás que tengan alguna relación con dicho cambio, ahorrando así el tiempo que se perdería si el producto fuese hecho bajo un método de ensamble tradicional (Down-up Design).

La mayoría de software de alta ingeniería (SAI), Catia®, Pro/Engineer®, Unigraphics®, entre otros, han implementado el Top-Down Design, como su modelo para el desarrollo de ensambles complejos, hecho que resalta la necesidad, de estudiar estas nuevas metodologías si se pretende llegar a incluir una solución integral en la línea de producción, que incluya grupos colaborativos y trabajar a distancia.

2. JUSTIFICACIÓN

En los últimos diez años los desarrollos de los sistemas CAD vienen apuntando cada vez más a sistemas de ingeniería integrales completos, es decir programas de modelado, ingeniería, manufactura y documentación bajo un solo ambiente.ⁱⁱ

De esta tendencia nace el concepto de PLM (Product Lifecycle Management), que a grandes rasgos es un manejo de todos los aspectos de la vida del producto, desde el diseño del producto hasta el desecho del mismo.

En niveles mas operativos que el PLM existen muchas metodologías que se encargan del manejo de la información del producto; Estas metodologías son las bases para la comprensión e implementación de conceptos mas avanzados, como ingeniería colaborativa y finalmente PLM

Este proyecto esta concebido como una exploración de estas bases operativas, con el fin de, en primera instancia, poder implementar sistemas de ingeniería concurrente, luego grupos de ingeniería colaborativa y llegar eventualmente a un modelo PLM.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 EL PROBLEMA DEL ENSAMBLE EN ESTRUCTURAS DE TRABAJO

CAD

Un ensamble se define como la unión de dos o más componentes para formar un sistema y los pasos necesarios para la unión de los mismos. Generalmente estos componentes cumplen con una función dentro de una estructura.ⁱⁱⁱ

En la definición de etapa conceptual de Phal y Beitz las soluciones a cada verbo de la estructura funcional de un sistema, están resueltas por medio de un componente escogido de una matriz morfológica. Un porcentaje considerable del trabajo en la etapa de formalización del anterior sistema, esta en resolver el ensamble de estos cargadores de función, para que no haya interrupción en el flujo de materia, energía o señales.^{iv}

El problema es entonces, como lograr una transmisión fluida de estas señales, materiales y energías entre los componentes y sub-ensambles (unión de varios componentes). La respuesta está en los conectores y tolerancias entre partes mecánicas y las conexiones en partes eléctricas. Si éstas están bien definidas se verán reflejadas en el rendimiento y la vida útil de un sistema y en la calidad final del producto.

Es en el manejo de estas tolerancias donde Phal y Beitz fundamentan varios de sus principios de formalización^v, como el de deformación.

En el área de estudio de los sistemas CAD están las metodologías de formalización de ensamble y de manejo de tolerancias o relaciones. Estas filosofías buscan, hacer reclamaciones de espacio, es decir, buscan un dimensionado inicial de los diferentes componentes y delimita fronteras entre los sub-ensambles.

En el manejo de tolerancias, buscan manejar las relaciones entre un componente y otro. Por ejemplo, si se toma el caso de un eje que entra en un agujero estas filosofías manejarían las dimensiones del diámetro del agujero y del eje, de modo que al modificar el primero se modifique automáticamente el diámetro el segundo.

Si bien en ensambles pequeños estas relaciones las puede manejar el diseñador de forma informal, al aumentar el número de relaciones en el ensamble (complejidad) se hace más difícil poder prever el impacto que pueda tener un cambio en el diseño, aumentando así las posibilidades de error en el modelo y el tiempo de corrección en el caso de un cambio.^{vi}

El manejo de tolerancias se vuelve un problema crítico en los ensambles complejos, pues un error en la definición de estos se repartirá por los diferentes niveles del producto, planos y manufactura, pero es de anotar que también deben ser definidas con respecto a las etapas de ingeniería.

Otro aspecto del que se ocupa las filosofías de manejo de ensambles es que al aumentar su complejidad, aumenta la posibilidad de usar piezas estándar. El manejo de catálogos interactivos es otra área que afecta positivamente a los sistemas CAD ya que por medio de estos se ahorra el tiempo de modelado al usar modelos estándar predefinidos.

Pero el santo grial de las filosofías de manejo de ensambles está en la ingeniería colaborativa y el trabajo de grupos interdisciplinarios.^{vii}

El objetivo de la ingeniería colaborativa es la reducción de tiempo en la etapa de diseño, por medio de trabajo realizado en paralelo y no en etapas consecutivas, gran parte de este trabajo está en el diseño

realizado por equipos encargados de diseñar los componentes y los sub_ensambles.

Las metodologías de diseño de ensambles CAD comienzan a jugar un papel importante, puesto que estas permiten el trabajo en paralelo al definir las relaciones entre los sub-ensambles sin haber sido diseñados y gracias a la parametrización, permiten automatizar dichas relaciones garantizando medidas coherentes de ensamble entre los componentes.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar (Conocer, Explorar, documentar) la metodología TOP DOWN DESIGN y su aplicación en las herramientas CAD

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Desarrollar conceptualmente un producto bajo la perspectiva de un software de alta ingeniería.
- Crear un modelo parametrico asociativo de dicho producto, en el cual existen al menos diez relaciones de parametrizacion entre sus piezas
- Generar documentación sobre la aplicación de la metodología Top Down Design

- Establecer un control del modelo a partir de tablas de parámetros, la cual debe tener al menos cinco especificaciones
- El modelo debe tener al menos 100 componentes.

ⁱ What Is Plm? By Martyn Day, Editor, [Cadserver](#), April 15, 2002

ⁱⁱ Na. Cad-Software-History. [Cad Software History]
[Http://www.Cadazz.Com/Cad-Software-History.Htm](http://www.cadazz.com/cad-software-history.htm) [4 Septiembre De 2006]

ⁱⁱⁱ Design For Assembly, IFS. Myrup, S.Kahler, T.Lund, Publications Ltd. U.K, M, 1983, P45

^{iv} Phal, G, Beitz, W Engineer Design, Design Council, Londres

^v Phal, G, Beitz, W Engineer Design, Design Council, Londres

^{vi} Ptc, Advanced Assembly Management, Ptc Publishing, 2001, Ontario

^{vii} Tovey, M. Estilos De Pensamiento Y Sistema De Modelacion Design Studies, Num.1

. MARCO TEORICO

5.1 DESARROLLO HISTORICO DE LOS SISTEMAS CADⁱ

El desarrollo de los sistemas CAD es en si mismo un capitulo de la historia de los computadores desde 1960 que apareció la primera aplicación de dibujo por computador hasta el día de hoy con los sistemas PLM.

Debemos empezar en Grecia, con Euclides, quien escribió su tratado “los elementos”, donde expuso los teoremas y axiomas de lo que hoy se conoce como geometría euclidiana, 2300 años después estos teoremas serian la base de los sistemas CAD.

El primer sistema CAD fue creado en 1960 por Ivan Sutherland como parte de su tesis de doctorado para MIT (Massachussets Institute of Technology), el sketchpat como se llamo, consistía en un lápiz óptico con el cual el usuario podía dibujar encima de la pantalla de un computador, líneas y puntos.

Pero debido al costo de los computadores en la época (us\$ 500,000) , la mayoría de los desarrollos en estas tecnologías venían de dos fuentes principales:

Las empresas automotrices y de aviación tales como Ford, Boing y Renault. Quienes crearon aplicaciones propietarias para la automatización de labores repetitivas en los procesos de dibujo y diseño, creando aplicaciones como CADD creada por McDonnell-Douglas en 1966.

La otra fuente de desarrollo provenía de las universidades europeas principalmente francesas donde de Casteljau publicaba sus avances en el cálculo de superficies complejas en tres dimensiones y Bezier publicaba sus investigaciones. Las cuales hoy en días son la base para la generación de superficies en los sistemas CAD y 3d.

Para finales de la década de los 60 los sistemas CAD empezaban a tener aplicación comercial y en este periodo se crearon compañías tales como Applicon, Auto-trol, Computervision, Evans & Sutherland, McDonnell-Douglas, SDRC (Structural Dynamics Research Corp. Algunas de estas compañías todavía existen hoy en día con diferentes nombres.

A principios de los 70 la mayoría de las grandes empresas tenían sistemas CAD propietarios. Estos sistemas eran por lo general aplicaciones de dibujo en 2d, las cuales tenían como ventaja la reducción de errores por parte de los dibujantes. Pero los sistemas de modelado en 3d rápidamente iban despertando el interés de estas compañías,

El primer sistema de modelado, 3d SynthaVision, fue creado mas como un sistema de ingeniería asistida por computador CAE, que como software CADD ya que este era usado para analizar la dispersión de partículas radioactivas en diferentes objetos.

Un hito importante durante la década de los 70 fue la publicación del lenguaje PADL (Part and Assembly Description Language) para modelado de sólidos por Herb Voelcker y la investigación hecha por Ian Braid de la Universidad de cambrige en B-rep que llevo al primer modelador de sólidos con fronteras verdaderas.

Para el final de la década estaba organizado el escenario para las batallas corporativas que caracterizaron los años ochenta. La industria CAD había crecido de 25 millones anuales a un billón de dólares, los avances en computación y lenguajes de programación avanzados como el C y el Fortran estaban poniendo los sistemas CAD al alcance de los ingenieros y ya existían aplicaciones comerciales que se usaban conjuntamente con los sistemas propietarios de las grandes compañías.

Los ochentas comenzaron con el lanzamiento de computadores más accesibles al público en especial las IBM y DEC, las cuales dominaban el mercado en su tiempo.

En la primera mitad de la década, las compañías de computadores comenzaron a realizar alianzas con los diferentes productores de sistemas CAD, al darse cuenta que podían vender a las diferentes empresas un paquete completo de estación de trabajo y sistema CAD. Así IBM se unió con una compañía francesa fundada a principios de la década llamada Dassault Systemes para crear un software conocido como Catia, el cual con el tiempo llegaría a ser el líder en el mercado hasta la fecha actual.

En 1982 IBM creó el primer computador personal y consecuentemente apareció la empresa Canadiense Autodesk con un software sencillo de dibujo en dos dimensiones llamado AutoCAD.

A mediados de la década había aparecido una nueva clase de estaciones de trabajo de arquitectura abierta llamada Unix, la cual se tomó gran parte del mercado de IBM y DEC. Pero la industria CAD parecía haberse estancado en un mercado dominado ya por Dassault Systemes, esto pronto habría de cambiar por la llegada de una nueva compañía con un enfoque totalmente distinto de los sistemas CAD.

En 1987 Parametric Technology Corp lanzo el primer programa CAD para estaciones de trabajo UNIX, este programa era Pro/Engineer. Este fue el primer software totalmente basado en modelación de sólidos, geometrías creadas a partir de sketches, menús interactivos, cajas de diálogos y otras características que incluían el concepto de user friendly al programa. Esto cambio la percepción de los clientes con respecto a lo que debía ser un software cad.

Para la fecha del lanzamiento de pro/e los lideres en el mercado eran CATIA y Unigraphics. Dessault no estaba directamente amenizado por PTC ya que tenia contratos firmados con la Renault y IBoing que ocupaban la mayor parte de su producción y le aseguraban ganancias equivalentes a 100 millones. UGS era otra historia, este tenia el mercado de las compañías de ingeniería mas pequeñas las cuales se estaban pasando a pro/e al ver los aumentos de velocidad en las etapas de modelación y documentación que producía la interfase con el usuario basada en menús, en comparación con la interfase de Unigraphics por medio de líneas de código .

Unigraphics se vio forzada a desarrollar un producto distinto al que tenia en ese momento, para lo cual compro el kernel de parasolid, y empezó a desarrollar su nuevo producto UG/Solids.

Sin embargo PTC seguía desarrollando mas rápidamente y sacando versiones de su software mas pronto que el resto de sus competidores, lo cual genero muchas Down Up Designas, aprovechadas por los vendedores competidores, en cuanto a la estabilidad del programa, sin embargo para finales de los años 80, PTC era el segundo en el mercado de sistemas CAD.

Al llegar la década de los 90 el mercado de los sistemas cad estaba en guerra ya que las grandes compañías Norteamericanas, habían renunciado a sus desarrollos internos y habían decidido comprar licencias, esta etapa llamada de los grandes contratos aseguraría la supervivencia de los tres líderes. Así Pratt & Whitney usaría UGS, Mercedes-Benz, Chrysler, Renault Honda CATIA y Caterpillar Pro/e.

Paralelamente se llevaba a cabo la llamada Guerra de los Kernels, donde había tres bases para el desarrollo de los diferentes softwares, Spatial Technology (ACIS), EDS-Unigraphics (Parasolid) y Ricoh (Designbase), estos ofrecían paquetes para integrar funciones 3d a muy bajo precio, de modo que cualquier empresa las podría integrar a su producto funciones de modelado 3d.

Para este momento el mercado de los software CAD había pasado la ola de Pro/e y estaba otra vez en calma, pero no por mucho. El desarrollo en la tecnología de los computadores conmocionaría el mercado y la forma de hacer software en las diferentes empresas.

El computador personal hasta mediados de los años 90 , no tenía la suficiente potencia computacional o grafica que requerían los programas CAD y este mercado era ampliamente explotado por Autocad y sus competidores, en 1996 Autocad anuncio que había vendido su licencia 1 millón. Esto cambio rápidamente en el transcurso de los próximos cuatro años, debido a la introducción de los procesadores Pentium, el Windows y los bajos precios de los kernels de desarrollo para 3d. Lo que antes costaba millones de dólares en desarrollar ahora era asequible para las compañías de desarrollo mas pequeñas, la primera de ellas fue

solidworks la cual lanzo al mercado su primera versión para Windows 95, seguido de SolidEdge .

Ambos programas tuvieron un éxito que sorprendió a las demás empresas, estas respondieron comprando la amenaza en 1998 Dessault compro solidworks y Ugs compro a Solidege, mientras Autodesk lanzaba al mercado Mechanical Desktop, su primer modelador de sólidos y PTC lanzaba su versión 17 de Pro/e la cual funcionaba bajo Windows.

El 2000 había llegado con el fin de la época de los grandes contratos cuando ford anuncio que haría sus desarrollos en UGS, el mercado estaba repartido como a finales de los ochenta en tres grandes empresas y una nueva competidora Autodesk, sin embargo no habría cambios dramáticos en la historia reciente del CAD, como los hubo en las demás décadas. Los sistemas de alta ingeniería, Pro/e, Catia□, UGS se parecían y aun parecen en sus funciones, y solidwork, solidedge e inventor (la nueva version de Mechanical desktop) los copiaban.

La atención se volvía entonces sobre un tema que se venia trabajando desde 1997 cuando boeing anuncio su sistema de cero-papel para la construcción del avión 777. el manejo de la información del producto PDM (product data managment) era la copa y el Internet junto con la globalización el messias que la convirtió en el santo grial de los sistemas CAD.

El concepto de de PDM y la tecnología de Internet, hicieron aparecer en los sistemas CAD los manejadores de información como el winchill de proe, estos son sistemas que permiten, hacer ingeniería colaborativa y llevaron al desarrolló teorías como el PLM.

Pero actualmente la industria CAD a tocado una nueva barrera en los años desde la aparición del Solidworks no ha habido ningún cambio o innovación que estremezca la industria como lo hizo pro/e en el 85.

5.2 INGENIERIA COLABORATIVA

Entre los aportes que dio la industria de la segunda guerra mundial estuvo la estandarización, esta no solo se refería a tuercas y tornillos, sino a los procesos, la idea era la de sistematizar en una serie de pasos las diferentes creaciones que pudiera imaginar la mente humana. Hacer esto con procesos predefinidos de construcción y ensamble era fácil pues estos vienen implícitos en el mismo desarrollo del producto y es solo una cuestión de mejorarlo, de ahí el diseño para la manufactura y el diseño para el ensambleⁱⁱ. Pero hay en la línea del desarrollo de un producto una etapa que no es tan fácil de estandarizar. Esta es la etapa de diseño; los procesos mentales que llevan a un equipo a decidir cual es el mejor diseño para solucionar un problema.

La búsqueda de esta metodología que garantice el mejor producto esta en proceso todavía, y probablemente como la misma creación humana lo estará para siempre. Sin embargo existe un patrón en las metodologías propuestas y este es una combinación de genio y método.

La mayoría de autores proponen seguir una metodología que a partir de cierto numero de pasos e iteraciones llegara a una respuesta que si bien no es la mejor puede ser la mas adecuada y cumple los objetivos especificados por el cliente quien delimitan el alcance del producto.ⁱⁱⁱ

Uno de los métodos para el desarrollo de productos que mas se ha mantenido es la llamada Metodología para la Ingeniería de Productos o

“Sistema Alemán” del cual el mayor representante, aparte de los productos hechos por BMW, Mercedes Benz y otros, es el trabajo publicado por Phal y Beitz “Engineering Design”, en el cual se describe el método.

Como se observa en la figura 1 en este trabajo se propone una metodología consistente en once pasos, divididos en cuatro etapas:

- Clarificación
- Diseño conceptual
- Formalización
- Diseño de detalles

Cada una de estas etapas, excepto la primera, finaliza con una comparación entre la solución propuesta y una tabla de objetivos definidos, por diferentes fuentes. Estos objetivos son las funciones y propiedades que debe cumplir y poseer el producto, para poder aprobar su construcción. La evaluación en cada etapa del diseño es realizada asignando valores a un objetivo y calificando las soluciones con respecto a este, ya sea de uno a cinco o por medio de ponderaciones.

Esta insistencia que se hace en evaluar las diferentes etapas del diseño de producto con los objetivos que se deben cumplir, hace notar una preocupación por el alejamiento de las especificaciones de producto a medida que se detalla más este. Es decir que cuando se profundiza en el detalle del producto se puede olvidar o perder de vista la información que está en el nivel superior del producto, debido a los detalles técnicos.

Rara vez un producto es unidisciplinario, lo que significa que son escasas las ocasiones en que un diseñador construye un producto el solo. En la

realidad todo producto tiene varias visiones y disciplinas que son necesarias para su desarrollo. La mayoría de los creadores del diseño sistémico estaban concientes de esto y en sus escritos, generalmente se habla de diferentes departamentos o grupos de trabajo.^{iv}

Si aceptamos la proposición de Yan Yin que el conocimiento dentro de un grupo de trabajo es altamente personalizado y esta dentro de las personas que conforman el equipo, podemos concluir que no se trata de un problema de conocimiento en el equipo de trabajo, sino mas bien un problema en la forma en que se comunica y estructura ese conocimiento para crear productos.^v

El problema de como comunicar la información en los grupos tiene dos corrientes, una administrativa conocida como administración del conocimiento, la cual es centrada en como dirigir y distribuir las personas que poseen la información para que estas la comuniquen.

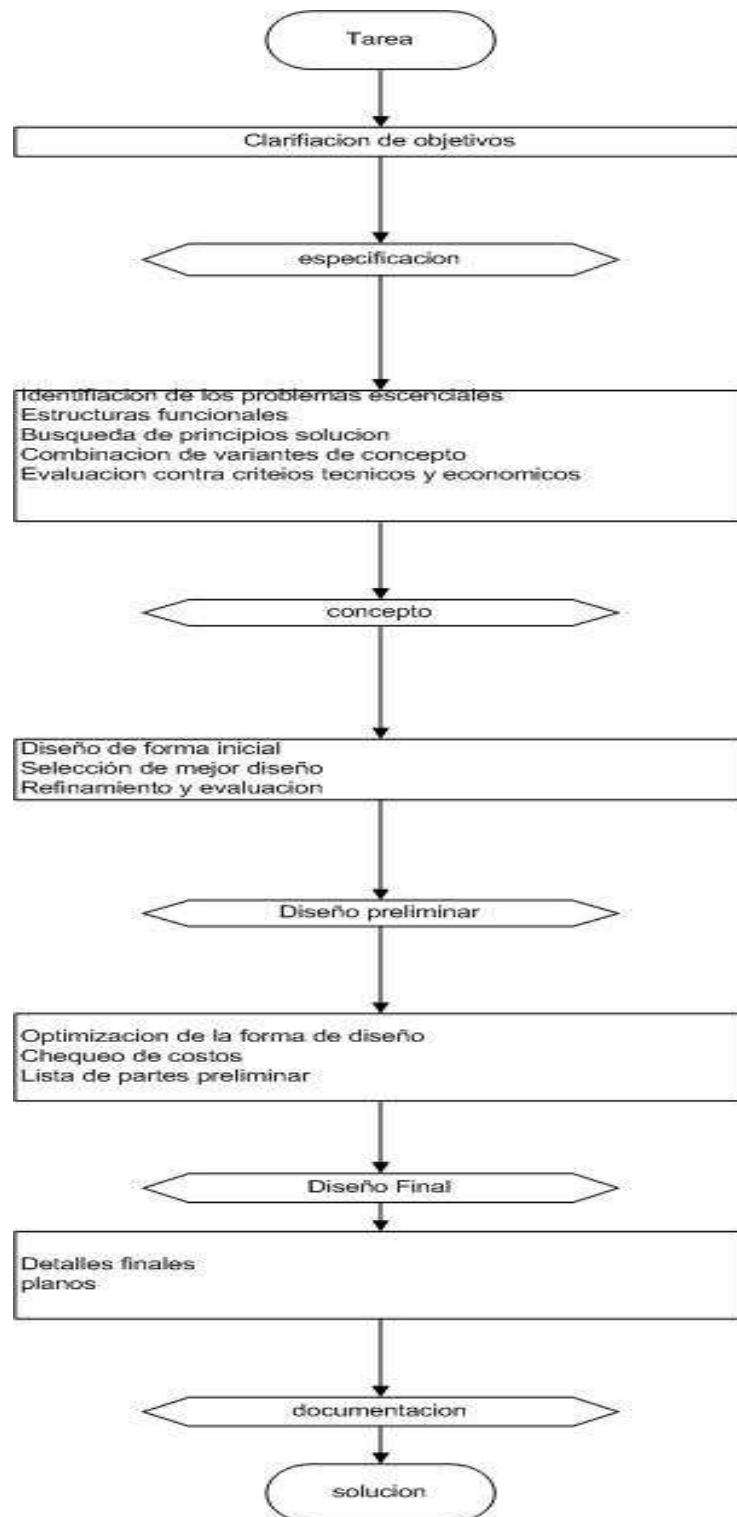


figura 1 *proceso de diseño según Phal y Beitz, fuente Engineering Design*

La segunda corriente es de ingeniería, esta trata a la información como objetos, es decir se preocupa más por el flujo de la información dentro de el proyecto u busca una racionalización del diseño en que se describan todos los pasos para llegar a una solución determinada (influencia clara del diseño sistémico) y la relación entre estructura, función y comportamiento.

Como parte de esta corriente del manejo de la información surge la ingeniería colaborativa. La cual pretende crear ambientes en los cuales hay conversación entre los diferentes departamentos. Estas conversaciones deben girar en torno a un tema solamente y es el cumplimiento de los objetivos.

En general los estudios en ingeniería colaborativa tienen a su vez dos campos;

- La creación de ambientes:

Estudia como y cual es el ambiente más eficaz para la transmisión de información y el intercambio entre los diferentes grupos, generalmente estos estudios tienen como fin la creación de softwares de manejo de la información, como windchill en el caso de pro/e.

- La estructuración del producto:

El estudio de la estructuración de la información en los diferentes grupos, estos estudios tienen como premisa el concepto de Intención de diseño.

La intención de diseño es el objetivo final al que apunta el proyecto, los estudios en estructuración buscan que los diferentes departamentos en la etapa de formalización y detallado del producto tengan los objetivos como guías para este diseño.

Estas investigaciones, generalmente proponen filosofías del manejo de la información mas que herramientas, un ejemplo claro de este es la filosofía Top-down design.

Uno de los avances que han permitido los diferentes estudios en ingeniería colaborativa es la ingeniería concurrente, en la cual a cada grupo se le dan las especificaciones del componente que deben diseñar, así como las condiciones de ensamble y restricciones con respecto a cada componente, la interrelación, de forma que el producto se desarrolla paralelamente, es decir se evitan las actividades antecesoras en los proyectos.^{vi}

5.3 PLM

La sigla PLM se refiere a Product lifecycle management, en español manejo del ciclo de vida del producto, esta busca documentar y manejar la información de un producto durante todo su ciclo de vida, desde su concepción, hasta su desecho.

El PLM es en el fondo una serie de capacidades, programas y estructuras organizacionales, que le permiten a la empresa manejar e innovar eficientemente sus productos durante todo el ciclo de vida del mismo. Es una de los santos giales de el manejo de información digital corporativa, donde se relacionan la comunicación con el cliente, los proveedores y los diferentes departamentos dentro de la empresa.^{vii}

Los beneficios que se han documentado con la implementación de este sistema son:

- Reducción en el tiempo de lanzamiento al mercado
- Mejoramiento de la calidad del producto
- Reducción de costos en los prototipos
- Ahorro por la re-utilización de los datos originales
- Crea un marco para la optimización de los productos
- Reduce el desperdicio
- Integra las líneas de trabajo de los departamentos de ingeniería

Debe diferenciarse el termino PLM con PLC aunque ambas siglas signifiquen lo mismo, mientras el PLM es un estudio desde el punto de vista de administrativo y de ingeniería, el PLC se refiere a el ciclo de vida en relación a costos y ventas.

En el centro del PLM esta la información del producto y las tecnologías que permiten manipularlas, estas son tecnologías CAD y PDM.

El PLM no es un proceso vertical ni progresivo, mas bien es un proceso concurrente que se retroalimenta constantemente, pero para efectos de explicación los expertos lo separan en las siguientes fases, las cuales deben pueden variar de acuerdo a la industria que este desarrollando el producto:

- Concepción
 - Especificación
 - Diseño conceptual
- Diseño

- Diseño de Detalles
- Validación y análisis
- Diseño de herramientas
- Realización
 - Plantación de la Manufactura
 - manufactura
 - ensamble
 - control de calidad
- Servicio
 - Venta y transporte
 - Uso
 - mantenimiento
 - Desecho

Como se menciona anteriormente este proceso no es progresivo, el diseño es un proceso iterativo en el cual se avanza y retrocede de fase, y las fronteras entre un paso y la otro no están claramente delimitadas. En un proceso de diseño verdadero el ciclo de vida del producto es una red, en la cual interactúan diferentes disciplinas.^{viii}

El PLM esta basado en las herramientas de software que se han creado para este propósito, hay en el mercado varias aplicaciones que tratan de cubrir todo el espectro de PLM o un nicho específico de este.

Estas herramientas tienen 3 corrientes, sistemas para manejo de la información del producto (PDM), herramientas CAID/CAD/CAE/CAM y herramientas para manejos de proyectos.

Dichas herramientas tienen papeles distintos de acuerdo a la etapa de desarrollo de producto en que se encuentren, así^{ix} :

5.3.1 CONCEPTO

La etapa de concepto consta de dos partes claramente definibles la toma de requerimientos y la elaboración de bocetos iniciales. Para la toma de requerimientos hay estándares y varias propuestas de plantillas como las de Phal y Beitz, entre otras. La obtención, organización y manejo de la información depende generalmente de los estándares de la compañía, por lo cual es muy común que se utilicen programas de oficina como Excel u otros que permitan una fácil sistematización de la información, sin embargo se han desarrollado software especializados para el manejo de requerimientos.

El desarrollo de bocetos, puede ser hecho por medio de lápices, marcadores hasta los más nuevos programas de CAID (Computer Aided Industrial Design), esto depende de la generación a la que pertenezca el diseñador. Sin embargo el desarrollo de estos programas (como el Studio tools de Autodesk y el Proconcept de PTC) están volviéndose más populares puesto que al desarrollarse el concepto en ellos, se crean no solo bocetos, también se crean superficies NURBS o poligonales, las cuales pueden integrarse directamente a sistemas CAD, en las etapas posteriores, afirmando así la intención de diseño en los modelos CAD.

5.3.2 DISEÑO

Para la etapa de diseño, es decir el detallado, pruebas, standardización, hay una gran cantidad de tecnologías (con su correspondiente gran cantidad de siglas), todas basadas en sistemas CAD. La etapa de formalización y detalle es donde se usan los sistemas CAD, ya sean de superficie libre, sólidos, dos dimensiones o cualquier otro, la función de estos software es dar forma a el producto para elaborar planos de manufactura y modelos para la etapa de prueba.

En la etapa de prueba se elaboran prototipos y se someten a cargas, temperaturas, corrientes eléctricas y todas las situaciones que el producto podrá enfrentar en su vida útil, en esta etapa hay dos tecnologías que mandan la parada.

La primera es las tecnologías CAE (Computer Aided Engineering) la cual busca hacer pruebas virtuales en modelos 3d, dentro de esta tecnología sobresalen; FEA (Finite Element Analysis), MES (Mechanical Event Simulation), CFD (Computer Fluid Dynamics), análisis de tolerancias y CAQ (Computer Aided Quality).

La segunda son los desarrollos en prototipado rápido donde se pueden obtener modelos de las diferentes partes del producto para pruebas de conceptos e incluso, pruebas de resistencia dependiendo del material que se pretenda usar en el producto. En esta tecnología existe el STL (Stereolithography), FDM (Fused deposition modeling), LOM([Laminated object manufacturing](#)), LEN ([Laser engineered net shaping](#)) , SLS (Selective laser sintering), SDM (Shape deposition manufacturing), SGC (Solid ground curing) y 3DP ([Three-dimensional printing](#)).

5.3.3 MANUFACTURA

Una vez definido el producto con sus modelos y pruebas, es hora de construirlo, dentro del esquema de PLM esta etapa es manejada por tres tecnologías.

El CAM (Computer Aided Manufacturing), cuya labor consiste, en su nivel mas alto, en crear las herramientas por la conformación de productos, llámense moldes, troqueles, dados prensas cepillos o maquinaria. Y en su nivel mas bajo la programación, a partir de modelos CAD, de secuencias de mecanizado.

Estas secuencias de mecanizado son entonces programadas en maquinas de control numérico CNC, o cualquier otro tipo de producción robotizada. Estas maquinas cubren todas los procesos de manufactura como lamina, EDM (electro erosión), fresado, torneado etc.

Otra parte del proceso de manufactura es la documentación, esta comprende, las cartas de procesos, planos, BOM (bill of materials), lista de partes, costos de manufactura, piezas de ensamble, documentación de las herramientas. Es en esta área en la que juegan los sistemas PDM y MPM (Manufacturing Proces Managment), los cuales son softwares CAPE (Computer Aided Production Engineering) especializados para el manejo de este tipo de información.

Paralelamente a esta información se empiezan los procesos de marketing de productos, como manuales catálogos y otros.

5.3.4 SERVICIO

La ultima etapa consiste en proveer a los ingenieros con la información necesaria para el mantenimiento , reparación y desecho , para funciones de servicio técnico. Las herramientas utilizadas para esto son software de MRO (Maintenance, Repair and Overhaul Management)

Como se dijo anteriormente estas tecnologías y pasos no pueden ser miradas individualmente, sino como un proceso dinámico. En el nivel superior existen tecnologías de EDM (Enterprise Data Management) cuya funciones es la de manejar el flujo de información de los diferentes departamentos.

Con este problema en mente se han desarrollado metodologías del manejo de la información que pretenden crear un flujo de datos que sea bidireccional y reducir los tiempos de desarrollo. Estas filosofías son:

- **INGENIERIA CONCURRENTE:**

Esta se refiere a hacer los procesos paralelamente por ejemplo, empezar a diseñar los moldes de una pieza sin que el producto halla sido totalmente terminado

- **DOWN UP DESIGN**

Este es el método tradicional de trabajo, es decir crear varias piezas para luego ensamblarlas.

- **TOP DOWN DESIGN**

A diferencia del down up design, en esta metodología se busca definir la estructura del producto antes de ser diseñado.

- **UP FRONT LOADING**

Es llevar el top down design a todo el proceso de diseño y no solo a la formalización, es decir definir toda la manufactura, documentación y diseño , al principio de el proceso de desarrollo.

- **DESIGN IN CONTEXT**

Es usar relaciones dentro de las partes del ensamble para asegurar la correspondencia dimensional.

ⁱ Basado En El Articulo Cad History De Www.Cadazz.Com

ⁱⁱ Design For Assembly, Ifs. Myrup, S.Kahler, T.Lund, Publicarions Ltd. U.K, M, 1983, P45

ⁱⁱⁱ Metodos De Diseño, N. Cross, Limusa Wiley 1999

^{iv} Metodos De Diseño, N. Cross, Limusa Wiley 1999

^v Agent-Based Knowledge Management For Collaborative Engineering, Yin Yuan, Universisdad Del Sur De California, 1999

^{vi} Better Faster, Desktop Engineering Simpler , Russell Shuba, May 2006

^{vii} Using Plm To Transform Manufacturing, Desktop Engineering, Louise Elliott, July 2005

^{viii} Maximizing Competitive Advantage T H Rough Designing A Manageable, Scalable And Cost-Effective Architecture For Innovation, Machine Design, Na, 2004

^{ix} Using Plm To Transform Manufacturing, Desktop Engineering, Louise Elliott, July 2005

6. PROCESO TOP DOWN DESIGN Y PROCESO DOWN UP DESIGN

Los procesos de diseño Top Down y Down up, no son realmente metodologías de diseño como lo son las de Pahl y Beitz, son metodologías para enfrentar la etapa de dimensionado y detallado de los artefactos, el TOP DOWN DESIGN no hace tablas de requerimientos, ni da valores medibles a las necesidades del cliente, ni cataloga funciones.

Si se mira el modelo del proceso de diseño (figura 2), el TOP DOWN DESIGN empieza a afectar en la etapa de la esquematización siempre y cuando se lleven a cabo los esquemas pensando el producto como un sistema de relaciones entre partes a la cual se le aplican los conceptos de forma para llegar a una geometría definida ⁱ

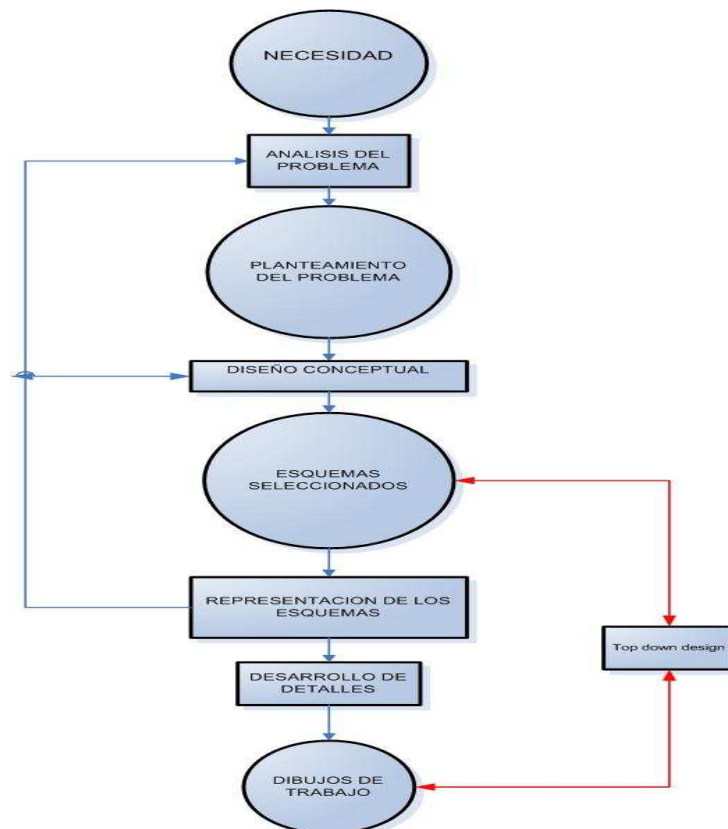


figura 1 *TOP DOWN DESIGN* en el proceso de diseño según MJ, French, Metodos De diseño 1999

6.1 TOP DOWN DESIGN

El Top Down Design es un proceso de desarrollo de productos en el cual se ubica la información crítica en los niveles superiores del ensamble, y de este punto central se comunica a los sub-ensambles. Permitiendo que se transmita la intención de diseño a todos los niveles, del ensamble ya sean sub-ensambles o partes finales. (fig 2)

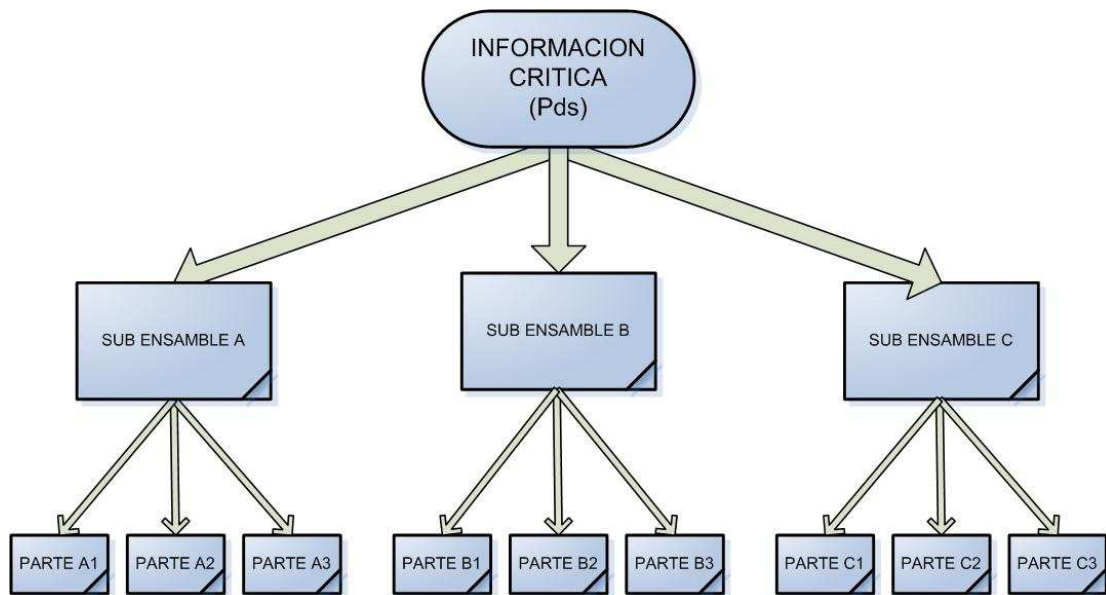


figura 2 *manejo de la información en el proceso top down design, Fuente PTC*

En este proceso se busca que el diseñador empiece con un concepto de producto, y a partir de este, haga un proceso de detallado del ensamble en el cual debe pensar su diseño como un conjunto de relaciones entre sub-ensambles y partes.

En el proceso de detallado del ensamble las piezas van adquiriendo geometrías y dimensiones (características) , hasta llegar a piezas finalizadas, pero al ser creadas a partir de una información centralizada, que contiene especificaciones de diseño, se esta garantizando que se cumplen con condiciones especificadas en una lista de requerimientos.

El objetivo principal del top down design es crear un ensamble interrelacionado de forma parametrica, en el cual hay relaciones de modelación entre las piezas y los sub-ensambles a la ves que estas se ven afectadas por las condiciones dadas por la lista de requerimientos que esta en la parte superior del ensamble.

Una pieza creada bajo parámetros top down design nunca será totalmente independiente, tendrá restricciones dimensionales dadas por una hoja de requerimiento, y restricciones geométricas dadas por una pieza en la que debe ensamblar de alguna forma, esto debe garantizar que el modelo de ingeniería estará totalmente relacionado en si mismo, lo que hará mas rápido el proceso de rediseño y la construcción de familias de productos y variaciones del diseño.

La finalidad del TOP DOWN DESIGN es crear sistemas de ingeniería dinámicos, el cual en un sistema de alta ingeniería se define como un ensamble de partes totalmente relaciononadas e interconectadas entre si por medio de relaciones parametricas, que pueden ser matemáticas, dimensionales o geométricas. Este tipo de ensambles mantiene en toda su estructura la intención de diseño.

6.2 DOWN UP DESIG.

Este es un proceso inductivo en el cual no se considera el ensamble como finalidad de diseño, sino que cada pieza es un diseño independiente en si misma, en la cual no existen las relaciones parametricas entre pieza y pieza, en este tipo de diseño las incongruencias que puedan existir en el ensamble son arregladas después de cada cambio por el diseñador.

Este proceso es ideal para ensambles poco complejos o que tiene pocas piezas, en los cuales el diseñador es capaz de controlar todas las variables de diseño del producto y cambiarlas manualmente.

En DOWN UP DESIGN la información esta contenida en cada pieza y no existe una fuente centralizadas de información, que pueda ser modificable. Figura 4

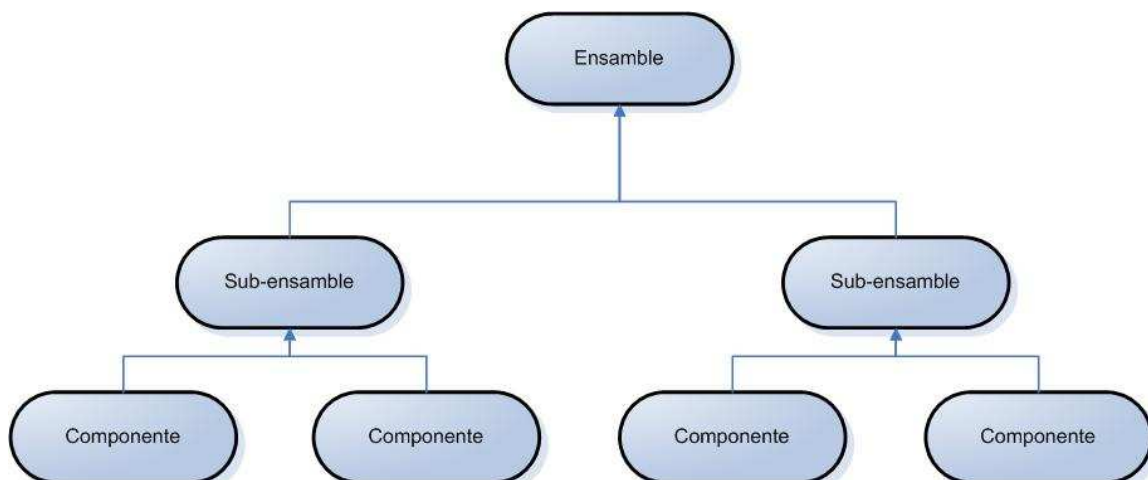


figura 3 proceso Down Up Design, cada pieza contiene toda la información, fuente PTC

De las filosofías de diseño el DOWN UP DESIGN es la mas popular entre los diseñadores CAD puesto que su forma de trabajo es mas

lineal que en el caso del TOP DOWN DESIGN, y no requiere un conocimiento profundo de las diferentes maneras de manejar las relaciones independientes propias del programa CAD de modo que un modelador inexperto puede usar el software, sin embargo en los ensambles mas complejos y que son realizados por grupos multidisciplinarios es mas popular la filosofía TOP DOWN DESIGN puesto que automatiza el diseño.

ⁱ **Artefactos, Rodriguez A, Editorial Universidad Eafit, 2002.**

IMPLEMENTACION DEL TOP DOWN DESIGN EN SISTEMAS CAD

7.1 TOP DOWN EN LAS ETAPAS DEL PROCESO DE DESARROLLO DE PRODUCTOS

Como se menciono anteriormente las metodologías Top Down Design se aplican en la etapa de formalización dentro de un ciclo de diseño de productos

En la cual se le da forma y detalle al producto para poder producirlo. Pero dentro de la formalización el top down design entra en la etapa de detallado.

En este punto es importante hacer una diferenciación entre dos tipos de diseño CAD, el Computer Aided Design y el Computer Aided Drafting.

El termino Computer Aided Drafting se refiere a las tecnologías para desarrollar bocetos o planos en computador, el mas conocido de estos es el Autocad producido por Autodesk.

Mientras el Computer Aided Design es un termino que se refiere a el diseño completo y generalmente se aplica a paquetes de modelación de sólidos

Un problema general que ha resultado de la mala interpretación de este concepto es el que los diseños de los sistemas CAD tienen como finalidad el generar planos para producción. Si bien esta es una de las finalidades, desde que Catia□ lanzo su filosofia de cero papel en 1987, la generación de planos ha convertido en un subproducto mas del modelado CAD y ha dejado de ser la parte central de este.

Cual es el objetivo de los sistemas CAD?, UGS lo define como crear prototipos virtuales sobre los cuales hacer ingeniería para prever problemas que de otro modo serian evidentes solo en la construcción del prototipo.ⁱ

Esta aproximación a los sistemas CAD es la que nos permite encajar toda la etapa de formalización dentro de estas tecnologías, desde los bocetos por medio de sistemas CAID hasta la producción por las sistemas CAM.

Se hace evidente el papel que tienen las metodologías de manejos de ensambles en la etapa de formalización e incluso en la etapa de producción de un producto ya que estas son la nacionalización del producto dentro del ambiente virtual que proveen los sistemas CAD.

Phal y Baitz en su libro Engenniering Design afirman que el proceso de diseño es reiterativo. Constantemente se vuelve sobre etapas anteriores del mismo para mejorar el producto final, es decir que el producto final no es el primero que se diseño.

Las metodologías como el TOP DOWN DESIGN son en su trasfondo, técnicas para facilitar esta revisión y cambios en las diferentes etapas. Al observar TOP DOWN DESIGN se aprecia que la finalidad de este es hacer fluir la información de diseño entre los diferentes grupos de trabajo de una forma bidireccional y asociativa.ⁱⁱ

Al hablar de birideccional y asociativa se refiere al hecho de crear relaciones entre diferentes partes o etapas del proceso, esto se hace para permitir cambios en una parte del diseño y ser reflejados en la otra.

En la figura 5 se observa el flujo de trabajo dentro de Pro/engineer para el maquinado de moldes, en este proceso que es estándar para la mayoría de sistemas CAM, se define un modelo CAD que a partir de sustracciones Booleanas con un modelo CAD de un bloque generan la cavidad del molde, esta cavidad es llevada a un modulo CAM donde se une con un modelo del material que se va a maquinar, para generar lo que se denomina un modelo de manufactura, al cual se le introduce la información del tipo de maquina, cero de pieza, herramientas y estrategias de manufactura. ⁱⁱⁱ

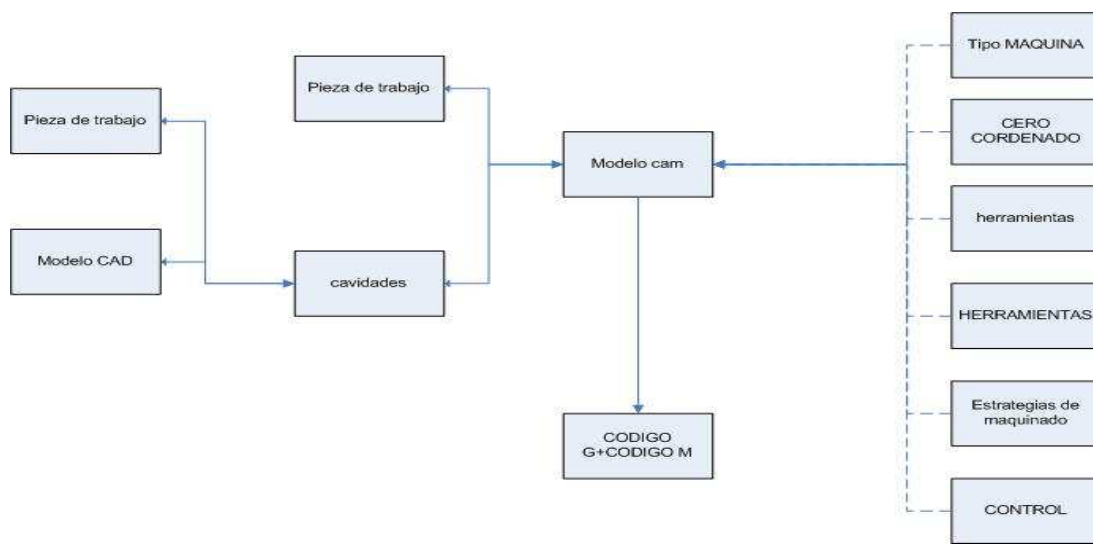


figura 1 flujo de trabajo dentro de Pro/engineer para el maquinado de moldes. Fuente PTC

En este proceso toda la secuencia que incluye los modelos CAD es paramétrica y asociativa, con el fin de que los cambios que se deban realizar por requerimientos propios de los procesos de maquinado, tales como entradas y diámetros de herramientas, sean realizados en el modelo CAD inicial y actualizados en todo el modelo hasta los caminos de herramienta que conforman el código G.

Este es un caso típico de asociación paramétrica dentro de un software de alta ingeniería, y en el se puede ver como sin que el usuario lo especifique el programa asume una metodología TOP DOWN DESIGN , donde el modelo CAD es el centro de información y los demás datos giran alrededor de este figura 6

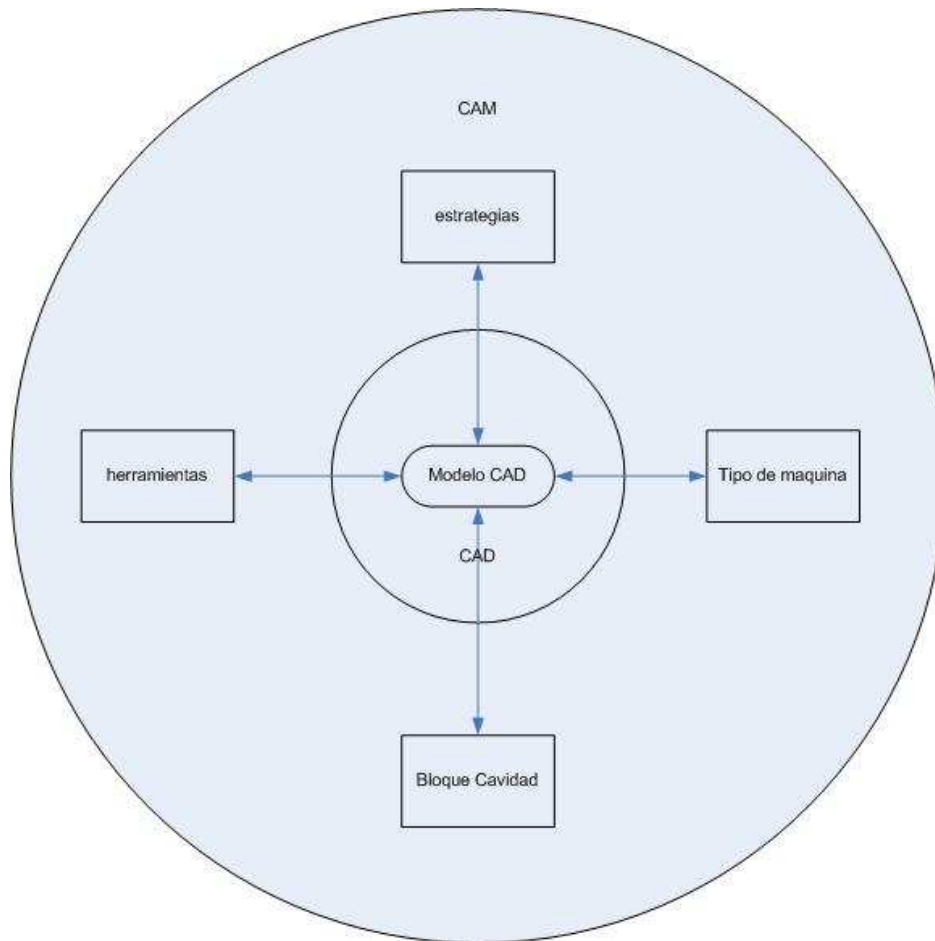


figura 2 Distribución de la información en un proceso de manufactura, fuente PTC

7.2 PASOS SUGERIDOS PARA LA APLICACIÓN DEL TOP DOWN DESIGN

El proceso TOP DOWN DESIGN consta de diez etapas en las cuales se va de lo particular a lo general, partiendo de un boceto con dimensiones definidas por el PDS, hasta llegar a un ensamble detallado en el cual las piezas están totalmente dimensionadas y restringidas.

Las etapas sugeridas en la mayoría de manuales son figura 7:

- 1) Definición de las especificaciones de producto relevantes para la etapa CAD, CAE, CAM.

- 2) Generación de Diagramas guías.
- 3) Generación de tablas de constantes
- 4) Generación de relaciones
- 5) Definición del ensamble
- 6) Definición de las relaciones dimensionales
- 7) Generación de superficies de control (esqueletos)
- 8) Declaración de las constantes y relaciones
- 9) Publicación de la geometría
- 10) Modelado de las partes

El TOP DOWN DESIGN es un proceso dinámico, lo cual significa que el diseñador se puede mover entre diferentes etapas al momento de aplicar la metodología, es una aproximación horizontal al proceso de formalización del producto.

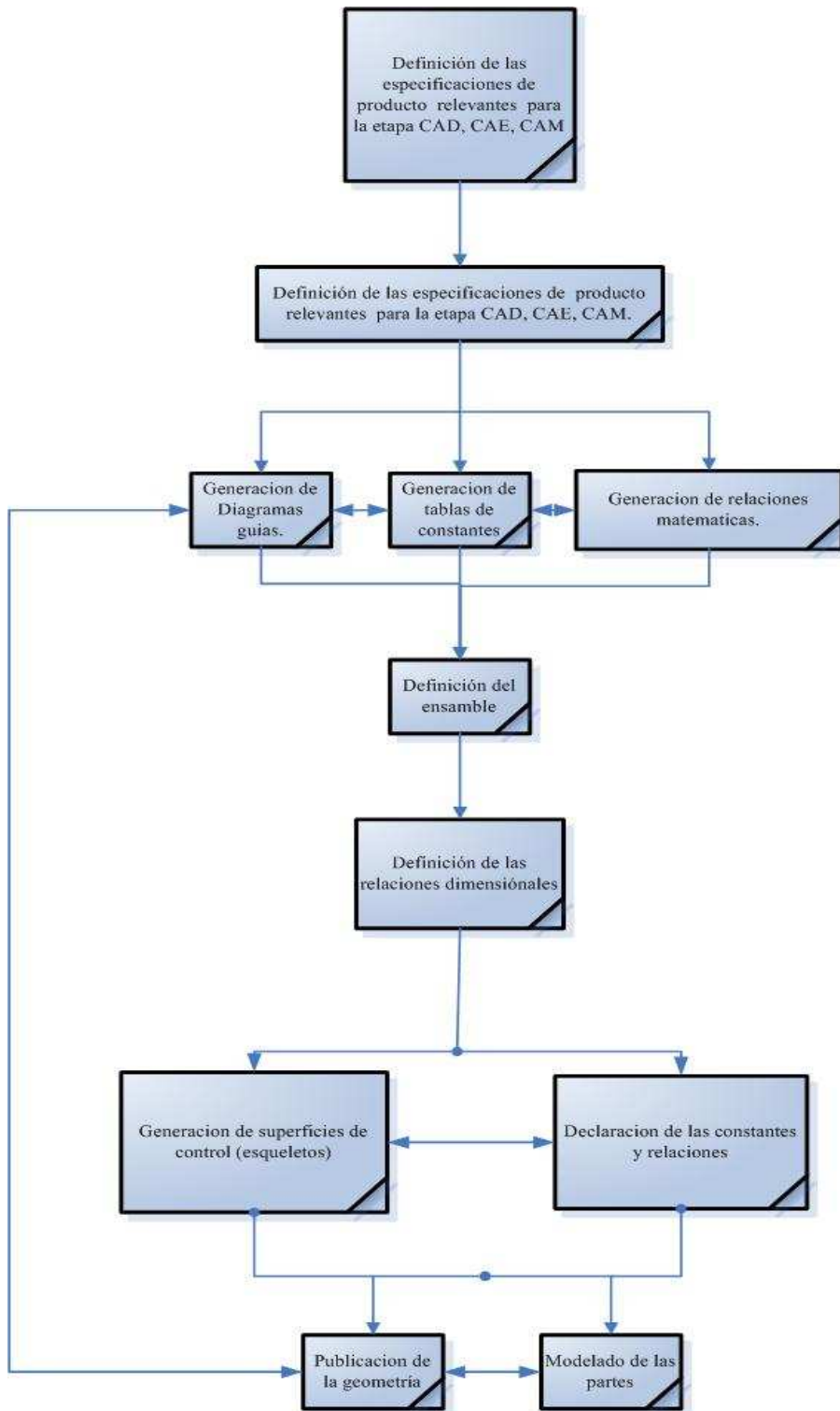


figura 3 Pasos de la metodología Top Down Design, fuente PTC

7.2.1 DEFINICIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO RELEVANTES PARA LA ETAPA CAD Y/O CAE.

En esta etapa se analiza la lista de requerimientos de ingeniería PDS y se toman las condiciones de volúmenes, recorridos, dimensiones, áreas, materiales y demás condiciones que se especifiquen como condiciones irrevocables del producto y sean a su vez concernientes a la etapa CAD.

En esta etapa se toma la decisión de hasta que punto se llevara el modelo virtual. El equipo de diseño debe considerar si se e llevara a cabo análisis CAE, CAM u otro.

Esta decisión es crucial para el diseñador CAD, ya que al tomarse la decisión de integrar métodos de CAE en el sistema, se deben sistematizar nuevas variables no dimensionales a las especificaciones del producto en el CAD, estas variables pueden ser, de temperatura, rendimiento y deformaciones máximas entre otros.

Estas variables afectaran la estructuración del modelo, el cual debe entonces diseñarse para que se adapte a los cambios dimensionales y de forma propios de un análisis de elementos finitos.

7.2.2 GENERACIÓN DE DIAGRAMAS GUÍAS

La generación de diagramas guías es como su nombre lo indica la creación de bocetos sobre los cuales se especifican las restricciones dimensionales que se deben considerar en todo el proceso de desarrollo del ensamble, estos bocetos digitales son guías visuales, lo realmente importante en ellos es que al acotarse se están creando variables dentro de el sistema, estas variables serán usadas como cotas para formalizar las piezas.

7.2.3 GENERACION DE CONSTANTES

En esta etapa se dan valores a las constantes que se especificaron en la etapa anterior y se especifican variables como volúmenes o recorridos de diferentes partes.

7.2.4 GENERACIÓN DE RELACIONES

Una vez definidas las constantes se definen variables con respecto a ellas, estas variables obedecen a expresiones algebraicas tipo $\text{Ancho} = \text{largo} * 2$ Donde ancho es la variable y largo es una constante definida.

Esto permite que al hacer cambios en las diferentes variables se realicen los cambios automáticamente en todas las dimensiones que sean afectadas por dicha variable.

Otra ventaja de este manejo de estas relaciones es que por medio de estas se pueden usar proporciones de simetría en los diseños, tales como Fibonacci o proporciones dinámicas entre otros.

7.2.5 DEFINICIÓN DEL ENSAMBLE

Definir el ensamblaje es, crear un BOM (Bill of Materials) virtual solo que en esta etapa no tiene propiedades geométricas, las piezas están nombradas y declaradas en diferentes sub-ensambles, pero no se ha comenzado el proceso de formalización.

Esta etapa sirve como un proceso de estructuración del proyecto ya que se deben tener en cuenta todos los componentes que debe llevar el ensamblaje, así como su ubicación en los diferentes sub-ensambles,

Esta aproximación permite que el trabajo de modelado sea repartido en diferentes grupos de trabajo y entre los miembros de cada equipo.

También se pueden especificar todos los datos no dimensionales, como son materiales, precio, fabricante, entre otros y definir las partes estándar que se van a usar, con sus diferentes librerías de partes.

7.2.6 DEFINICIÓN DE LAS RELACIONES DIMENSIONALES

La definición de las relaciones geométricas es un proceso de definición de variables padre e hijo en el cual se considera en una aproximación que áreas o superficies de cada pieza se van a tener en cuenta para formalizar otra pieza con la que tiene interferencia o algún tipo de contacto.

En otra aproximación se deja las superficies de contacto para ser definidos por los esqueletos y dimensionar la pieza de acuerdo a este.

Esta etapa es de planificación, y debe ser realizada al detalle ya que es en esta fase donde se darán las bases para que el modelo sea paramétrico y ajustable.

7.2.7 GENERACIÓN DE SUPERFICIES DE CONTROL

Las superficies de control son reclamaciones geométricas en el espacio, es decir son superficies sin propiedades de masa que se ubican generalmente en las áreas de contacto de las piezas, para servir de referencia para el modelado de estas.

Así como los bocetos eran referencias dimensionales en 2d los esqueletos son referencias dimensionales en 3D, estos hacen las veces de plantillas para el modelado.

Además de definir geometrías en el espacio, los esqueletos pueden ser usados para definir interferencias entre los diferentes componentes, y para crear ensambles simplificados.

7.2.8 PUBLICACIÓN DE LA GEOMETRÍA

Publicar la geometría es declarar una geometría en todo el ensamble para que superficies, ya sea de un esqueleto o de una pieza, pueden ser vistas por las demás piezas.

Esto permite que se use geometría de estas piezas para referenciar la pieza que se este modelando.

7.2.9 MODELADO DE LAS PARTES

Se modelan las partes a partir de la geometría publicada.

ⁱ Nx 4: Ugs Advances Nx Yet Again, Desktop Engineering, Al Dean, March 2006

ⁱⁱ Advanced Assembly Management, Ptc, Ptc Publishing, 2004

ⁱⁱⁱ Mold Manufacturing , Ptc, Ptc Publishing, 2004

8. METODOLOGIA

Para la exploración del Top Down Design se utilizó una metodología de estructura vertical descendente dividida en tres etapas.

8.1 ETAPA DE DOCUMENTACION

En esta etapa se buscaron referencias bibliográficas e información concerniente a la metodología TOP DOWN DESIGN, esta se clasificó y analizó de acuerdo a su relevancia para el presente proyecto.

8.2 CASO DE ESTUDIO

Se creó un modelo siguiendo la metodología Top Down Design y la DOWN UP DESIGN para hacer comparaciones frente a las variables que se esperan sean mejoradas por los sistemas TOP DOWN DESIGN

8.3 ANALISIS

Se sometieron a pruebas los modelos, como cambios de geometría, rediseños, se restringieron las dimensiones en forma lógica y según estándares, entre otros, para obtener los resultados esperados según los planteamientos que un equipo de Ingeniería presente en el análisis del producto.

8 CASO DE ESTUDIO TORNO

8.1 SELECCIÓN DEL PROYECTO Y VARIABLES A MEDIR

Como proyecto de prueba para aplicar la metodología se escogió el diseño de un torno de mesa para madera.

La elección del caso de estudio se hizo a través de una ponderación de varias variables entre las opciones de una matriz morfológica. Los parámetros de evaluación fueron:

- **NUMERO DE PIEZAS:**

El numero de piezas que no son prefabricadas o estándar. Estas piezas usan el criterio del diseñador para su formalización dentro del contexto de estructura del producto.

- **PIEZAS ESTÁNDAR**

La elección de estas piezas las realiza el diseñador a través de catálogos o modelos prediseñados, en esta no existe decisión por parte del diseñador en cuanto a la forma del componente, pero si decide su ubicación.

- **POSIBILIDAD DE CAMBIOS**

Se refiere a los cambios que puede hacer el diseñador con respecto a dos variables interrelacionadas:

Estructura del producto:

Es la clasificación jerárquica de los componentes que conforman el producto, esta especifica los ensambles y funciones de cada componente pero no los detalla.

Diseño de los Componentes

Es la formalización de cada componente dentro de un ensamble teniendo en cuenta, función, manufactura y ensamble.

Los cambios en la estructura son limitados puesto que implican un rediseño total o un gran impacto en la forma del diseño. Por lo cual no es muy acostumbrado hacerlo en la etapa de desarrollo de producto en que esta el modelado CAD. Por el contrario los cambios en el diseño de los componentes en esta etapa son muy comunes.

Alternativa	Numero de piezas	Piezas estándar	posibilidad de cambios
Bicicleta	Alto	70%	Media
Molde soplado	Bajo	10%	Baja
Molde inyección 2 cavidades carcasas de celular o afín	Medio	65	Baja
Torno	Alto	45	Alta

TABLA 1 proceso de selección para el modelo a desarrollar, fuente propia

la selección se realizo a partir de catálogos (Anexo 4) y modelos ya construidos contando el numero de piezas y evaluando a partir de la experiencia de diseñadores CAD consultados ver Anexo 3. Estos daban su criterio en cuanto a la dificultad en cambios y variables. El principal factor para evaluar estos factores es el tiempo que se tardaría en realizar las modelaciones. Tabla 1

Como se entrevisto a varios diseñadores los cuales tienen diferentes niveles de experiencia, lo que se traduce en menor tiempo de modelado, se utilizó un promedio simple para definir las variables

$$F = \frac{\sum^n N}{n}$$

La finalidad de escoger un proyecto con estas características era tener un modelo que tuviera un número de piezas suficiente para ser considerado un ensamble complejo, que a su vez pudiera ser realizado por una sola persona, tuviera piezas estándar de modo que se pudieran incluir catálogos virtuales y existirá una correlación amplia entre las partes.

Las variables que se iban medir con este modelo son las que se resaltan en el TOP DOWN DESIGN, estas son:

ITEM	DESCRIPCION
Parametrización	La capacidad de la metodología de manejar relaciones entre las piezas
Trabajo en paralelo	La capacidad de eliminar actividades sucesivas en la línea de trabajo
Ahorro de tiempo en rediseños	El ahorro de tiempo en la distribución de un cambio en todo el diseño
Facilidad de intercambio de partes	La facilidad de cambiar una parte por otra
Posibilidad de trabajo colaborativo	La capacidad de usar grupos de trabajo en el modelo

TABLA 2, variables a medir en el caso de estudio

Estas variables serian calificadas cualitativamente y comparadas contra el mismo modelo con un enfoque DOWN UP DESIGN para obtener una referencia de tiempo.

8.2 DESARROLLO DEL MODELO

El modelo se desarrollo usando la metodología mencionada anteriormente usando lo pasos descritos, con los siguientes cambios en el orden de los pasos:

1. Definición de las especificaciones de producto relevantes para la etapa CAD.
2. Definición del ensamble
3. Generación de superficies de control (esqueletos)
4. Generación de tablas de constantes
5. Generación de relaciones
6. Definición de las relaciones dimensionales
7. Publicación de la geometría
8. Modelado de las partes
9. Generación de Diagramas guías.

Estos cambios en los pasos de la metodología son en la parte formal del proceso y se realizaron debido a que en versiones anteriores del modelo se presentaban dificultades para visualizar las variables en el espacio 3d sin tener construidas las superficies de control donde se ubican estas variables. Estos cambios no modifican en nada la estructura y el flujo de información planeado para el modelo.

8.2.1 DEFINICIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO RELEVANTES PARA LA ETAPA CAD

El objetivo del proyecto era el manejo de las variables geométricas, usando la metodología TOP DOWN DESIGN, por lo cual se eliminaron las consideraciones de ingeniería y manufactura en las especificaciones de diseño de producto, dejando solo las consideraciones geométricas y dimensionales del torno.

Se elaboro entonces una tabla de requerimientos/variables que representan la intención de diseño la cual debe ser mantenida durante toda la modelación del torno.

8.2.2 DEFINICIÓN DEL ENSAMBLE:

La definición del ensamble, tiene dos etapas :

La primera es la definición de la estructura del producto, esta viene dada por la etapa de diseño conceptual, de donde salen bocetos y dibujos generales de la estructura. En esta etapa se definen los

componentes que conforman el ensamble, es decir los ensambles, sub-ensambles y componentes piezas..

PARAMETRO	VALOR	COMENTARIO
ALTURA_BASE	100.000	DEFINE LA ALTURA DELA BASE DEL TORNO 100-150MM
ALTURA_EJE_Y	30.000	DEFINE LA ALTURA DEL EJE Y AL EL EJE DEL TORNILLO DE TRACCION DEL EJE X. TAMBIEN DEFINE LA ALTURA DE LA BASE
DIAMETRO_TORNILLO	10.000	DEFINE EL DIAMETRO DEL TORNILLO DE TRACCION EN EL EJE X Y DE LAS GUIAS EN EL MISMO EJE 10-20MM
DIAMETRO_TORNILLO_EJE_Y	10.000	DEFINE EL DIAMETRO DE LAS GUIAS Y EL TORNILLO DE TRACCION PARA EL EJE Y 10-20MM
EJE_PIEZA	65.250	DEFINE LA ALTURA DEL EJE GIRO DE LA PIEZA A MAQUINAR A EL EJE DE TRACCION DEL EJE X 65-130MM
LARGO_TORNILLO	450.000	DEFINE EL AREA DE REGORRIDO DEL CARRO PORTA BURIL EN EL EJE X 350-600MM
SEPARACION_EJE_X	35.000	DEFINE LA SEPARACION DE LOS EJES GUIAS DEL EJE X CON RESPECTO AL EJE DEL TORNILLO 30-60MM
SOPORTE_HUSILLO	100.000	DEFINE CON EL ESPESOR DE LA BASE EL AREA EN QUE SE UBICA EL HUSILLO 100-150 MM

TABLA 3 especificaciones de producto relevantes para la etapa CAD, fuente propia

Con los diferentes componentes definidos se empieza a definir el ensamble dentro del software. Asignando nombres y archivos a cada sub-ensamble y componente sin definir ninguna geometría.

Dentro de cada archivo solo hay unos planos coordenados y ceros cartesianos.

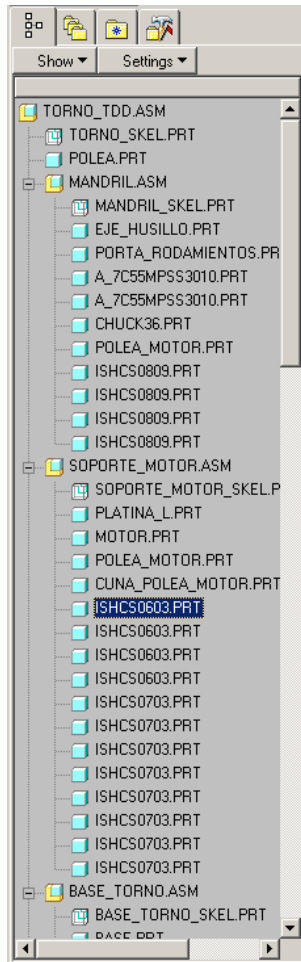


figura 1 Estructura del ensamble definiendo unicamente las partes del ensambles, fuente Propia

La figura 8 muestra el árbol de modelo, del programa en este están definidos los componentes pero en realidad no hay geometría especificada para ninguna de las partes, simplemente se le especifica al programa que piezas van a conformar el ensamble y en que parte de los subensambles se piensan ubicar.

Para el torno se definieron los siguientes sub-ensambles

Base:

Contienen toda el soporte del torno y el movimiento en el eje x

Centro punto

En este se ubica todo el soporte para el cono del centro punto

Carro en Y

Tienen todo el movimiento del buril en el eje y

Base motor

Todo el sistema de amarre del motor, y polea

Husillo

Todo el sistema de transmisión de potencia y amarre de la pieza

La segunda etapa es la definición de los flujos de información. Una vez conocidas las piezas y a que sub-ensamble pertenecen se hace un análisis de cómo deben ser las relaciones entre las piezas, esta etapa va a definir la información que contienen los esqueletos dependiendo del modelo de flujo de información que se haya elegido, hay dos opciones:

- **Encadenada:**

En esta hay relaciones entre el esqueleto y las piezas, es decir se toman superficies y medidas de diferentes fuentes para modelar cada pieza
figura 9

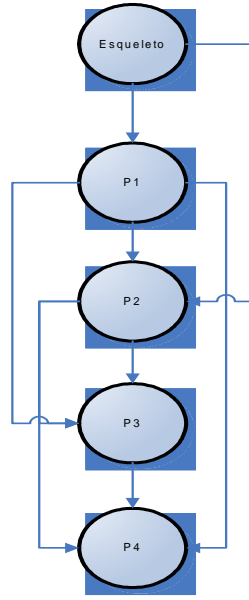


figura 2 Estructura encadenada fuente PTC

- **CENTRALIZADA:**

En esta modalidad se tiene toda la información del ensamble dentro del esqueleto y las demás piezas se modelan a partir de estos. Figura 10

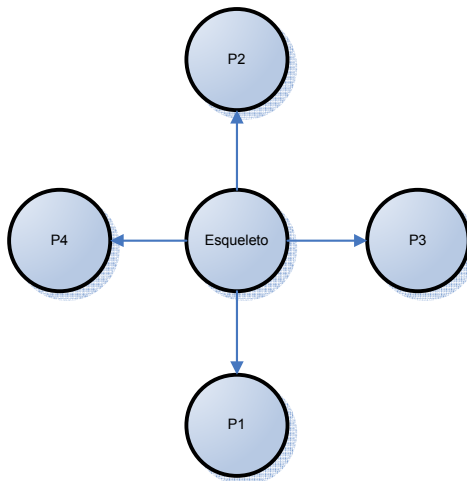


figura 3 Estructura centralizada fuente PTC

Para el caso del torno se uso una distribución de la información centralizada por nodos, donde el esqueleto del ensamble en el nivel superior sirve de referencia a un esqueleto en cada uno de los subensambles. Esta decisión se tomo en base a la experiencia con versiones anteriores del modelo las cuales fueron

realizadas con una estructura encadenada, estas versiones probaron ser muy inestables debido a un efecto domino en toda la cadena de relaciones el cual hacia que fallara todo el ensamble y se hacia muy difícil seguir el error por la diversidad de fuentes de información que conformaban cada modelo.

El sistema centralizado demostró ser mas estable frente a los cambios pues solo tiene tres posibles niveles en que falla la regeneración del ensamble estas son: el esqueleto del ensamble superior, el esqueleto del sub-ensamble o la pieza

Los errores entonces se buscarían dependiendo de que nivel se haya realizado la modificación, lo cual facilita la corrección del error.

Además de este sistema nodal, cada esqueleto tienen un lista de variables que controlan aspectos propios del subensamble. Figura 11

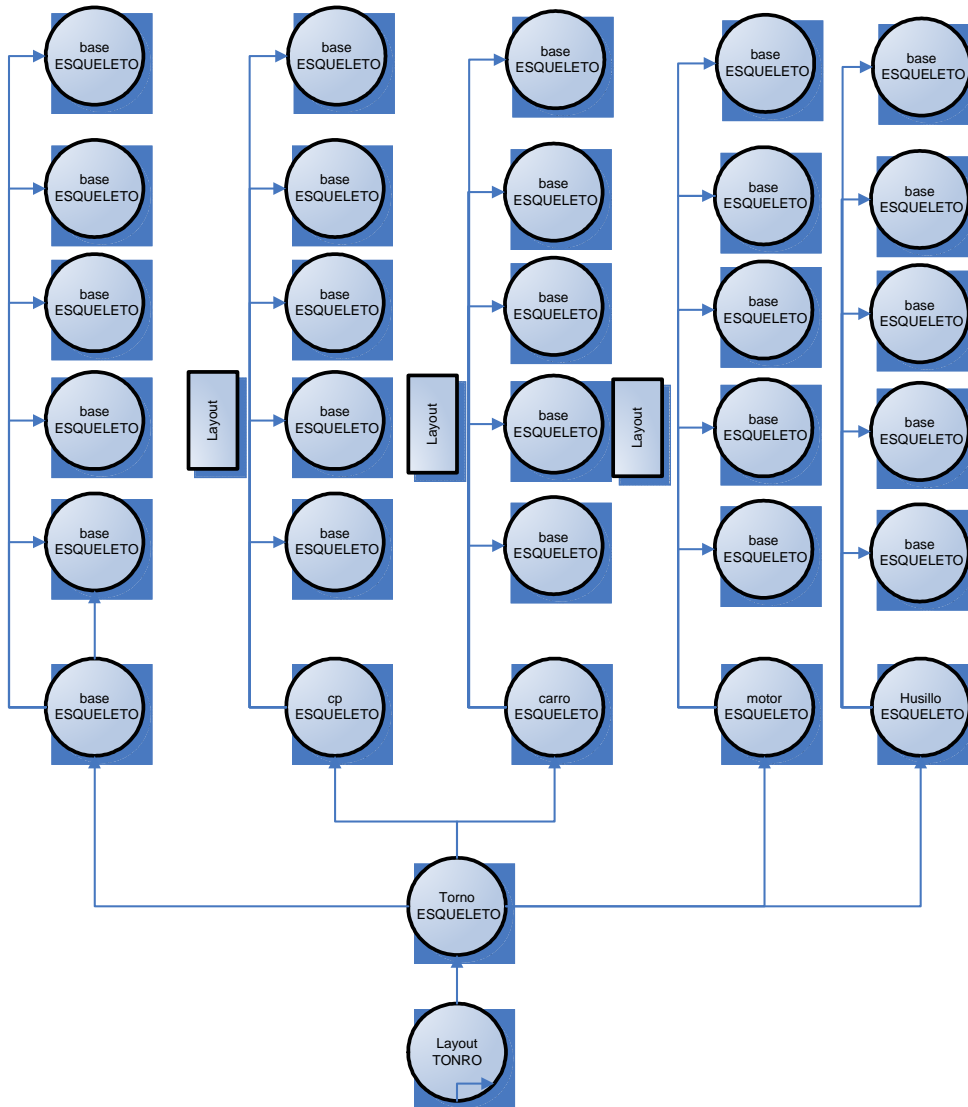


figura 4 Distribución de la información en el ensamble, fuente propia

8.2.3 GENERACIÓN DE SUPERFICIES DE CONTROL (ESQUELETOS)

la generación de esqueletos se hace basada en los bocetos y en los sistemas de ensamble definidos anteriormente, su función es crear superficies de ensamble, relaciones de conexión entre la piezas y ubicar los componentes en el espacio. Figura 12

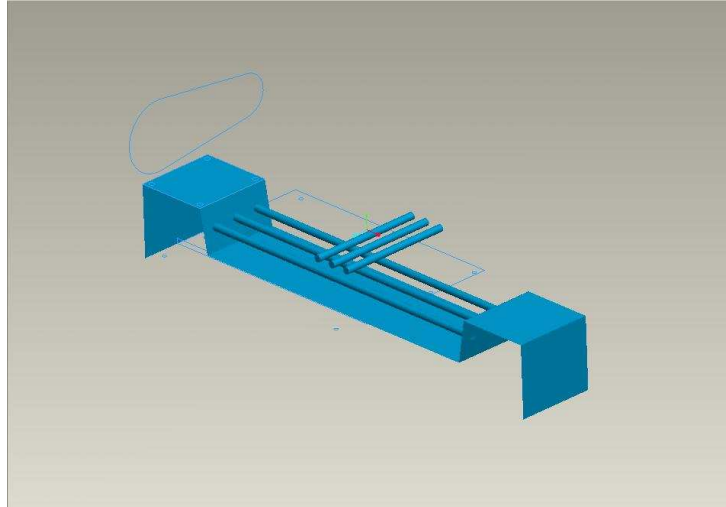


figura 5 Esqueleto en el nivel superior del ensamble, fuente propia

En el ensamble se utilizaron dos niveles de esqueletos, uno en el ensamble superior y uno en cada subensamble. En el esqueleto de nivel superior están definidas la posición de cada subensamble en el espacio, las relaciones de ensamble de cada uno de los subensambles y ciertas dimensiones básicas de tamaño y posición que deben cumplir los componentes para mantener una proporción determinada. Figura 13

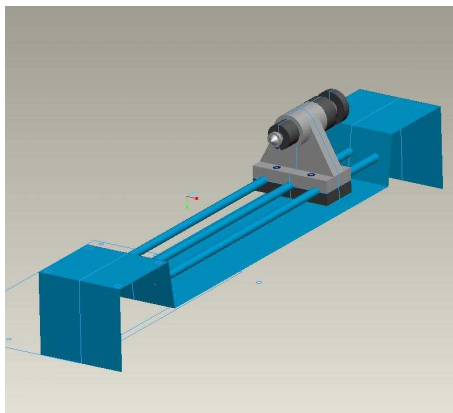


figura 6 Esqueleto a nivel del subensamble del centro punto, este garantiza que las dimensiones sean mantenidas a través del ensamble.

el esqueleto en cada sub-ensamble contiene la información del esqueleto superior que es necesaria para que ensamble en el sistema y este en proporción con el mismo, además contiene la información de ensamble entre componentes y las restricciones de forma, esto se resolvió haciendo un diagrama en vista lateral frontal y superior del sub-ensamble como se muestra en la Figura 14

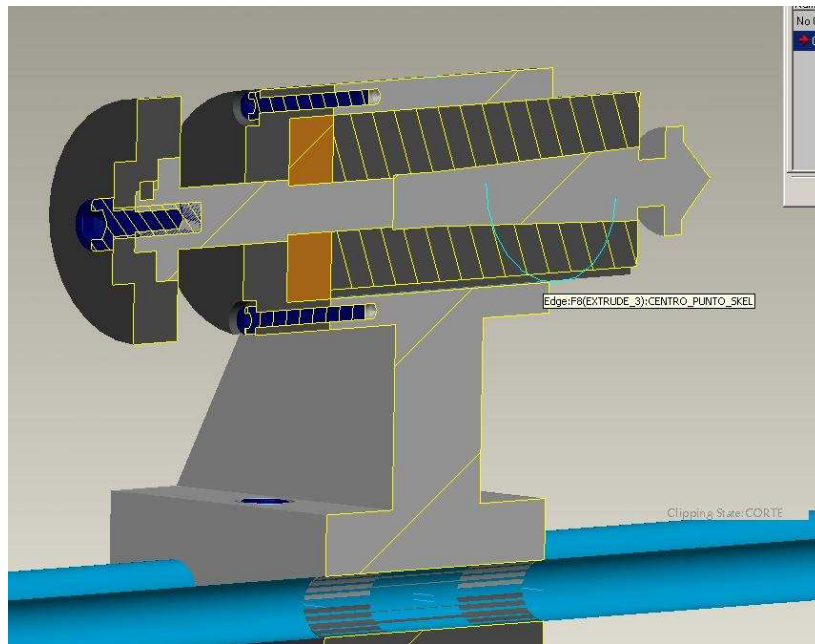


figura 7 El esqueleto de nivel superior contiene la vista lateral del sub-ensamble, fuente propia Estas vistas son las que se usan como referencias para el modelado de cada una de las partes

8.2.4 GENERACIÓN DE TABLAS DE CONSTANTES

una vez modelados los esqueletos o superficies de control del ensamble superior , se genero, a partir de las especificaciones de producto , una tabla con todas las constantes que influían dimensionalmente en el diseño, tales como ancho de bancada, separación de los ejes del carro, diámetro de volteo etc.

Al hacer esto se cargan estas constantes a la memoria del programa. De este modo pueden ser usadas como valores de modelación fig 15

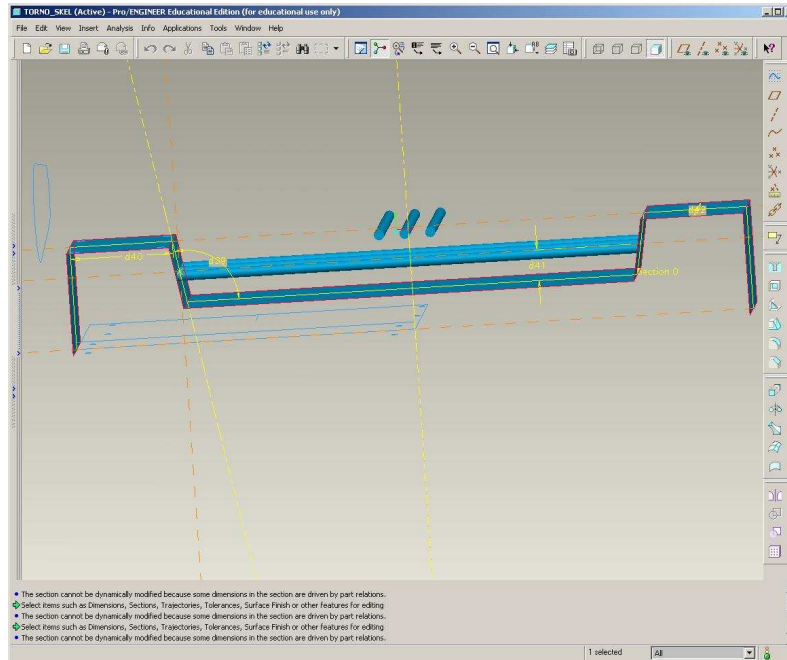


figura 8 dimensiones en el esqueleto, a estas se les asigno un valor contenido en el pds.

Se usaron las siguientes relaciones para la definición del esqueleto de nivel superior (esqueleto _ torno):

$$d4=SEPARACION_EJE_X$$

$$d21=DIAMETRO_TORNILLO$$

$$d20=LARGO_TORNILLO$$

$$d42=2*(20+SEPARACION_EJE_X)$$

$$d3=EJE_PIEZA$$

$$d9=d3$$

$$d11=ALTURA_EJE_Y$$

$$d16=d11$$

$$d19=DIAMETRO_TORNILLO_EJE_Y$$

d18=SEPARACION_EJE_X+20

d22=SEPARACION_EJE_X+70

d40=SOPORTE_HUSILLO

donde los valores nombrados dxx son las dimensiones con que se construye el modelo, las cuales tienen un valor de la tabla de constantes asignados. Por ejemplo el valor d21 representa el diámetro de la superficie de cilindro que servirá como guía para modelar el tornillo de tracción del eje x y tiene un valor variable entre 10-15 asignado por la constante DIAMETRO_TORNILLO

El distribuir de este modo la información desde la tabla de constantes hasta la pieza, garantiza una consistencia dimensional y una mayor facilidad de cambio ya que al ser modelados los esqueletos de cada subensamble usando como plantilla el esqueleto_torno, y a su vez la pieza final se modela usando el esqueleto del subensamble como plantilla, esta pieza final tendrá el valor de la tabla.

8.2.5 GENERACIÓN DE RELACIONES

Una vez definidas todas las constantes se paso a crear relaciones de proporcionalidad, esta etapa fue realmente una etapa iterativa en todo el desarrollo del modelo y que consto de dos aproximaciones

- **DEFINICION DE PROPORCIONES:**

Se definieron proporciones dimensionales como

$$\text{ALTURA_EJE_Y} = 20 + (\text{DIAMETRO_TORNILLO_EJE_Y} / 2) + (\text{DIAMETRO_TORNILLO} / 2)$$

las cuales aseguran que al cambiar los diámetros de los tornillos guías automáticamente se cambiarán los valores de altura de base y carros, lo que garantiza que no habrá interferencia en las piezas

o DEFINICION DE LIMITES:

Para cada constante o variable se definieron límites entre los cuales podía oscilar el valor en la tabla de constantes, con el fin de garantizar que no habría problemas de regeneración o valores sin sentido dentro del modelo. Estos valores se programaron a través de simples operaciones booleanas

```
IF DIAMETRO_TORNILLO < 10
    DIAMETRO_TORNILLO = 10
ENDIF
IF DIAMETRO_TORNILLO > 15
    DIAMETRO_TORNILLO = 15
ENDIF
IF SEPARACION_EJE_X < 30
    SEPARACION_EJE_X = 30
ENDIF
IF SEPARACION_EJE_X > 60
    SEPARACION_EJE_X = 60
ENDIF
```

```
IF LARGO_TORNILLO < 350
    LARGO_TORNILLO = 350
ENDIF
```

```
IF LARGO_TORNILLO > 600
    LARGO_TORNILLO = 600
ENDIF
```

```
IF EJE_PIEZA < 65
    EJE_PIEZA = 65
ENDIF
```

```
IF EJE_PIEZA > 130
    EJE_PIEZA = 130
ENDIF
```

```
IF DIAMETRO_TORNILLO_EJE_Y < 10
    DIAMETRO_TORNILLO_EJE_Y = 10
ENDIF
```

```
IF DIAMETRO_TORNILLO_EJE_Y > 15
    DIAMETRO_TORNILLO_EJE_Y = 15
ENDIF
```

```
IF ALTURA_BASE < 100
    ALTURA_BASE = 100
ENDIF
```

```
IF ALTURA_BASE > 150
    ALTURA_BASE = 100
ENDIF
```

```
IF SOPORTE_HUSILLO < 100
    SOPORTE_HUSILLO = 100
ENDIF
```

```
IF SOPORTE_HUSILLO > 150
    SOPORTE_HUSILLO = 100
```

ENDIF

La aplicación de las variables y restricciones se hicieron a la altura del layout y sobre la tabla de variables.

8.2.6 DEFINICIÓN DE LAS RELACIONES DIMENSIONALES

En esta etapa se determino las superficies, líneas y valores del esqueleto de ensamble que serian usados para modelar los esqueletos de cada subproducto.

Esta determinación fue basada en la relaciones que tendría cada subensamble con los demas subensambles.

Otro criterio fueron las referencias necesarias para mantener una constancia dimensional, entre los sub-ensambles.

Una vez determinadas estas relaciones se copiaba la geometría en pequeñas entidades [Publish_geometry](#) únicas para cada subensambles pero que podían tener la misma referencia.

Figura16



figura 9 Se separaron las superficies en grupos de acuerdo al subensamble que debían referenciar, fuente Propia

8.2.7

PUBLICACIÓN DE LA GEOMETRÍA

Si se mira el ensamble superior como un nodo de distribución entre el layout principal y el esqueleto del torno, se puede entender fácilmente el concepto de publicar la geometría.

En este nodo se le asigna a cada subensamble la geometría del esqueleto que necesita para poderse modelar y ensamblar, de modo que al abrir el subensamble se puede referenciar con respecto a la geometría que se le asigno. Fig 17

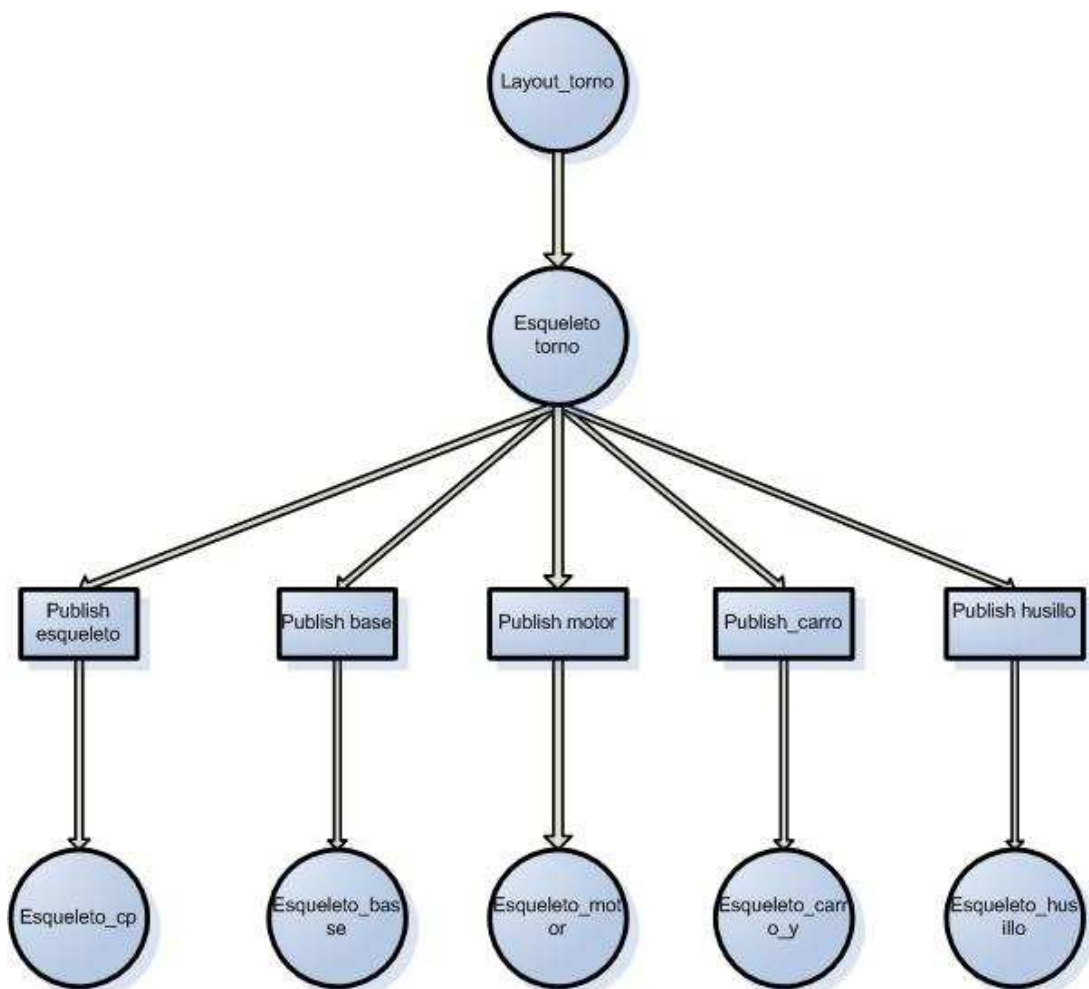


figura 10 Nodo de distribución en el esqueleto de nivel superior, fuente propia

Una vez construidos los esqueletos de cada sub-ensamble, se repitió el proceso anterior, se definieron las superficies y curvas relevantes para cada pieza se publicaron y se copiaron en cada uno de los archivos de las piezas

A partir de estas copias se modeló cada pieza logrando así un modelo totalmente parametrizado.

8.2.9 GENERACION DE DIAGRAMAS GUIAS

Una vez terminado el modelo del torno se desarrollaron planos de dibujo y a partir de esto se construyeron diagramas guías para los layouts del ensamble y los subensambles, esto con el fin de hacer más consistente el dibujo en los layouts con el modelo terminado. Ver anexo 1

Debe recordarse que el diagrama guía es solo una referencia visual por lo cual no tiene mayor impacto sobre el modelo.

8.2.10 MANEJO DE PARTES ESTANDAR:

Anteriormente se observó que el manejo de partes estándar fue uno de los factores de decisión para el desarrollo del caso de

estudio, el modelo actual del torno cuenta con un aproximado del 40% de partes estándar, la mayoría de estas en tornillos y arandelas, anillos de retención y tuercas.

En el modelo las partes estándar son generadas a partir de tablas de familia, estas tablas generan la pieza según los requerimientos del usuario. Sin embargo no las ensamblan ni son sensibles a cambios

En el caso de estudio, se buscaba que estas piezas fueran automatizables por lo cual se genero un script que analizara las tablas de acuerdo a los cambios y seleccionara la pieza mas conveniente.

Este script se realizo para los tornillos, analizando dos variables, de diámetro de la rosca y largo de la sección roscada. Ver Anexo1

Este programa garantiza que al variar los agujeros en diámetro o profundidad, se actualizaran los tornillos.

VARIACIONES DE DISEÑO

La posibilidad de cambiar de una parte a otra o modificar un diseño, cabe también dentro de los objetivos del caso de estudio, para este fin se crearon dos versiones de la pieza base, las cuales al ser modeladas a partir del esqueleto de la base podían ser intercambiadas automáticamente sin tener ningún problema con el ensamble del sistema.

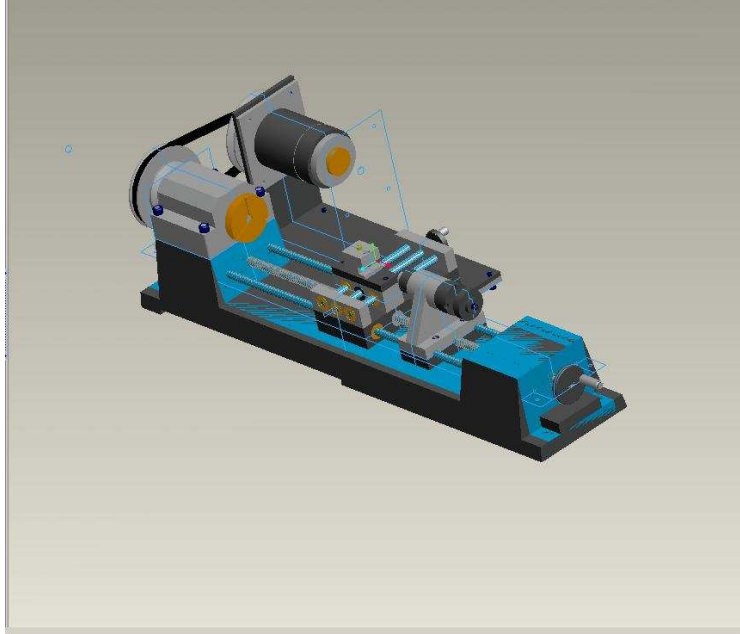


figura 11 Variación de piezas en el torno, opción 1 de la pieza base, fuente propia

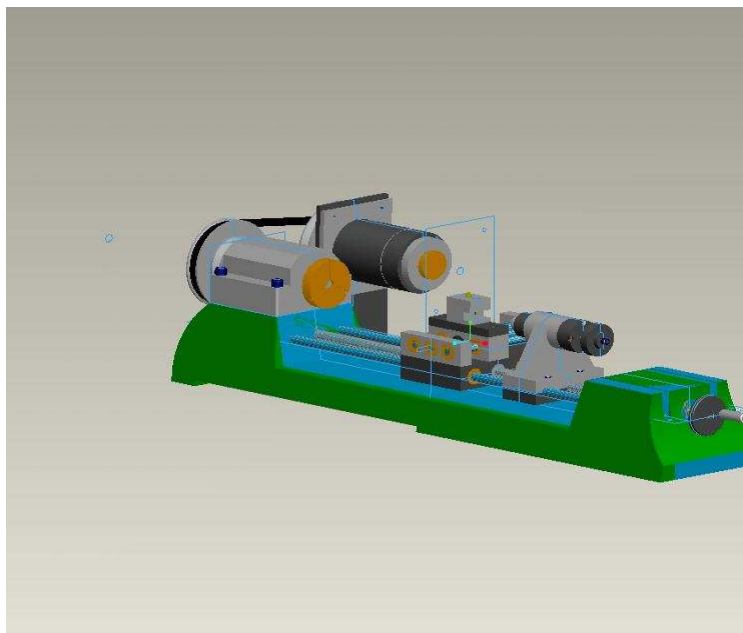


figura 12 Variación de piezas en el torno, opción 1 de la pieza base, fuente propia

10 RESULTADOS

A partir del caso de estudio y comparándolo con el mismo modelo pero desarrollado por medio de metodologías down up design se observaron los siguientes resultados en las variables que se enunciaron en los objetivos.

10.1 PARAMETRIZACION

El modelo down up design presenta 1 grado de parametrización interna, solo en la parte, este es, entre la pieza y sus funciones de modelado tales como extrusiones y agujeros, mientras en el campo de ensamble se relaciona con las demás partes en cuanto a que se referencia con las superficies y planos de referencia de otras partes ensambladas. figura 20

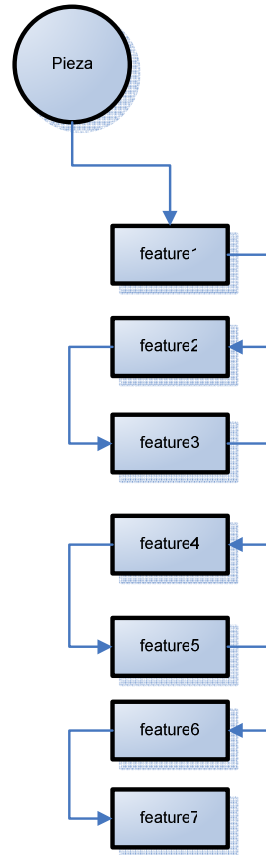


figura 1 Niveles de parametrización en un ensamblaje DOWN UP DESIGN

En el sistema Top Down Design todas las funciones internas están encadenados con los esqueletos de cada sub_ensamble y estos también estas relacionados con el esqueleto de nivel superior, el cual a su vez esta relacionado con el layout, por lo cual tiene 4 niveles de relación.

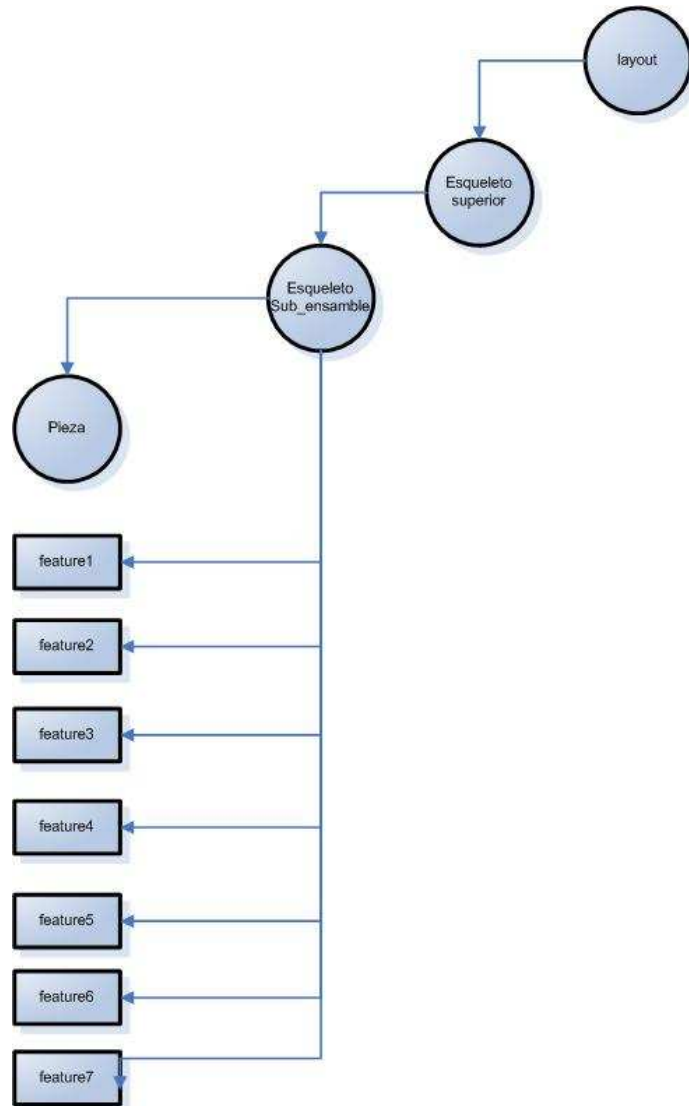


figura 2 Niveles de parametrización en un ensamble Top Down Design

Estos niveles de relación son fundamentales a la hora de propagar cambios en el modelo, ya que sin ellos, la automatización se hace imposible.

10.2 TRABAJO EN PARALELO

Si bien el modelo del torno DOWN UP DESIGN se puede usar para trabajo en paralelo, se estarían desarrollando dos piezas separadas para luego ensamblarse, en este punto se presentaría un problema, puesto que se debe modificar el modelo para el ensamble. Mientras que en el Top Down Design se empieza el modelo referenciándose el ensamble, lo cual elimina este tiempo, haciendo mas rápida la modelación Top Down Design de las partes finales.

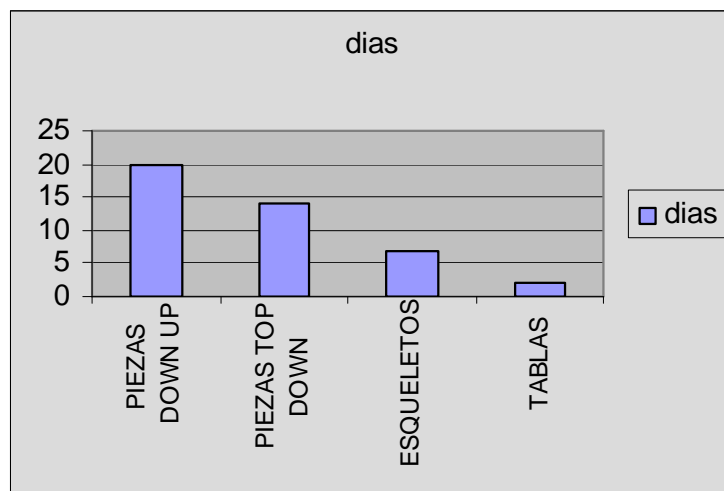


figura 3 muestra una tabla de comparación entre la modelacion de las piezas en top down design y Down Up Design

La figura 22 muestra una tabla de comparación entre la modelacion de las piezas en top down design y Down Up Design

Otra característica importante del Top Down Design frente al Down Up Design es el uso de esqueletos lo cual facilita el trabajo en paralelo.

10.3 AHORRO DE TIEMPO EN REDISEÑOS

El ahorro de tiempo en rediseños es muy superior en el Top Down Design en comparación con el Down Up Design. Mientras un cambio como la dimensión del diámetro de los tornillos puede demorarse 40 seg en Top Down Design, en down un design se puede demorar hasta 2 horas ya que los cambios son realizados manualmente, principalmente cuando hay muchas funciones de diseño involucradas y también en piezas estándares Figura 23

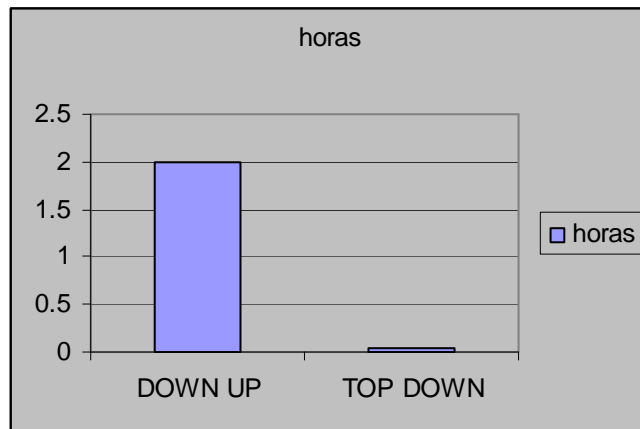


figura 4 Ahorro en tiempo de rediseños en Top Down Design en comparación con el Down Up Design

10.4 FACILIDAD DE INTERCAMBIO DE PARTES

El intercambio de partes es mas rápido en el trabajo de Top Down Design ya que los modelos que se pueden remplazar son creados a partir de esqueletos, lo cual garantiza su ensamble en el sistema, mientras el Down Up Design es una pieza independiente, la cual debe ser alterada para cumplir las condiciones del ensamble.

10.5 POSIBILIDAD DE TRABAJO COLABORATIVO

El trabajo colaborativo se beneficia del TOP DOWN DESIGN en la medida que se utilicen tanto los esqueletos como las tablas a modo de plantillas de modelación, y la estructura del flujo de información esté bien definida.

Al asignar un esqueleto a cada grupo de trabajo se mantiene la intención de diseño y se evitan rediseños a la hora de crear ensambles.

10 CONCLUSIONES

Como resultado del trabajo realizado en el transcurso del proyecto, se pueden enunciar conclusiones en tres áreas de interés específicas , los usuarios, la metodología y su aplicación en el medio.

USUARIO:

Los modelos “top down design” requieren que el usuario posea un conocimiento avanzado del software CAD en el que se va a implementar el diseño, en especial de las herramientas para el manejo de modelos, ensambles avanzados y programación. Estas características hacen que la mano de obra sea mas costosa debido al alto grado de especialización, pero estos costos son eventualmente recuperados por el ahorro en tiempo al implementar cambios.

La especialización de la mano de obra trae como ventaja la posibilidad de implementar una estructura de trabajo colaborativo donde se crean grupos de trabajos focalizados en diferentes áreas, como electronica, mecanica e hidraulica. Las cuales dan al producto valor agregado y mayor posibilidad de innovación gracias al alto nivel de ingeniería.

METODOLOGIA:

La metodología “Top Down Design” es usada para el manejo de ensambles complejos o que posean un gran numero de partes, ya que se basan en el uso de las características parametricas y asociativas de los paquetes CAD actuales, para la propagación de los cambios en todos los niveles del ensamble.

El manejo automático de cambios y la selección de piezas estándar a partir de tablas de productos, hacen posible que las modificaciones en los diseños

originales se hagan mas rápido que en los modelos “bottom up design” y a su vez aseguran la consistencia dimensional en las tolerancias de ensamble entre los componentes. Estas características minimizan la posibilidad de error en la etapa de diseño de detalle.

La estabilidad de los modelos “Top Down Design” es un aspecto critico a la hora de modelar, por lo cual deben implementarse estructuras centralizadas por medio del manejo de relaciones entre partes y esqueletos.

APLICACIÓN EN EL MEDIO:

La metodología “Top Down Design” debe ser aplicada en empresas que diseñen productos o herramientas complejas, tales como moldes de inyección, maquinas o electrodomésticos. Estas empresas pueden beneficiarse de las posibilidades de trabajo en paralelo que se generan al utilizar “Top down design”, ya que este formato de operación ayuda a crear un lenguaje común entre diferentes áreas participantes en el diseño, eliminando ruido en la comunicación y ayudando a crear estructuras de trabajo reutilizables ambos factores a mediano plazo reducirán los tiempo de entrega y por lo tanto los costos de operación.

10 RECOMENDACIONES

La investigación del Top Down Design debe llevar obligatoriamente a una ampliación en las demás fases del diseño de producto (UP FRONT LOADING), por lo tanto la investigación se debe abrir hacia diferentes ramas de las tecnologías afines al CAD. Tales como CAE, CAM y PDM .

La utilización de sistemas CAE en especial tecnologías BMX que permiten dimensionar piezas a partir de parámetros, serian el próximo paso lógico a estudiar, ya que estas afectan la modelaciones, por lo cual es necesario flexibilizar el modelo Top Down Design para que permita realizar cambios por medio de sistemas BMX, abriendo así toda una nueva dimensión de variables para ser consideradas por los sistemas Top Down Design.

Documentación

Como se vio anteriormente la mayoría de los sistemas CAD proponen métodos de producción en donde todo está sistematizado (paper Free), el manejo de variables Top Down Design permiten la tabulación de todos los parámetros entrados al modelo, esto unido a programas de manejo de partes estándar y tablas de familias, permite un manejo mayor del proyecto en el cual se podrían especificar cantidades de materiales, tiempos de manufactura, ordenes de compras para piezas estándar entre otras.

Trabajo Colaborativo

Usando los métodos explicados en este proyecto se pueden comenzar a desarrollar trabajos de ingeniería colaborativa, en los cuales se formen grupos encargados de manejar los diferentes sub ensambles. De un producto

La Ingeniería a distancia es una de las posibilidades que se pueden explorar para integrar los grupos interdisciplinarios, las aplicaciones estudiadas poseen módulos y herramientas para facilitar este trabajo.

. BIBLIOGRAFIA

1. NA.PLM.PLM]http://en.wikipedia.org/wiki/Product_Lifecycle_Management [4 septiembre de 2006]
2. What is PLM? MARTYN DAY, editor, [Cadserver](#), April 15, 2002
3. Product Lifecycle Management: 21st century Paradigm for Product Realisation , John Stark. editorial: Springer; 1 edition (agosto 27, 2004)
4. What is PLM? by MARTYN DAY, editor, [Cad server](#), April 15, 2002
5. NA. cad-software-history. [CAD software history]
<http://www.cadazz.com/cad-software-history.htm> [4 septiembre de 2006]
6. Design for Assembly, IFS. Myrup, s.Kahler, t.lund, publicarions ltd. U.K, M, 1983, p45
7. Phal, g, Beitz, W Enginneer Design, Design Council, londres
8. 1 Tovey, M. Estilos de pensamiento y sistema de modelacion Design Studies, num.1
9. Metodos de Diseño, N. Cross, limusa Wiley 1999
- 10.AGENT-BASED KNOWLEDGE MANAGEMENT FOR COLLABORATIVE ENGINEERING, Yin Yuan, Universidad del sur de California, 1999
- 11.Better Faster, Desktop Engineering Simpler , Russell Shuba, May 2006
- 12.Using PLM to Transform Manufacturing, Desktop Engineering, Louise Elliott, July 2005
- 13.Artefactos, Rodiguez A, Editorial Universidad Eafit, 2002.
- 14.Better Faster, Desktop Engineering Simpler , Russell Shuba, May 2006
- 15.NX 4: UGS Advances NX Yet Again, Desktop Engineering, Al Dean, March 2006
- 16.Advanced Assembly Management, PTC, PTC publishing, 2004

14. CITAS

- ¹ What Is Plm? By Martyn Day, Editor, **Cadserver**, April 15, 2002
- ² Na. Cad-Software-History. [Cad Software History] [Http://Www.Cadazz.Com/Cad-Software-History.Htm](http://www.cadazz.com/cad-software-history.htm) [4 Septiembre De 2006]
- ³ Design For Assembly, Ifs. Myrup, S.Kahler, T.Lund, Publicarions Ltd. U.K, M, 1983, P45
- ⁴ Phal, G, Beitz, W Enginneer Design, Design Council, Londres
- ⁵ Phal, G, Beitz, W Enginneer Design, Design Council, Londres
- ⁶ Ptc, Advanced Assembly Managment, Ptc Publishing, 2001, Ontario
- ⁷ Tovey, M. Estilos De Pensamiento Y Sistema De Modelacion Design Studies, Num.1
- ⁸ Basado En El Articulo Cad History De [Www.Cadazz.Com](http://www.cadazz.com)
- ⁹ Design For Assembly, Ifs. Myrup, S.Kahler, T.Lund, Publicarions Ltd. U.K, M, 1983, P45
- ¹⁰ Metodos De Diseño, N. Cross, Limusa Wiley 1999
- ¹¹ Metodos De Diseño, N. Cross, Limusa Wiley 1999
- ¹² Agent-Based Knowledge Management For Collaborative Engineering, Yin Yuan, Universisdad Del Sur De California, 1999
- ¹³ Better Faster, Desktop Engineering Simpler , Russell Shuba, May 2006

¹⁴ Using Plm To Transform Manufacturing, Desktop Engineering, Louise Elliott, July 2005

¹⁵ Maximizing Competitive Advantage T H Rough Designing A Manageable, Scalable And Cost-Effective Architecture For Innovation, Machine Design, Na, 2004

¹⁶ Using Plm To Transform Manufacturing, Desktop Engineering, Louise Elliott, July 2005

¹⁷ **Artefactos, Rodiguez A, Editorial Universisdad Eafit, 2002.**

¹⁸ Nx 4: Ugs Advances Nx Yet Again, Desktop Engineering, Al Dean, March 2006

¹⁹ Advanced Assembly Management, Ptc, Ptc Publishing, 2004

²⁰ Mold Manufacturing , Ptc, Ptc Publishing, 2004