

PUNTOS DE VISTA

Trazabilidad conceptual cualitativa de los requerimientos funcionales: caso de un molino de vientos

Qualitative conceptual traceability of the functional requirements: case of a windmill

Alexis Álvarez Cabrales¹; Roberto Pérez Rodríguez², Oriol Aguilera Rubel³, y Carles Riba Romeva⁴

RESUMEN. El diseño de un producto manifiesta una respuesta a las necesidades definidas por un conjunto de requerimientos, a partir de la existencia de una necesidad empresarial o social. En el diseño conceptual no se dispone de todos los elementos necesarios para una adecuada selección de variantes. Esta limitante hace necesario el desarrollo de herramientas de selección que permitan un análisis cualitativo de los requerimientos del cliente. En este artículo, se muestra un modelo que permite caracterizar y representar la trazabilidad de los requerimientos funcionales, desde su definición hasta la evaluación conceptual del producto, aportándole al diseñador una herramienta cualitativa de apoyo a la toma de decisiones. El mismo se aplica al caso del diseño conceptual de un molino de vientos, hasta su etapa de estructuración funcional.

Palabras clave: análisis, diseño conceptual, molino de vientos, requerimiento funcional, estructuración funcional.

ABSTRACT. Product's designs manifest an answer to the enterprises or social needs defined by a set of requirements. In the conceptual design the necessary elements for an adequate variants selection is not arranged of all. This limitation improves the development selection tools that enable qualitative analysis of customer requests. This article, establishes a model that proportioning a qualitative backup tool for the designer making decision, it allows traceability requirements characterizing and representing, for its definition in the conceptual evaluation of the product. The model became validated through the conceptual design of a windmill, and his stage of functional structuring.

Keywords: Analysis, conceptual design, windmill, functional requirements, functional structuring.

INTRODUCCIÓN

Según Ullman (2003), el diseño es la evolución de la formulación de un problema, asistida por la toma de decisiones en el diseño preliminar, a partir de información tecnológica y social. Las representaciones abstractas evolucionan hacia un producto físico, define el diseño en ingeniería como el proceso de convertir una idea o una necesidad del mercado en información detallada, a partir de la cual un producto o un sistema puede ser construido, satisfaciendo todos sus requerimientos de forma, seguridad y economía (Ullman, 2003; Wallace, 2004).

Pahl y Beitz (1996) definen al diseño como una actividad que afecta a casi todas las áreas de la vida humana, utiliza leyes

de la ciencia, se basa en una experiencia especial y define los requisitos para la realización física de la solución (Pahl and Beitz 2007). Existen numerosas definiciones de diseño que podrían ser expuestas, sin embargo, las antes mencionadas permiten visualizar el significado moderno del término. La Figura 1 resume los trabajos más relevantes en esta área.

La revisión bibliográfica demuestra la necesidad de desarrollar herramientas que permitan un análisis cualitativo de los requerimientos del cliente en el diseño conceptual. En este artículo, se muestra un modelo que permite la trazabilidad conceptual cualitativa de los requerimientos funcionales. El mismo se aplica al caso del diseño conceptual de un molino de vientos, hasta su etapa de estructuración funcional.

Recibido 15/07/08, **aprobado** 07/05/09, **trabajo** 22/09, **puntos de vista**.

¹ Ing., Prof., Universidad de Granma, Facultad Ingeniería, Departamento de Ciencias Técnicas, Carretera Bayamo-Manzanillo km 17½. Apdo. Postal 21, Bayamo, Cuba, CP: 85100, E- ✉: aalvarezc@udg.co.cu

² Ing., Prof., Universidad de Holguín, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica, Holguín, Cuba.

³ Ing., Centro de Desarrollo de la Maquinaria Agrícola (CEDEMA), Holguín, Cuba.

[Nadeu, 2002] (según Scaravetti, 2004)	Especificación del producto	Factibilidad	Especificaciones funcionales	Diseño preliminar			Dossier del concepto	Concepción/ Desarrollo	Documentación Sistema Técnico	
	Definición de la idea global Ideas funcionales validadas	Definición, aprobación y validación de los conceptos			Establecer def. del producto Preparar fase de industrialización y producción					
[Hubka, 1988] [Hubka, 2001]	Especificación de diseño	Diseño conceptual		Estructura orgánica	Esquematación (disposición, arquitectura)		Topología dimensional	Detallado	Documentación Sistema Técnico	
		Desempeño, exigencias funcionales y restricciones	Estructura funcional		Especificaciones técnicas, órganos, relaciones Distribución de com- ponentes y estructuras	Distribución, formas globales, dimensiona- miento parcial				Formas, dimensiones preliminares
[Ullman, 2003]	Definición Especific. Exigencias del cliente Especificaciones técnicas Objetivos	Especificaciones	Diseño conceptual	Concepto	Desarrollo del Producto			Producto		
			Generación de conceptos Evaluación de conceptos (factibilidad)		Configuración (distribución de componentes, ensamblaje) Generación de formas Interfaces entre componentes	Afinado Selección de materiales y procesos	Evaluación del producto Aprobación de la producción			
[Dieter, 2000]	Diseño conceptual		Concepto	Diseño Básico		Prototipo	Diseño de detalle			
	Identificación de la idea, definición del problema y las exigencias, propiedad industrial	Generación de conceptos Evaluación de conceptos		Arquitectu- ra del producto, organiza- ción	Diseño de configuración, restricciones especiales, se- lección preliminar de materiales				Dimensiones	Formas, toleran- cias, materiales, planos de fabrica- ción y especifica- ciones
[Pahl, 1996] [Pahl, 2007]	Especificación	Clarificación Req.	Listado de requerimientos	Diseño conceptual	Concepto	Diseño Básico		Topología definitiva	Diseño de detalle	Documentación del Producto
		Desempeño, exigencias funcionales y restricciones				Selección de los principios tecnológi- cos fundamentales del sistema	Características estructurales, funcionamiento, energía, materiales y formas			

FIGURA 1. Resumen de los estudios más relevantes acerca del diseño en Ingeniería.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este acápite se muestran los aspectos relacionados con la propuesta de un modelo de ayuda al diseñador en la etapa conceptual del proceso de diseño. El modelo constituye una herramienta de ayuda a la toma de decisiones del proceso de selección de variantes de solución en la etapa conceptual y establece un aporte al modelo clásico de Pahl y Beitz (1996) y Pahl y Beitz (2007) del proceso de diseño.

Estructura del modelo

El modelo propuesto para la ayuda a la toma de decisiones en la evaluación conceptual del diseño a partir de la trazabilidad de los requerimientos, se representa en la Figura 2. El mismo parte de la representación del ciclo básico de toma de decisiones durante el proceso de diseño, desarrollado por diversas investigaciones y sintetizado por Wiegeraad (1999) (Parte A). En la parte B se representa el proceso de evaluación conceptual, como vínculo del proceso de toma de decisiones y las etapas de los modelos prescriptivos del proceso de diseño. En la parte C de la Figura 2 se representan las etapas clásicas del proceso de diseño según los modelos prescriptivos y su relación o vínculo con el proceso de evaluación conceptual (Parte B) y con el proceso de toma de decisiones (Parte A). En la parte D se representa la estratificación de los requerimientos funcionales, como etapa que permite la trazabilidad de los requerimientos

desde su definición. Esta constituye un aporte al modelo clásico del proceso de diseño de Pahl y Beitz (2007).

Para garantizar la trazabilidad de los requerimientos, en esta investigación se aporta el proceso de estratificación de los requerimientos, utilizando para ello los principios definidos por el método Kano, más utilizado en el área del Benchmarking y los estudios exploratorios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estratificación de los requerimientos funcionales

Los niveles de estratificación de los requerimientos funcionales cualitativos se determinan a través de la aplicación del método Kano, el mismo consta de cuatro pasos: (a) identificación de los requerimientos del producto; (b) construcción del cuestionario Kano; (c) administración de la entrevista al cliente; y (d) evaluación e interpretación.

Este método genera un elevado volumen de información recolectada en el cuestionario y una diversidad de datos generados en su análisis, para el procesamiento de los cuestionarios se utilizan varias tablas. En base a la distribución de las diferentes combinaciones de requerimientos funcionales realizada a partir de los requerimientos para el diseño de un molino de vientos, del total de 15 requerimientos se catalogaron como unidimensionales nueve, como atractivos cinco y uno como indiferente. Luego, se puede realizar una clasificación de los

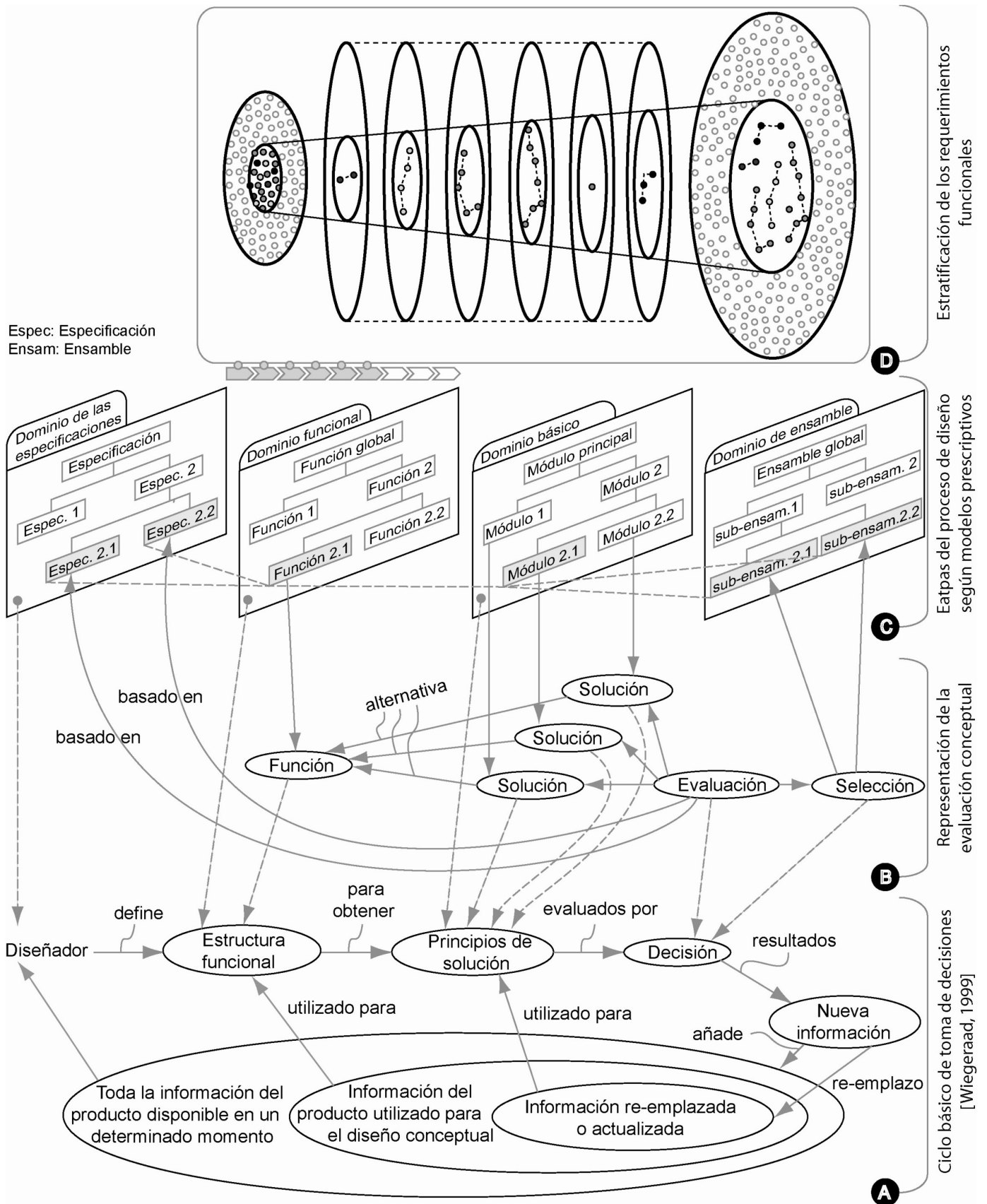


FIGURA 2. Modelo integrado de trazabilidad de los requerimientos cualitativos desde la etapa de especificación hasta la etapa de evaluación conceptual.

tipos de molinos de viento que se pueden ofrecer, caracterizando un diseño conceptual como básico, esperado o ampliado. La distribución de los requerimientos relativos al molino de viento y el enunciado de sus características, junto a la clasificación asignada son presentados en la Figura 3, para el caso del comportamiento de un producto esperado.

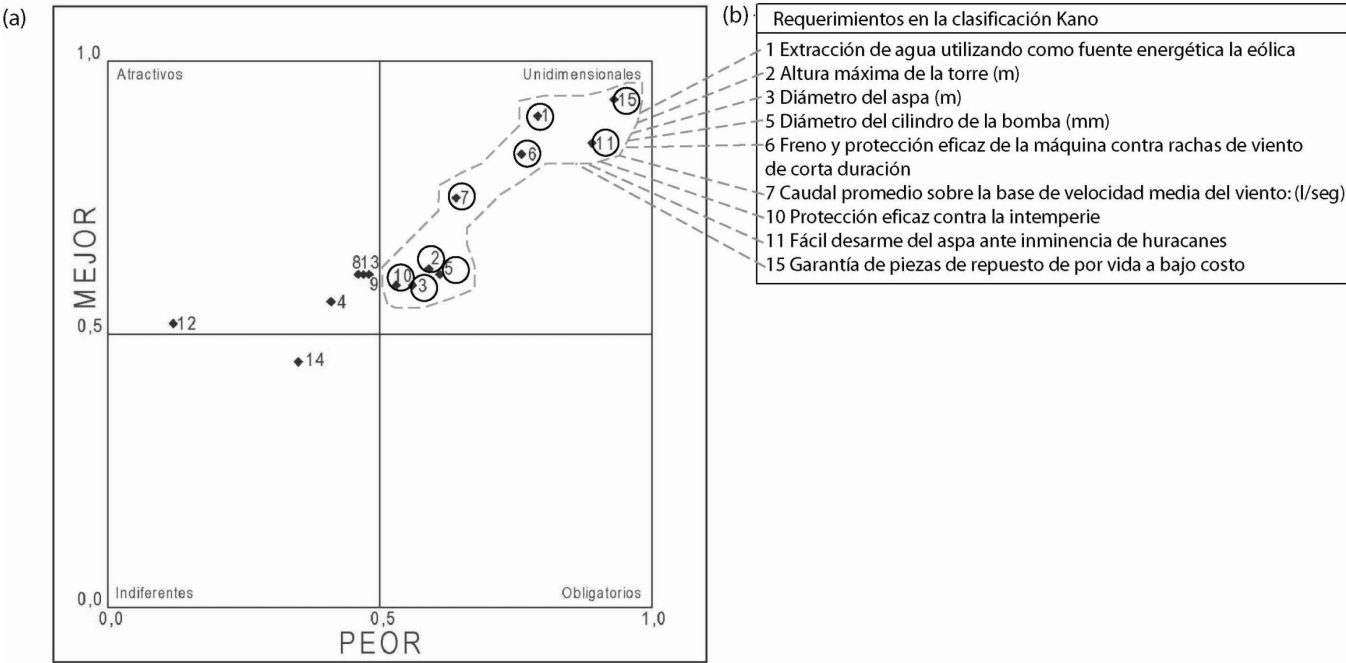


FIGURA 3. Requerimientos de un molino de vientos en base a un producto esperado.

Como se observa, para el caso de un molino de viento esperado, el método le comunica al diseñador el agrupamiento de los requerimientos que debe cumplir este tipo de producto. En el caso de análisis, se observa un agrupamiento de los mismos en el cuadrante de los unidimensionales y la dispersión en ese mismo cuadrante.

La aplicación de los conceptos definidos por el método Kano en la definición conceptual de la especificación para el molino de viento, facilita la estructuración y estratificación de los requerimientos, y a la vez facilita la toma de decisiones por parte del diseñador en esta etapa.

Determinación de la estructura funcional del molino de viento

Se desarrolló una sintaxis que permite al diseñador identificar en una representación funcional, cuáles son las diferentes cualidades de los requerimientos, a partir del modelo propuesto. La sintaxis indica que un flujo con características cualitativas, es el resultado de la adición a los flujos utilizados por la base funcional seleccionada de un descriptor cualitativo, que le indica qué tipo de cualidad posee ese requerimiento.

En la forma tradicional de los modelos funcionales y siguiendo el procedimiento de Stone y Wood (2000) la función global tiene como entrada un flujo de aire, que a la vez es un tipo de energía (eólica), como flujo de salida tiene un flujo de líquido, en este caso el agua (Figura 4a).

En la Figura 4b se representa la estructura funcional, adoptando la sintaxis para la representación cualitativa de los

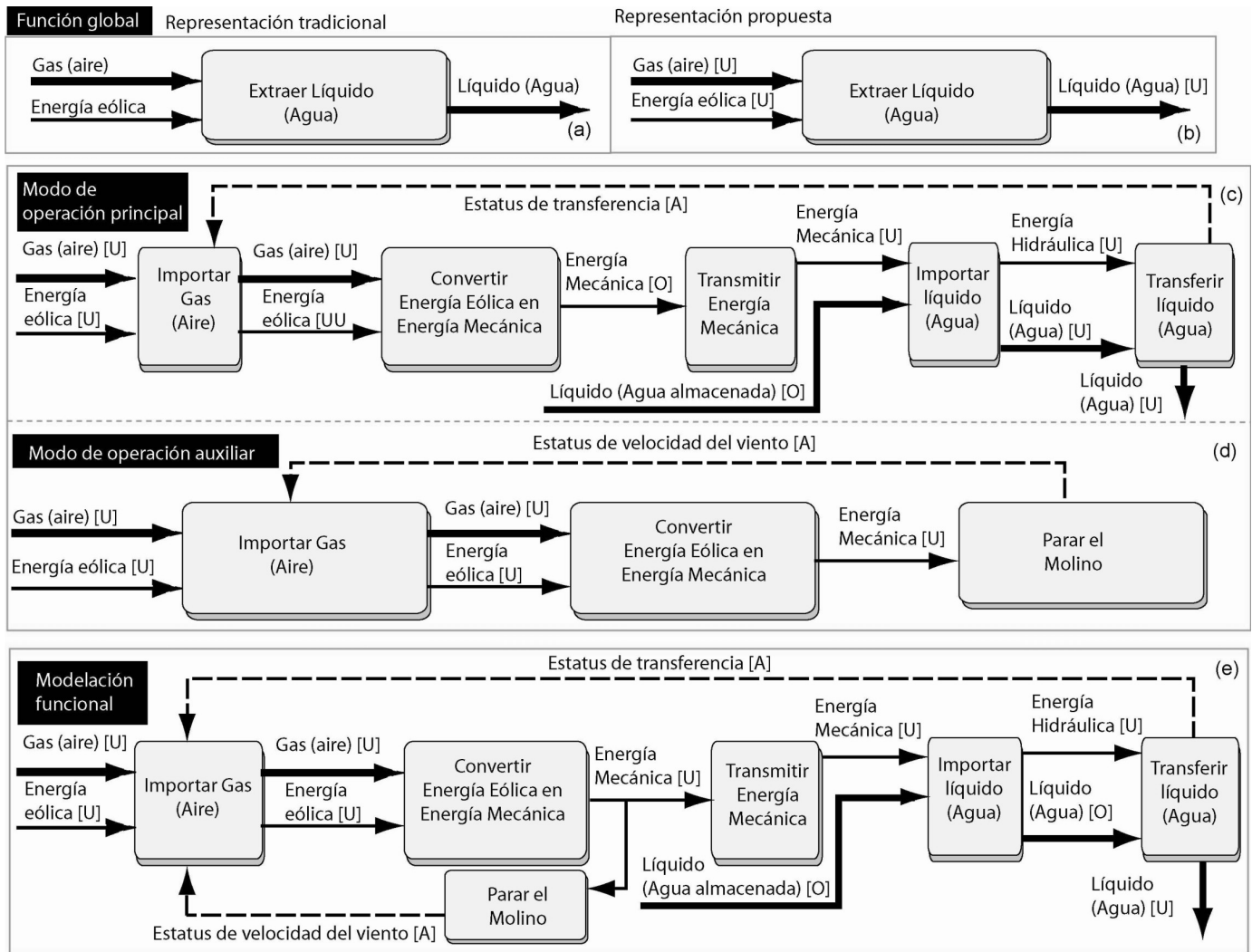
requerimientos funcionales para el caso del molino de viento. Esta forma de representación garantiza que exista una trazabilidad de la estratificación cualitativa de los requerimientos, al indicarse gráficamente su tipología. Manifiesta una forma de vincular el dominio de las especificaciones con el funcional, tal y como se representa en la Figura 2.

A diferencia del modelo de Stone y Wood (2000), en esta investigación se definen los modos de operación del producto, para el caso del molino de viento se establecen dos modos de operación: (a) modo de operación principal; y (b) modo de operación auxiliar.

Para cada uno de ellos se establecen las cadenas de sub-funciones. En las Figuras 4c y 4d se muestran las cadenas de sub-funciones. Como etapa final del procedimiento propuesto, las diferentes cadenas funcionales obtenidas para cada uno de los flujos de entrada del molino de viento se superponen en un solo modelo. Este paso puede requerir agregar nuevas sub-funciones. En la Figura 4e se muestra el modelo integrado.

De esta forma, queda demostrado que la base funcional que se tomó como referencia proporciona un lenguaje de diseño homogéneo y permite la estandarización de la estructuración funcional del molino de viento.

A la metodología desarrollada por Stone se le añade la etapa de análisis cualitativo de los requerimientos funcionales que facilita la estratificación de los mismos. La sintaxis desarrollada permite la trazabilidad de los requerimientos funcionales desde su definición hasta la etapa de estructuración funcional.



FIGURAS 4a,b,c,d. Estructura funcional de un molino de viento con la sintaxis propuesta.

CONCLUSIONES

- En este artículo se presentó un modelo que permite la trazabilidad conceptual cualitativa de los requerimientos funcionales a través de la estratificación de los requerimientos

funcionales y del desarrollo de una sintaxis adecuada. El mismo se aplicó al caso del diseño conceptual de un molino de vientos, hasta su etapa de estructuración funcional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PAHL, G.; W. BEITZ: *Engineering Design, A Systematic Approach*, Springer-Verlag, London, UK, 1996.
- PAHL, G.; W. BEITZ: *Engineering Design, A Systematic Approach*, Springer-Verlag, London, UK, 2007.
- STONE, R. B.; K. L. WOOD: "Development of a Functional Basis for Design, *Journal of Mechanical Design*, 122(4): 359-370, 2000.
- ULLMAN, D. G: *The mechanical design process*, McGraw-Hill Higher Education, New York, USA, 2003.
- WALLACE, K. M.: *Educating Engineers in Design Lessons Learnt from the Visiting, Professors Scheme*, The Royal Academy of Engineering, London, UK, 2004.
- WIEGERAAD, S. J. H. W.: *Development of a Design History Information System*, Capturing and Re-Using the Knowledge Behind the Product, Technische Universiteit Eindhoven, Holland, 1999.