

Capítulo 1

Introducción

1.1. Definición del problema

La Tesis Doctoral «*Caracterización y representación de los requerimientos funcionales y las tolerancias en el Diseño Conceptual: aportaciones para su implantación en los sistemas CAD*» se enmarca en la línea de investigación «*El montaje en el contexto de la Ingeniería Concurrente*», tema de interés compartido entre el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona de la Universidad Politécnica de Cataluña, el Departamento de Ingeniería Mecánica y de la Construcción Industrial de la Universidad de Girona y el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Holguín —Cuba.

Esta investigación tiene como antecedentes las tesis doctorales «*Contribució a les bases conceptuals per la implantació de l'acotació funcional unidireccional en sistemes CAD*» (Ciu, 1997) y «*Characterization and representation of functional requirements and functional tolerancing for concurrent design and manufacturing*» (Che, 1994).

El interés por la temática surge debido a los beneficios potenciales que se obtienen al utilizar de forma coherente las técnicas de diseño y las posibilidades que ofrecen los sistemas de diseño asistidos por ordenador.

El aumento de la competencia en el área de la fabricación moderna ha propiciado una mayor preocupación por la reducción de los costes, por el aumento de la calidad del producto y por la reducción progresiva del tiempo entre el concepto y la producción. Estas exigencias, vinculadas a la complejidad creciente de los requerimientos funcionales de los productos y los sistemas productivos, han contribuido de manera sustancial en los últimos años, a un mayor interés en el estudio de las dimensiones y las tolerancias asistidas por ordenador. En la actualidad, las tolerancias se consideran como una parte importante en el ciclo de vida del producto y como una forma de mejorar su calidad.

En el proceso de diseño, las tolerancias dimensionales y geométricas dependen de diversos requerimientos funcionales y de los límites de los procesos productivos, incidiendo de manera significativa en los costes del ciclo de vida del producto. Las tareas de la acotación funcional de un conjunto mecánico determinan dos tipos de problemas: el análisis de cotas, donde se obtiene información acerca de los ajustes y otras condiciones funcionales a partir de las cotas determinadas de las piezas que componen el conjunto mecánico; y la síntesis de cotas —o distribución de cotas—, en la que a partir de unos ajustes o de otras condiciones funcionales predeterminadas, se distribuye el campo de tolerancias entre las cotas componentes.

Existen numerosas investigaciones relacionadas con la modelación del ensamble, el análisis y la síntesis de tolerancias, sin embargo, existen muy pocos estudios donde se relacione en el ámbito del diseño conceptual, la acotación funcional y la modelación del ensamble. Los enfoques existentes para el análisis y síntesis de tolerancias requieren de un conocimiento detallado de la geometría del ensamble y son aplicables en su mayoría en las etapas más avanzadas del proceso de diseño. Durante éste proceso, las estructuras de datos relacionadas con el ensamble y las tolerancias evolucionan de forma continua.

Actualmente existen varios sistemas *CAT* disponibles en el mercado que permiten realizar el análisis y/o síntesis de tolerancias. Estas herramientas a menudo se utilizan en etapas avanzadas del diseño del producto, cuando los modelos *CAD* ya están desarrollados y cuando se dispone de la información referente a la fabricación. Los trabajos de investigación dirigidos a la inclusión del análisis y/o síntesis de tolerancias en las etapas primarias del proceso de diseño son casi nulos.

Motivado por estos aspectos, en esta tesis se plantea el desarrollo de un modelo orientado a los sistemas *CAD*, que permita una caracterización y representación de los requerimientos funcionales y las tolerancias en la etapa de especificación del proceso de diseño; y el desarrollo de un método para la modelación del ensamble que posibilite un análisis primario de las cadenas de cotas en el diseño conceptual. De esta forma se contribuye a que la toma de decisiones vinculadas a las tolerancias se encuentre en las etapas primarias del proceso de diseño.

1.2. Objetivos de la tesis

Esta investigación tiene como objetivo fundamental contribuir a la reducción de las limitaciones existentes en los actuales sistemas *CAD*, a través del desarrollo de un modelo conceptual para la caracterización y representación de los requerimientos funcionales y las tolerancias. El propósito del modelo es acortar el tiempo entre el concepto y la producción, incrementar la productividad y elevar la exactitud dimensional. En la investigación se identifican dos objetivos específicos:

- Caracterizar y representar a los requerimientos funcionales y las tolerancias en la etapa de especificación del proceso de diseño, a través de una estructura funcional y una simbología que garantice la síntesis de tolerancias en el diseño básico o de detalle.
- Desarrollar una representación adecuada de los requerimientos funcionales y las tolerancias en el diseño conceptual, y un método de modelación del ensamble que posibilite el análisis primario de las cadenas de cotas en el diseño conceptual, elemento indispensable para realizar el proceso de síntesis de tolerancias en el diseño básico o de detalle.

1.3. Metodología de la investigación

Para el desarrollo de los objetivos de la tesis doctoral, se siguió la metodología de la investigación expuesta en la Figura 1.1. La metodología dispone de dos elementos metodológicos. Por una parte, un marco teórico que permite integrar en las etapas primarias del proceso de diseño a los requerimientos funcionales y las tolerancias, representarlos de manera adecuada y modelar el ensamble en el diseño conceptual. Por otra parte, el estudio de casos para validar el modelo propuesto.

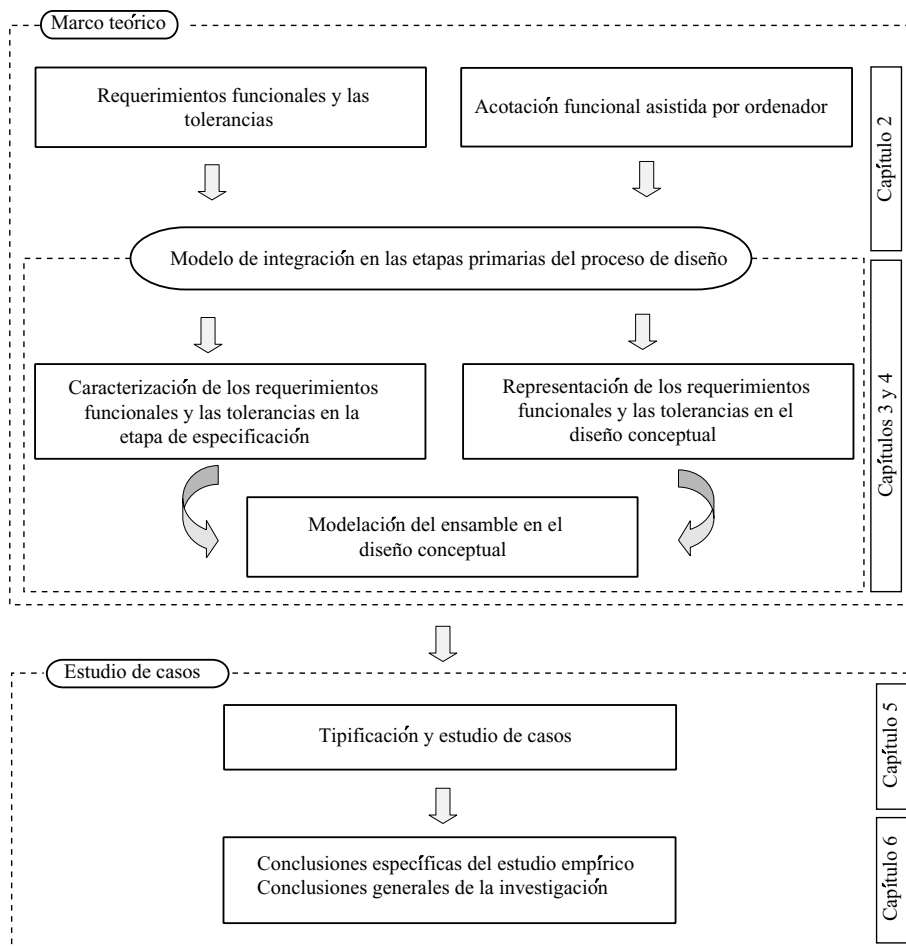


Figura 1.1. Metodología de la investigación

El desarrollo del marco teórico se realizó a partir de una amplia revisión de la literatura especializada que recoge los trabajos de investigación relacionados con la acotación funcional asistida por ordenador y el proceso de diseño.

A partir del análisis de la revisión bibliográfica, se analizaron las diferentes líneas de investigación que existen en cada temática, los diferentes conceptos y los principales grupos de investigación, así como los autores más representativos. Se realizó un estudio crítico acerca de los trabajos más recientes.

El análisis realizado mostró la necesidad de desarrollar un modelo que permita integrar en la etapa de especificación del proceso de diseño a los requerimientos funcionales y a las tolerancias, el desarrollo de una representación adecuada para éstos requerimientos funcionales y las tolerancias, y el desarrollo de un método que permita modelar el ensamble de un conjunto mecánico en el diseño conceptual, teniendo en cuenta los criterios anteriores.

Para satisfacer esta necesidad, se caracterizó a los requerimientos funcionales y las tolerancias en la etapa de especificación del proceso de diseño a través de una estructura funcional y una simbología; se desarrolló una representación adecuada de los requerimientos funcionales y las tolerancias en el diseño conceptual; y se desarrolló un método que posibilita el análisis primario de las cadenas dimensionales en el diseño conceptual, elementos indispensables para realizar el proceso de síntesis de tolerancias en el diseño básico o de detalle.

Una vez desarrollado el modelo, se desarrollaron varios casos con el objetivo de obtener la validación del modelo propuesto. Los casos se tipificaron y estudiaron en función de los requerimientos definidos en la estructura funcional. Las reflexiones en esta etapa permitieron validar el modelo. Por último, se plantearon las conclusiones de la Tesis Doctoral y propuestas para futuros trabajos de investigación.

1.4. Alcance de la investigación

En la investigación, el estudio de los requerimientos funcionales está restringido hacia aquellos requerimientos relacionados directamente con la forma geométrica y dimensional del producto. Los requerimientos funcionales relacionados con las tolerancias geométricas sólo abordan las tolerancias geométricas de orientación —paralelismo, perpendicularidad y angularidad— y geométricas de situación —posición, concentricidad, coaxialidad y simetría—, debido a lo extenso que resultaría un estudio de todos los tipos de tolerancias geométricas.

La Tesis Doctoral se enmarca en la etapa de especificación y diseño conceptual del proceso de diseño, según el modelo de Pahl y Beitz (Pahl, 1988) y la norma alemana VDI 2221 (VDI, 1986), como ilustra la Figura 1.2.

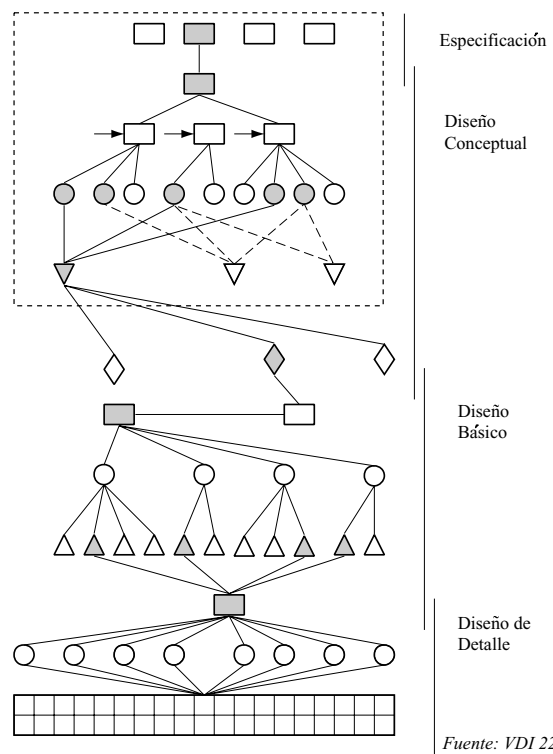


Figura 1.2. Alcance de la investigación según la norma VDI 2221

La caracterización de los requerimientos funcionales y las tolerancias, y la estructura funcional propuesta permiten soportar aspectos relacionados con la Ingeniería Concurrente. Para explorar la estructura funcional se propone al análisis jerárquico, la descomposición y el chequeo de dependencia de los requerimientos.

La representación de los requerimientos funcionales y las tolerancias, así como el método propuesto para la modelación del ensamble en el diseño conceptual permite el análisis de las cadenas de tolerancias desde la etapa de especificación, elemento indispensable para realizar el proceso de síntesis de tolerancias en el diseño básico o de detalle. El método se define a través de una estructura de símbolos restringidos por una serie de reglas, que siguen una determinada secuencia o algoritmo.

Dentro de la acotación funcional, la investigación se inscribe en la síntesis de cotas —distribución de cotas—, en la cual, a partir de las condiciones funcionales exigidas a un conjunto mecánico, se determinan las tolerancias de las cotas componentes asociadas a cada una de las piezas.

1.5. Estructura de la tesis

El contenido de esta tesis se ha organizado en seis capítulos y un apartado de referencias bibliográficas.

En el Capítulo 1 «*Introducción*» se expone la definición del problema, los objetivos de la tesis, la metodología y el alcance de la investigación.

En el Capítulo 2 «*Antecedentes y tendencias de las dimensiones y tolerancias asistidas por ordenador*», se expone un análisis de la revisión bibliográfica realizada, donde se analizan las diferentes líneas de investigación existentes en cada temática, los diferentes conceptos y los principales grupos de investigación, así como los autores más representativos.

En el Capítulo 3 «*Caracterización de los requerimientos funcionales y las tolerancias en la etapa de especificación*» se expone la caracterización de los requerimientos funcionales y las tolerancias en la etapa de especificación del proceso de diseño, a través de la creación de una estructura funcional y una simbología que garantiza la captura de la intención de diseño.

En el Capítulo 4 «*Representación de los requerimientos funcionales y las tolerancias en el diseño conceptual*» se muestra un método que permite representar a los requerimientos funcionales y las tolerancias en el diseño conceptual. Además, se expone un método de modelación del ensamble que posibilita el análisis de las cadenas dimensionales en el diseño conceptual, elemento indispensable para realizar el proceso de síntesis de tolerancias en el diseño básico o de detalle.

En el Capítulo 5 «*Estudio de casos*», se desarrollan varios casos para validar el modelo propuesto en la investigación.

En el Capítulo 6 «*Conclusiones y trabajos futuros*» se establecen las conclusiones de la investigación realizada y una propuesta de trabajos futuros.