

# ESTUDIO SOBRE LOS PROTOCOLOS DEL DISEÑO CONCEPTUAL CON ESTUDIANTES DE DISEÑO E INGENIERÍA

*Teaching and methodological innovations  
in the design process: a study on the protocols  
of conceptual design with Design and  
Engineering students*

**POR MAURICIO GUERRERO VALENZUELA**

PALABRAS CLAVES: PROCESO DE DISEÑO, DISEÑO CONCEPTUAL, MODELOS METODOLÓGICOS / KEY WORDS: DESIGN PROCESS,  
CONCEPTUAL DESIGN, METHODOLOGICAL MODELS

Doctor en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales y máster en Diseño, Gestión y Desarrollo de Nuevos Productos por la Universidad Politécnica de Valencia. Miembro permanente del Comité Científico de la Revista Rdis, de la Red Internacional de Investigación en Diseño ISSN:2254-7215. Docente de la Universidad del Desarrollo, Facultad de Diseño, Escuela de Diseño. Docente de la Universidad Tecnológica Metropolitana en las carreras de Diseño Industrial y Diseño en Comunicación Visual. Ha formado parte del Comité Técnico de "SD2016- Systems & Design: Beyond Process and Thinking", 6th International Forum of Design as a Process, Valencia, España.

*Doctor in Design, Manufacture and Management of Industrial Projects and master's degree in Design, Management and Development of New Products by the Polytechnic University of Valencia. Permanent member of the Scientific Committee of Rdis Magazine and The International Network of Research in Design ISSN:2254-7215. He is Professor at the Design School of Universidad del Desarrollo and Professor of the Universidad Tecnológica Metropolitana in the careers of Industrial Design and Visual Communication Design. Has been part of the Technical Committee on "SD2016- Systems & Design: Beyond Process and Thinking", 6th International Forum of Design as a Process, Valencia, Spain.*

## RESUMEN

EL DISEÑO CONCEPTUAL ES UNA DE LAS ACTIVIDADES CLAVE DONDE SE DEFINEN LOS ASPECTOS FORMALES Y LA APARIENCIA DEL PRODUCTO. ESTA INVESTIGACIÓN SOSTIENE QUE EXISTE UN ENTENDIMIENTO CONCORDANTE DURANTE EL DESARROLLO DEL PROCESO DE DISEÑO CONCEPTUAL, COMPARTIDO COMÚNMENTE POR LOS MÚLTIPLES DOMINIOS DEL DISEÑO. EL PROPÓSITO DEL ESTUDIO FUE LA IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE UN CONJUNTO DE ACCIONES EN TORNO A LA ACTIVIDAD DE DISEÑO CONCEPTUAL Y DE LOS PASOS INICIALES NECESARIOS DESDE EL ARRANQUE DEL PROCESO DE DISEÑO. PARA EVALUAR EL PLANTEAMIENTO, SE APLICA UN CUESTIONARIO A ESTUDIANTES DE DISEÑO E INGENIERÍA DE CHILE, ESPAÑA Y MÉXICO, A PARTIR DE UNA SERIE DE SECUENCIAS Y ACCIONES CONSISTENTES Y COHERENTES SOBRE LAS QUE SE DELIBERA. DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS, SE EXTRAJE EL GRADO DE IMPORTANCIA Y FRECUENCIA DE LAS VARIABLES SELECCIONADAS. LA INVESTIGACIÓN DE TIPO EXPLORATORIA IDENTIFICA LOS PASOS INICIALES Y SECUENCIAS QUE INTEGRAN UNA ESTRUCTURA COMÚN, UTILIZADA EN EL DESARROLLO DEL PROCESO DE DISEÑO. SE OBSERVA UN CLARO ACERCAMIENTO Y CONCORDANCIA ENTRE EL DISEÑO Y LA INGENIERÍA PARA LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE DISEÑO.

## ABSTRACT

CONCEPTUAL DESIGN IS ONE OF THE KEY ACTIVITIES WHERE THE FORMAL ASPECTS AND THE APPEARANCE OF THE PRODUCT ARE DEFINED. THIS RESEARCH ARGUES THAT THERE IS A CONCORDANT UNDERSTANDING DURING THE DEVELOPMENT OF THE CONCEPTUAL DESIGN PROCESS, COMMONLY SHARED BY THE MULTIPLE DOMAINS OF DESIGN. THE PURPOSE OF THE STUDY WAS THE IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION OF A SET OF ACTIONS REGARDING THE CONCEPTUAL DESIGN ACTIVITY AND OF THE INITIAL STEPS NECESSARY TO START THE DESIGN PROCESS. TO EVALUATE THE APPROACH, A QUESTIONNAIRE WAS APPLIED TO STUDENTS OF DESIGN AND ENGINEERING OF CHILE, SPAIN AND MEXICO, FROM A SERIES OF CONSISTENT AND COHERENT SEQUENCES AND ACTIONS ON WHICH THE DISCUSSION IS ELABORATED. THE ANALYSIS OF THE RESULTS OBTAINED, IS EXTRACTED FROM THE DEGREE OF IMPORTANCE AND FREQUENCY OF THE SELECTED VARIABLES. THE EXPLORATORY RESEARCH IDENTIFIES THE INITIAL STEPS AND SEQUENCES THAT ARE PART OF A COMMON STRUCTURE, USED IN THE DEVELOPMENT OF THE DESIGN PROCESS. THERE IS A CLEAR APPROACH AND CONCORDANCE BETWEEN DESIGNERS AND ENGINEERS FOR THE RESOLUTION OF THE DESIGN PROBLEM.

## INTRODUCCIÓN

Las actividades de Diseño, por lo general, están estructuradas en base a una serie de pasos lógicos y secuenciales para resolver el problema de diseño (Nguyen & Zeng, 2010). Se observa que las actividades que se ejecutan tradicionalmente pudieran no ser consideradas de índole rutinarias, a pesar de que lo parecieran. En la misma línea, Hsiao, Watada, Jain y Lim (2010) señalan que tampoco pueden ser aplicables a todo tipo de problemas de diseño por igual. Ralph y Wand (2009), comentan que –por lo general– son trayectorias temporales de sistemas de trabajo diferentes, donde la estructura y organización del proceso no siempre es el mismo. Durante el desarrollo del proyecto de diseño se requiere un control eficiente de la información y de los datos que lo conformarán, así como de las decisiones que se toman en todo momento, sobre todo en las etapas críticas –que requieren acciones y tareas combinadas y sincrónicas del equipo de diseño–, con el objetivo de disminuir el grado de incertidumbre y subjetividad cuando se está ejecutando. De hecho, los acuerdos debieran ser consensuados en todo momento del proceso, considerando los diferentes puntos de vista de los integrantes. Sin embargo, se observa que los modelos metodológicos comúnmente utilizados, los procedimientos y protocolos que los conforman, se orientan principalmente en el proceso y no en la actividad de diseño conceptual. Se advierte poca claridad en la resolución del problema de diseño, en los pasos y etapas que se ejecutan tempranamente, sobre todo en las

## INTRODUCTION

Design activities, in general, are structured based on a series of logical and sequential steps to solve the design problem (Nguyen & Zeng, 2010). It is observed that the activities that are traditionally executed may not be considered routine, although they may seem so. In the same line, Hsiao, Watada, Jain and Lim (2010) point out that they cannot be applicable to all types of design problems equally. Ralph and Wand (2009), comment that –in general– they are temporary trajectories of different work systems, where the structure and organization of the process is not always the same.

During the development of the design project, an efficient control of the information and relevant data for its realization is required, as well as control in the decisions that are made at all times, especially in the critical stages –which require combined and synchronous actions and tasks by the design team– with the objective of reducing the degree of uncertainty and subjectivity when it is being executed. In fact, the agreements should be consented at all times in the process, considering the different points of view of the members of a design team. However, it is observed that the methodological models commonly used, the procedures and protocols that conform them, are mainly oriented in the process and not in the conceptual design activity.

However, it is noted that the methodological models commonly used and the procedures and protocols that make up, are oriented primarily in the process and not in the conceptual design activity. There is little clarity in the resolution of the design problem,

acciones con un alto valor conceptual, observando que las actividades que estructuran el problema se orientan generalmente a estados de razonamiento lógico y técnico apoyadas por el conjunto de necesidades y especificaciones que resuelven el problema de diseño (Dorst, 2007).

Se evidencia, además, que no existe una única acción conceptual que aclare el paso desde un estado contextual a un estado formal, ya que en general solo se muestran las actividades y acciones de manera descriptiva, apoyándose en métodos y herramientas de diseño que hasta ahora han dado buenos resultados. En este sentido, el rol de quienes participan en el desarrollo del proceso de diseño es fundamental, dado que la manera de abordar las actividades y acciones no siempre son las mismas, llegando a ser muy distintas entre los participantes del proceso. De hecho, el permanente estado de negociación colectiva alrededor del diseño conceptual, lleva a considerar la existencia de un proceso de coconstrucción social altamente cognitivo, donde las especificaciones, funciones y objetivos se negocian en todo momento intentando consensuar las acciones y tareas que se deben realizar.

#### ESTADO DEL ARTE

Según Taura & Nagai (2013), el diseño conceptual implica dos fases típicas de realización: un plan mental y la creación de formas. Esta actividad clave y a la vez crítica del proceso de diseño orienta permanentemente al diseñador hacia las acciones de conceptualización, generación de conceptos y al modelado conceptual de la forma en torno a la solución de diseño. De hecho, las acciones conceptuales que se realizan en esta etapa procuran contar con una gran cantidad de información inicial que permita traducirla en especificaciones, claridad de los aspectos funcionales y sobre todo en los principios de solución (Jin & Li, 2007). Progresivamente, la generación del concepto da inicio al modelado de la solución. Los resultados del diseño, desde el punto de vista del diseñador, suelen ser consecuencia de una ideación mental y los procedimientos que se ejecutan son considerados como resultado de esta ideación (Taura & Nagai, 2013). La idea de que este tipo de procedimientos conceptuales “deben ser compartidos entre los múltiples dominios del Diseño” permitirá, a la hora de la generación de ideas, ir modelando el concepto de diseño.

Se aprecia que durante el desarrollo del proceso de diseño, los procedimientos y acciones que dependen de principios de abstracción y del azar muchas veces no van de la mano con los aspectos racionales y viceversa. Autores, como Ulrich & Eppinger (2004), señalan que en el proceso de desarrollo del producto, las especificaciones bien definidas permiten generar un buen concepto de diseño. Durante el proceso de diseño conceptual, generalmente los resultados suelen ser impredecibles (Mulet, 2003), y dependen muchas veces de la habilidad y experiencia de quien diseña. Hansen & Andreasen (2003), afirman que el concepto refleja una idea y debe verse representada en el producto, por lo tanto, el estado de conceptualización estará definido por las acciones que se ejecuten sobre la base de un conjunto de pasos que integran necesariamente el diseño conceptual, y que en esta etapa, de generación de conceptos, se observan dos aspectos que influenciarán en todo momento su definición: los aspectos técnicos para resolver el problema de diseño, y los aspectos formales para dar la solución formal al diseño.

*in the steps and stages that are executed early, especially in the actions with high conceptual value, observing that the activities that structure the problem are generally oriented to states of logical and technical reasoning for the set of needs and specifications that solve the design problem (Dorst, 2007).*

*In addition, there is not just one conceptual action to clarify the passage from a contextual state to a formal state, because in general activities and actions are shown in a descriptive manner, relying on methods and design tools that have had good results until that moment. In this sense, the role of those who participate in the development of the design process is fundamental, since the way of approaching the activities and actions are not always the same, becoming even very different among the participants of the process. In fact, the permanent state of collective negotiation around conceptual design, leads to consider the existence of a highly cognitive social co-construction process, where specifications, functions and objectives are negotiated at all times trying to agree on the actions and tasks that must be performed.*

#### STATE OF THE ART

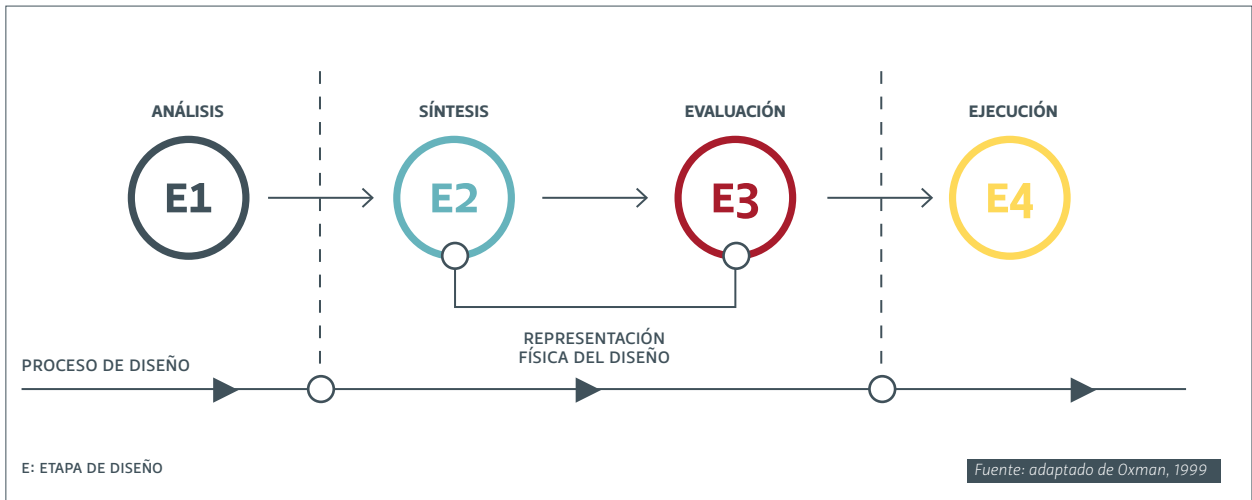
According to Taura & Nagai (2013), conceptual design involves two typical phases of realization: a mental plan and the creation of forms. This key and critical activity of the design process permanently guides the designer towards conceptualization actions, generation of concepts and conceptual modeling of the form around the design solution. In fact, conceptual actions carried out in this stage require a large amount of initial information to enable translation into specifications, clarity of functional aspects and especially in the solution principles (Jin & Li, 2007). Progressively, the generation of the concept starts the modeling of the solution. The results of the design, from the point of view of the designer, are usually the consequence of a mental ideation and the procedures that are executed are considered as a result of this ideation (Taura & Nagai, 2013). The idea that this type of conceptual procedures “should be shared among the multiple domains of Design” will enable to model the design concept, during idea generation.

*It is appreciated that during the development of the design process, the procedures and actions that depend on principles of abstraction and chance often do not go hand in hand with the rational aspects and vice versa. Authors, such as Ulrich & Eppinger (2004), point out that in the process of product development, defined specifications enable generating a good design concept. During the conceptual design process, results are usually unpredictable (Mulet, 2003), and often depend on the skills and experience of the designer. Hansen & Andreasen (2003), affirm that the concept reflects an idea and must be represented in the product, therefore, the conceptualization state will be defined by the actions executed on the basis of a set of steps that necessarily integrate the conceptual design, and that in this stage, of concept generation, two aspects are observed that will influence at all times its definition: technical aspects to solve the design problem, and formal aspects to give the formal solution to the design.*

#### 1. MODEL THE DESIGN PROCESS

*The term design, according to Alcaide, Diego & Artacho (2001), is not only limited to the physical and external form of an object or attributes such as texture or color, but refers to the design of the product as a whole. On the other hand, design, in the Anglo-Saxon language, is associated to the set of activities, actions and*

Figura 1: Modelo de diseño secuencial / Figure 1: Sequential design process



### 1. MODELAR EL PROCESO DE DISEÑO

El término diseño, según Alcaide, Diego & Artacho (2001), no solo se limita a la forma física y externa de un objeto o atributos como la textura o el color, sino que se refiere al diseño del producto en su conjunto. En cambio, *design*, en lengua anglosajona, se asocia al conjunto de actividades, acciones y tareas del proyecto que se desarrollan a partir de una idea inicial hasta la obtención del resultado. En los hallazgos de la literatura, se percibe una gran variedad de modelos, con un alto grado de especificidad en torno al diseño y a la ciencia de la ingeniería principalmente (Guerrero, Hernandis & Agudo, 2014). Los modelos que más abundan son los del tipo secuencial, ya que permiten una rápida generación del diseño (Cross, 2002), centrándose en la solución del problema y posteriormente en el análisis de la solución. Así mismo, Dym & Little (2006) aseguran que este tipo de modelos integran inicialmente las especificaciones y atributos, interpretando eficientemente al conjunto de necesidades, dando continuidad a las acciones conceptuales, pero nada más. Este tipo de configuración se estructura en torno a un grupo de actividades genéricas aceptadas por la comunidad. Sin embargo, no dan solución a los subproblemas de diseño, sobre todo en aquellos casos en los que adquieren mayor importancia los aspectos asociados a la morfología. En cambio en los modelos como el de Otto & Wood (2001) o Ulrich & Eppinger (2004), la estructura propone estados de acción intermedia para la generación del concepto a partir de tres pasos principales: interpretación de las necesidades, determinación de las especificaciones y definición de los sistemas funcionales (ver figura 1).

En esta misma línea, Dorst (2007) opina que la descripción del problema de diseño debe ser apoyada principalmente por la experiencia del diseñador y por la secuencia de actividades propuestas, las que pueden ser categorizadas y codificadas para facilitar el desarrollo del proceso (Hao & Chin-Chiuan, 2010). Sin embargo nos encontramos con modelos como el de Suh (1995), centrado no tan solo en la dimensión técnico-funcional, sino que también incorpora las tareas conceptuales

tasks of the project that are developed from an initial idea until the result is obtained. Findings in the literature reveal a great variety of models, with a high degree of specificity regarding design and especially the science of engineering (Guerrero, Hernandis & Agudo, 2014). Most models are sequential, since they facilitate a rapid generation of the design (Cross, 2002), focusing on the solution of the problem and later on in the analysis of the solution. Likewise Dym & Little (2006) assure that this type of models initially integrate the specifications and attributes, efficiently interpret the set of needs, give continuity to the conceptual actions, but nothing more. This type of configuration is structured around a group of generic activities accepted by the community. However, they do not solve the design sub-problems, especially in those cases in which the aspects associated with morphology acquire greater importance. Instead, in models such as Otto & Wood (2001) or Ulrich & Eppinger (2004), the structure proposes intermediate action states for the generation of the concept from three main steps: interpretation of needs, determination of specifications and definition of functional systems (see figure 1).

In this same line, Dorst (2007) believes that the description of the design problem should be supported mainly by the designer's experience and by the sequence of proposed activities, which can be categorized and coded to facilitate the development of the process (Hao & Chin-Chiuan, 2010). However, we find models such as Suh's (1995), which focuses not only on the technical-functional dimension, but also incorporates the conceptual tasks that give way to the morphological process and the task of representing ideas in a design solution. The model of Hernandis (2009) responds to an ordering of simultaneous steps, efficiently supporting the definition of conceptual actions at all times. The contribution of this methodology resides in its flexibility to execute conceptual actions and tasks, integrating the fundamental dimensions of the design: form, function and ergonomics. In addition, it stimulates creative thinking in three phases: conventional thinking, simultaneous division and integration of the fundamental subsystems.

According to the observed, the structure of the design problem does not have a single scheme or representation model. For Restrepo & Christiaans (2004), defining the structure for a design does not

que dan paso al proceso morfológico y a la tarea de representar las ideas en una solución de diseño. El modelo de Hernandis (2009) responde a un ordenamiento de pasos simultáneos, apoyando eficientemente

Para Restrepo & Christiaans (2004), la estructuración del diseño no ocurre solamente desde el arranque del proceso, sino que también se va conformando a medida que avanza. Esto indicaría que la conformación de un modelo es de estructura flexible y no rígida.

la definición de las acciones conceptuales en todo momento. El aporte de esta metodología es su flexibilidad para ejecutar acciones y

tareas conceptuales, integrando las dimensiones fundamentales del diseño: forma, función y ergonomía. Además, estimula el pensamiento creativo en tres fases: pensamiento convencional, división simultánea e integración de los subsistemas fundamentales.

De acuerdo a lo observado, la estructura del problema de diseño no tiene un único esquema o modelo de representación. Para Restrepo & Christiaans (2004), la estructuración del diseño no ocurre solamente desde el arranque del proceso, sino que también se va conformando a medida que avanza. Esto indicaría que la conformación de un modelo es de estructura flexible y no rígida. Este estado progresivo de actividades permite al diseñador enfocarse en el problema y solución de diseño de manera simultánea. La estructura, por lo tanto, se derivaría de la negociación permanente entre los integrantes del equipo de diseño. De hecho, es posible ver que las actividades conceptuales son utilizadas y definidas indistintamente por quien diseña en un alto grado de variabilidad, tanto de significado, abordaje o definición.

## 2. EL ROL DE LAS ACTIVIDADES DE DISEÑO

Las actividades del diseño están estrechamente vinculadas con la generación del concepto y la solución de diseño (Sim & Duffy, 2003). Estas actividades suelen ser de índole racional y confieren al proceso de diseño la posibilidad de contar con esquemas iniciales bien estructurados, apoyados por métodos de diseño para darle continuidad y valor a las acciones que se realizarán durante el proceso. Según Dorst (2007), las actividades se interpretan como el conjunto de necesidades, requisitos e intenciones del problema de diseño. Así, los modelos podrían estar representados indistintamente por un conjunto o grupo de pasos y acciones. Asimismo, el lenguaje con el que se

only occur from the beginning of the process, but is also conformed as it progresses. This would indicate that the conformation of a model is a flexible instead of a rigid structure. This progressive state of activities

For Restrepo & Christiaans (2004), defining the structure for a design does not only occur from the beginning of the process, but is also conformed as it progresses. This would indicate that the conformation of a model is a flexible instead of a rigid structure.

enables the designer to focus on the problem and design solution simultaneously. The structure, therefore, would be derived from the permanent negotiation

between the members of the design team. In fact, it is possible to see that conceptual activities are used and defined indiscriminately by those who design in a high degree of variability, both in terms of meaning, approach or definition.

## 2. THE ROLE OF DESIGN ACTIVITIES

The design activities are closely linked to the generation of the concept and the design solution (Sim & Duffy, 2003). These activities are usually of a rational nature and give the design process the possibility of having well-structured initial schemes, supported by design methods to give continuity and value to the actions that will be carried out during the process. According to Dorst (2007), activities are interpreted as the set of needs, requirements and intentions of the design problem. Thus the models could be represented indistinctly by the arrangement of a set or group of steps and actions. Also, the language with which the activity is named is not fully shared by the community. From the perspective of design and engineering they are conceptually different (Birmingham, 1997, cited by Sim & Duffy, 2003). The design activity is a transitive state that causes the transformation of the objectives and design requirements, and a change from a conceptual state to a physical form (Reymen, Hammer, Kroes, Van Aken, Dorst, Bax & Basten, 2006). In turn, the narrative to describe design activities, from the multidisciplinary point of view, will depend on the degree of complexity of the design problem and the number of priority activities required (Sim & Duffy, 2003); (Mosborg, Adams, Kim, Atman, Turns & Cardella, 2005); (Atman, Kilgore & Mckenna, 2008). Conceptually, the generation of the solution reveals the existence of conceptual actions associated with the representation of design and the combination of concepts that describe formal transformation, which will gradually derive in a physical model. The most significant characteristic of the design activity is given by

denomina la actividad no está totalmente compartido por la comunidad. Desde la perspectiva del diseño y la ingeniería son conceptualmente diferentes (Birmingham, 1997, citado por Sim & Duffy, 2003). La actividad de diseño es un estado transitivo que provoca la transformación de los objetivos y requerimientos de diseño, y un cambio desde un estado conceptual hacia una forma física (Reymen, Hammer, Kroes, Van Aken, Dorst, Bax & Basten, 2006). A su vez, la narrativa para describir las actividades de diseño, desde el punto de vista multidisciplinario, dependerán del grado de complejidad del problema de diseño y el número de actividades prioritarias que se requieran (Sim & Duffy, 2003); (Mosborg, Adams, Kim, Atman, Turns & Cardella, 2005); (Atman, Kilgore & Mckenna, 2008). Conceptualmente, en la generación de la solución se advierte la existencia de acciones conceptuales asociadas a la representación del diseño y a la combinación de conceptos que describen la transformación formal, que derivará paulatinamente en un modelo físico. La característica más significativa de la actividad de diseño la confiere su principio de "granularidad" (Sim & Duffy, 2003), es decir, la capacidad de descomponerse en un número de acciones y pasos conceptuales (niveles de abstracción), ya sea en bloque o agrupadas, representadas por operaciones y tareas básicas, específicas o, en aquellas comunes, no asociadas a un dominio de diseño en particular.

#### METODOLOGÍA

El planteamiento de la investigación pretende evaluar las acciones conceptuales previas que se realizan durante el diseño conceptual para dar forma al producto. Se construye un cuestionario estructurado mediante afirmaciones y acciones convencionales que integran comúnmente la estructura de modelos del proceso de diseño. Las afirmaciones se consideraron representativas de los modelos estudiados de la literatura (Guerrero, Hernandis & Agudo, 2014), las cuales buscan identificar la existencia de concordancias entre estudiantes de Diseño e Ingeniería al momento de estructurar el proceso de diseño. De lo anterior, se infiere la siguiente hipótesis: las acciones conceptuales que se llevan a cabo durante el desarrollo del proceso de diseño se pueden agrupar por concordancia y especificidad, considerando las diferentes perspectivas de quienes participan.

Para la obtención correcta de resultados en este tipo de estudios exploratorios, se realizaron preguntas de naturaleza descriptiva, con objetivos claros (González, Calleja, López, Padrino & Puebla, 2010). La muestra permite una buena recolección de datos, asegurando la fiabilidad de las respuestas alcanzadas. La utilización de este tipo de instrumento es capaz de determinar adecuadamente el propósito de la investigación (Corral, 2010, citando a Ruiz, 2002). El cuestionario se aplicó a grupos homogéneos de estudiantes de Diseño e Ingeniería de Chile, España y México (n=400), agrupados en el nivel de diseñador intermedio (Popovic, 2004).

#### 1. PERFIL DEL ENCUESTADO

En primer lugar, se constituyen los grupos principales de estudiantes para el estudio de Chile, España y México, (n=400) pertenecientes a los últimos niveles de sus respectivas carreras. Este estudio se realizó entre los años 2012 y 2014. Todos los participantes, con nivel de experiencia equivalente

its principle of "granularity" (Sim & Duffy, 2003), that is to say, the capacity to decompose into a number of actions and conceptual steps (levels of abstraction), either in block or grouped, represented by specific basic operations and tasks or common ones, not associated with a particular design domain.

#### METHODOLOGY

The research approach aims to evaluate the previous conceptual actions that are carried out during the conceptual design process to give shape to the product. A structured questionnaire is constructed based on affirmations and conventional actions that commonly integrate the model structure of the design process. The chosen statements were considered representative through the literature review on design process models and structure that identify the existence of concordances between Design and Engineering students. (Guerrero, Hernandis & Agudo, 2014). From the above, the following hypothesis is inferred: conceptual actions that are carried out during the development of the design process can be grouped by concordance and specificity, considering the different perspectives of those who participate.

In order to obtain trustable results in this type of exploratory studies, the questions were descriptive and with clear objectives (González, Calleja, López, Padrino & Puebla, 2010). The sample enables good data collection, ensuring the reliability of the answers. The use of this type of instrument is able to adequately determine the purpose of the investigation (Corral, 2010, citing Ruiz, 2002). The questionnaire was applied to homogeneous groups of Design and Engineering students from Chile, Spain and Mexico (n= 400), grouped at the level of intermediate designer (Popovic, 2004).

#### 1. PROFILE OF THE RESPONDENT

First, the main groups of students in Chile, Spain and Mexico are constituted for the study (n = 400). All of the participants belonged to the last levels of their respective careers and had the experience equivalent to an intermediate designer. This study was carried out between the years 2012 and 2014. In addition, their undergraduate training and experience in the development of design projects is considered, so that they fulfill the purpose of understanding and executing the activities that constitute the development of the design process (see table 1).

#### 2. MATERIALS

First of all, a series of design actions commonly accepted and used by the community during conceptual design and the beginning of the morphological design process (A1 - A13) are considered. Faced with the question: What actions / tasks must be previously carried out, in the design process, to begin the morphological development and to give shape to the design concept? To answer, the respondent must select three options in order of importance (see table 2).

The degree of importance, is graded using a Likert scale of four intervals: 1 = not very important, 4 = very important.

#### RESULTS

The data yielded confirmatory results, some consistent with the findings of the literature review and others add new points of view. Results obtained enable to characterize the modeling around conceptual actions prior to the morphological development in the activity of conceptual design process. The comparisons between participant groups of study do not present major discrepancies

**Tabla 1: Perfil de los grupos de estudio / Table 1: Profile of the study groups**

PARTICIPANTES			
DATOS DEL ESTUDIO		ESTUDIANTES	(N=400)
País	España	148	(37,0%)
	Chile	205	(51,3%)
	México	47	(11,7%)
Carrera	Diseño	209	(52,2%)
	Ingeniería	191	(47,8%)
Género	Hombre	200	(50,0%)
	Mujer	200	(50,0%)

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2: Esquema de codificación del estudio / Table 2: Coding scheme of the study**

ESQUEMA DEL CUESTIONARIO	
INSTRUCCIÓN 1	
CÓDIGO	ACCIONES CONCEPTUALES
A1	Definir previamente el concepto de diseño
A2	Determinar la idea conceptual para el diseño
A3	Definir preliminarmente los parámetros y requerimientos del diseño
A4	Determinar las especificaciones técnicas del diseño
A5	Realizar el diseño de detalles
A6	Determinar las estructuras funcionales del producto
A7	Determinar los componentes internos del producto
A8	Definir los objetivos del diseño
A9	Determinar el material para el diseño del producto
A10	Asociar las necesidades a los requerimientos del diseño
A11	La factibilidad comercial del producto
A12	Saber dónde buscar la inspiración para el concepto que regirá la forma
A13	Haber definido el enfoque y estrategias que se utilizarán en el proceso proyectual

Fuente: Elaboración propia

a diseñador intermedio. A su vez, se considera la formación de pregrado y experiencia en el desarrollo de proyectos de diseño, por lo que cumplen con el propósito de comprensión y ejecución de las actividades constitutivas del desarrollo del proceso de diseño (ver tabla 1).

## 2. MATERIALES

En primer lugar, se plantea una serie de acciones de diseño comúnmente aceptadas y consideradas por la comunidad durante el diseño conceptual y dar arranque al proceso de diseño morfológico (A1 – A13). Frente a la pregunta: ¿Qué acciones/tareas deben estar realizadas previamente, en el proceso de diseño, para comenzar el desarrollo morfológico y dar forma al concepto de diseño?, donde el encuestado debe seleccionar tres opciones en orden de importancia (ver tabla 2).

Para seleccionar el grado de importancia, se califica mediante una escala de Likert de cuatro intervalos: 1= poco importante, 4= muy importante.

## RESULTADOS

Los datos arrojaron resultados confirmatorios, algunos consistentes con los hallazgos de la revisión de la literatura y otros añaden nuevos puntos de vista. Los resultados obtenidos permiten caracterizar la modelización en torno a las acciones conceptuales previas al desarrollo morfológico en la actividad del proceso de diseño conceptual. Las comparaciones entre los grupos de estudios no presentan discrepancias mayores en sus planteamientos, mostrando una gran concordancia entre ambos dominios del diseño (Diseño e Ingeniería).

### 1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para los resultados de los datos de la instrucción, se utilizaron los análisis de media ( $\bar{X}$ ), desviación estándar (S), el análisis de frecuencias (f) y análisis de homogeneidad mediante el coeficiente de variación de Pearson (C.V.). Los datos cuantitativos obtenidos se muestran en la tabla 3. Los grupos de estudios fueron codificados de la siguiente manera: estudiantes de Diseño (G1) y estudiantes de Ingeniería (G2) (ver tabla 3).

Los valores, en general, se mantienen en el rango medio a medio alto sin grandes diferencias, considerando que el promedio fue de  $\bar{X}=3,41$ , lo que sugiere un comportamiento homogéneo respecto de las medias. Por lo mismo, las variables que obtuvieron las más altas valoraciones, en el caso de los estudiantes de Diseño, fueron A1 ( $\bar{X}=3,76$ ); A2 ( $\bar{X}=3,59$ ); A3 ( $\bar{X}=3,75$ ); A4 ( $\bar{X}=3,60$ ); A6 ( $\bar{X}=3,59$ ); A8 ( $\bar{X}=3,59$ ). En el caso de los estudiantes de Ingeniería, las más altas valoraciones correspondieron a A1 ( $\bar{X}=3,68$ ); A2 ( $\bar{X}=3,64$ ); A3 ( $\bar{X}=3,73$ ); A4 ( $\bar{X}=3,54$ ); A6 ( $\bar{X}=3,64$ ); A8 ( $\bar{X}=3,64$ ); A13 ( $\bar{X}=3,65$ ). Estos resultados sugieren, que en los grupos de estudiantes, las más altas valoraciones coinciden con los hallazgos de la revisión de la literatura, donde las acciones que estructuran comúnmente el proceso de diseño conceptual son: definir el concepto; determinar la idea conceptual, los parámetros y requerimientos funcionales; y tener definidos los objetivos del diseño.

En el caso de las frecuencias (f), para los grupos de estudiantes, los valores muestran altos niveles de selección en A1

in their approaches, showing a great agreement between both domains of design (Design and Engineering).

### 1. ANALYSIS OF RESULTS

For the results of the instruction data, we used the analysis of the mean ( $\bar{X}$ ), standard deviation (S), frequency analysis (f) and homogeneity analysis using the Pearson coefficient of variation (C.V.). The quantitative data obtained are shown in table 3. The study groups were coded as follows: Design students (G1) and Engineering students (G2) (see table 2).

Values in general, remain between the medium to medium-high range without big differences, considering that the average was of  $\bar{X}=3,41$ , which suggests a homogeneous behavior in relation to the means. For this reason, the variables that obtained the highest scores, in the case of Design students, were A1 ( $\bar{X}=3,76$ ); A2 ( $\bar{X}=3,59$ ); A3 ( $\bar{X}=3,75$ ); A4 ( $\bar{X}=3,60$ ); A6 ( $\bar{X}=3,59$ ); A8 ( $\bar{X}=3,59$ ). In the case of Engineering students, the highest scores corresponded to A1 ( $\bar{X}=3,68$ ); A2 ( $\bar{X}=3,64$ ); A3 ( $\bar{X}=3,73$ ); A4 ( $\bar{X}=3,54$ ); A6 ( $\bar{X}=3,64$ ); A8 ( $\bar{X}=3,64$ ); A13 ( $\bar{X}=3,65$ ). These results suggest that in the groups of students, the highest scores coincide with findings of the literature review, where the actions that commonly structure the conceptual design process are: defining the concept; determining the conceptual idea, defining parameters and functional requirements; and definition of the design objectives.

In the case of frequencies (f), for the student groups, values show high levels of selection in A1 (f=89); A2 (f=119); A3 (f=121); A8 (f=85), for Design students. On the other hand, the frequencies in Engineering students were A1 (f=81); A2 (f=77); A3 (f=117); A8 (f=70), confirming the coinciding multidisciplinary trend of the selection in the same variables.

To deepen the findings of the results, the homogeneity and consistency test is performed with the Pearson coefficient of variation test (C.V.), identifying the variables that—in the opinion of the students—determine the previous actions that shape the design. In the case of Design students the variables A1 (C.V.= 0,14); A2 (C.V.= 0,14); A3 (C.V.= 0,12); A4 (C.V.= 0,14); A6 (C.V.= 0,15); A8 (C.V.= 0,14) obtained the most consistent and homogeneous values. In the case of the Engineering students the values were A1 (C.V.= 0,15); A2 (C.V.= 0,15); A3 (C.V.= 0,16); A8 (C.V.= 0,14); A13 (C.V.= 0,13). The results regarding the selected variables are consistent and homogeneous in the great majority of the most voted actions.

Following this approach, a common conceptual space of unfolding is observed as described in the proposed conceptual model, based on the obtained results (see figure 2).

### CONCLUSIONS

In the results obtained, there are significant concordances that define the actions and common tasks that are carried out during the conceptual design process. The studied groups agree that the procedural conceptual actions—that must be previously defined to shape the design—are supported on a modeling structure based on the definition of design specifications, its requirements and objectives, and in a good definition of the concept.

It is also observed that in the key activity of conceptual design, actions and initial tasks in the beginning of the process, define the main guidelines that will guide the designer at all times during the design process. Unlike current approaches, which indicate that the work developed by both Design and Engineering students is done independently and are not integrated many times during the process, results provide relevant information that



**Tabla 3: Sumario estadístico del estudio / Table 3: Statistical summary of the study**

ACCIONES PREVIAS PARA DAR FORMA AL DISEÑO			G1 (N=209)				G2 (N=191)			
CÓDIGO	ACCIONES CONCEPTUALES	( $\bar{x}$ )	(S)	(C.V.)	(F)	( $\bar{x}$ )	(S)	(C.V.)	(F)	
A1	Definir previamente el concepto de diseño	3,76	0,54	0,14	89	3,68	0,54	0,15	81	
A2	Determinar la idea conceptual para el diseño	3,59	0,51	0,14	119	3,64	0,54	0,15	77	
A3	Definir preliminarmente los parámetros y requerimientos del diseño	3,75	0,45	0,12	121	3,73	0,58	0,16	117	
A4	Determinar las especificaciones técnicas del diseño	3,60	0,51	0,14	15	3,56	0,75	0,21	39	
A5	Realizar el diseño de detalles	2,93	1,33	0,45	14	2,53	1,19	0,47	15	
A6	Determinar las estructuras funcionales del producto	3,59	0,54	0,15	51	3,64	0,73	0,20	42	
A7	Determinar los componentes internos del producto	2,75	1,17	0,42	8	2,67	1,23	0,46	12	
A8	Definir los objetivos del diseño	3,59	0,56	0,16	85	3,64	0,51	0,14	70	
A9	Determinar el material para el diseño del producto	3,46	0,93	0,27	24	3,41	0,96	0,28	22	
A10	Asociar las necesidades a los requerimientos del diseño	3,54	0,88	0,25	13	3,00	1,25	0,42	15	
A11	La factibilidad comercial del producto	3,57	0,75	0,21	21	3,10	0,85	0,27	20	
A12	Saber dónde buscar la inspiración para el concepto que regirá la forma	3,47	0,65	0,19	36	3,28	0,80	0,24	29	
A13	Haber definido el enfoque y estrategias que se utilizarán en el proceso proyectual	3,52	0,72	0,21	31	3,65	0,49	0,13	34	

G1: Estudiantes de Diseño  
G2: Estudiantes de Ingeniería

Fuente: Elaboración propia

(f=89); A2 (f=119); A3 (f=121); A8 (f=85), para los estudiantes de Diseño. Por su parte, las frecuencias en estudiantes de Ingeniería fueron A1 (f=81); A2 (f=77); A3 (f=117); A8 (f=70), confirmando la tendencia coincidente multidisciplinar de la selección en iguales variables.

Para profundizar en los hallazgos de los resultados, se realiza la prueba de homogeneidad y consistencia con la prueba de coeficiente de variación de Pearson (C.V.), identificando las variables que –en la opinión de los estudiantes– determinan las acciones previas para dar forma al diseño. En el caso de los estudiantes de Diseño las variables A1 (C.V.= 0,14); A2 (C.V.= 0,14); A3 (C.V.= 0,12); A4 (C.V.= 0,14); A6 (C.V.= 0,15); A8 (C.V.= 0,14) obtuvieron los valores más consistentes y homogéneos. En el caso de los estudiantes de Ingeniería correspondieron a A1 (C.V.= 0,15); A2 (C.V.= 0,15); A3 (C.V.= 0,16); A8 (C.V.= 0,14); A13 (C.V.= 0,13). Los resultados respecto de las variables seleccionadas son consistentes y homogéneos en la gran mayoría de las acciones más votadas.

Siguiendo este planteamiento, se observa un espacio conceptual común de desenvolvimiento como se describe, en el modelo conceptual propuesto, basado en los resultados obtenidos (ver figura 2).

#### CONCLUSIONES

En los resultados obtenidos, se encuentran concordancias significativas que definen las acciones y tareas comunes que se realizan durante el proceso de diseño conceptual. Los grupos estudiados concuerdan en que las acciones conceptuales procedimentales que deben estar previamente definidas para dar forma al diseño, se sustentan en una estructura de modelado a partir de la definición de las especificaciones del diseño, los requerimientos, planteamiento de objetivos y en una buena definición del concepto.

Se observa también que en la actividad clave de diseño conceptual, las acciones y tareas iniciales en el arranque del proceso, definen las directrices de nivel superior que guiarán al diseñador en todo momento durante el proceso proyectual. A diferencia de los planteamientos actuales, que indican que el trabajo que desarrollan tanto el Diseño como la Ingeniería se realiza de manera independiente y no se integran muchas veces durante el proceso, los resultados aportan información relevante que indica lo contrario, ya que no habría diferencia sustancial al momento de modelar la estructura conceptual multidisciplinariamente, al configurar el proceso previo al desarrollo que se lleva a cabo.

Uno de las definiciones más acertadas compartidas por el autor y validadas en la revisión de la literatura, es que las actividades y acciones del diseño obedecen al principio de granularidad y tienen la capacidad de descomponerse en otras más pequeñas de realización simple o complementaria.

Se confirman los planteamientos de Jin & Li (2007), que señalan que este tipo de combinaciones progresivamente van modelando y configurando la forma del producto. También en lo señalado por Hsiao & Watada (2010, citando a Takeda, 1994), quienes indican que la solución de diseño se obtiene por las diferentes maneras de utilizar y satisfacer las especificaciones de diseño por medio de acciones combinadas de Diseño e Ingeniería.

Se observa también que en la actividad clave de diseño conceptual, las acciones y tareas iniciales en el arranque del proceso, definen las directrices de nivel superior que guiarán al diseñador en todo momento durante el proceso proyectual.

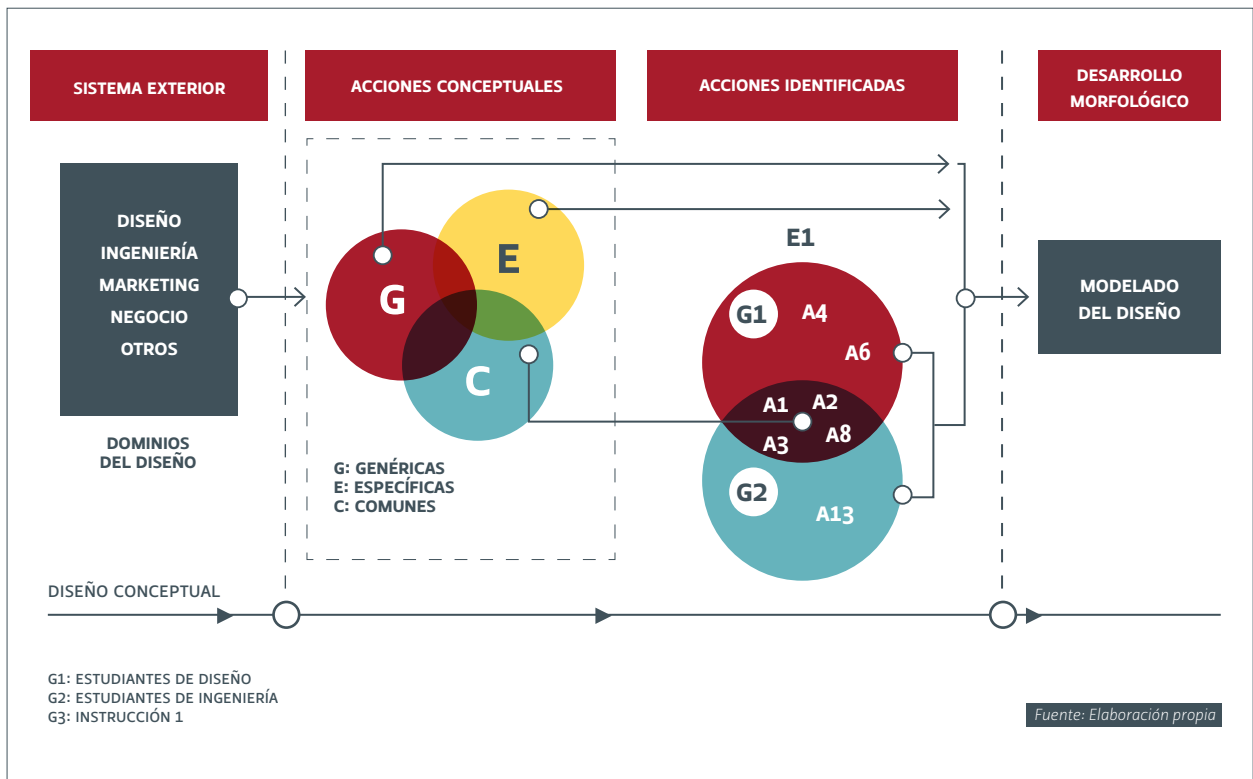
*It is also observed that in the key activity of conceptual design, actions and initial tasks in the beginning of the process, define the main guidelines that will orient the designer at all times during the design process.*

*indicates otherwise, since there would be no substantial difference at the time of modeling the conceptual structure in a multidisciplinary way, when the process is prior to the development that is taking place.*

*One of the most accurate definitions shared by the author and validated in the review of the literature, is that the activities and actions of design obey the principle of granularity and have the capacity to decompose into smaller ones of simple or complementary realization.*

*The statements of Jin & Li (2007) are confirmed, which indicate that this type of combinations progressively shape and define the form of the product. In addition, the affirmation of Hsiao & Watada (2010, citing Takeda, 1994), who indicate that the design solution is obtained by the different ways of using and satisfying design specifications through combined Design and Engineering actions, is also confirmed.*

**Figura 2: Estructura del modelo del proceso de diseño conceptual previo al diseño de la forma / Figure 2: Structure of the model of the conceptual design process previous to the design of the form**



---

## REFERENCIAS / REFERENCES

- Alcaide, J., Diego, J., & Artacho M. (2001), *Diseño de Producto, el proceso de diseño*. Editorial UPV, pp. 17-20.
- Atman, C, Kilgore, D., & Mckenna, A. (2008), "Characterizing design learning: A mixed methods study of engineering designers use of lenguaje", *Journal of Engineering Education*, 97(3), 309-326. doi: 10.1002/j.2168-9830.2008.tb00981.x
- Corral, Y. (2010), "Diseño de cuestionarios para recolección de datos", *Revista Ciencias de la Educación*, 20(36), 152-168.
- Cross, N., (2002), *Métodos de Diseño: estrategias para el diseño de productos*. Editorial Limusa, pp. 11-31.
- Dorst, K. (2007), "The Problem of Design Problem", *Expertise in Design, Design Thinking Research Symposium 6*. Sidney: Creativity and Cognition Studios Press.
- Dym, C. & Little, P. (2006), *El Proceso de Diseño en Ingeniería*. Editorial Limusa-Wiley, pp. 30-41.
- González, A., Calleja, V., López, L., Padrino, P., & Puebla P. (2014), "Los estudios de encuestas. Métodos de Investigación en Educación Especial". Universidad Autónoma de Madrid, disponible en: [http://www.uam.es/personal\\_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Encuesta\\_doc.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Encuesta_doc.pdf)
- Guerrero, M., Hernandis B., & Agudo B. (2014), "Estudio comparativo de las acciones a considerar en el proceso de diseño conceptual desde la ingeniería y el diseño de productos", *Ingeniare, Revista chilena de ingeniería*, 22(3), 398-411.
- Hansen, C., & Andreasen, M., (2003), "A proposal for an enhanced design concept understanding", International Conference on Engineering Design, ICED-03.
- Hao, J., & Ching-Chiuan, Y. (2010), "Understanding Senior Design Students Product Conceptual Design Activities a Comparison Between Industrial and Engineering Design Students", Design Research Society -DRS, International Conference Design & Complexity.
- Hernandis B. & Briede J.C. (2009), "An educational application for a product design and engineering systems using integrated conceptual models", *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 17/3, pp. 432-442.
- Hsiao, Y., & Watada, J. (2010), "Shape Design of Products Based on a Decision Support System", *Handbook on Decision Making*, 4, pp 55-84. doi: 10.1007/978-3-642-13639-9\_3
- Jin, Y., & Li W. (2007), "Design concept generation: A hierarchical co-evolutionary approach", *Journal of Mechanical Design*, 129(10), 1012-1022. doi: 10.1115/1.2757190
- Mosborg, S., Adams, R., Kim, R., Atman, C., Turns J., & Cardella M. (2005), "Conceptions of the Engineering Design Process: An Expert Study of Advanced Practicing Professionals", American Society for Education Annual Conference & Exposition,
- Mulet, E.. (2003), "Análisis Experimental y Modelización Descriptiva del Proceso de Diseño". Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, pp. 4-5.
- Nguyen, T., & Zeng Y. (2010), "Analysis of Design Activities Using EEG Signals", International Design Engineering Technical Conference & Computers and Information in Engineering Conference, IDETEC/CIE.
- Otto, K., & Wood, K. (2001), *Product Design, Techniques in Reverse Engineering and New Product Development*. Editorial Prentice Hall, pp 148-153, 414-419.
- Popovic, V. (2004), "Expertise development in product design - strategic and domain-specific knowledge connections", *Design Studies* 25(5), 527-545.
- Ralph, P. & Wand, Y. (2009), "A proposal for a formal definition of the design concept", Design Requirements Workshop, Lecture Notes on Business Information Processing. Springer-Verlag, Berlin, pp. 103-136.
- Restrepo, J., & Christiaans, H. (2004), "Problem Structuring and Information Access in Design", *Journal of Design Research*, 4(2), 1551-1569.
- Reymen, I.M.M.J., Hammer, D.K., Kroes, P.A., Van Aken, J.E., Dorst, C.H., Bax, M.F.T., & Basten T. (2006), "A domain-independent descriptive design model and its application to structured reflection on design processes", *Research in Engineering Design*, 16(4), pp. 147-173.
- Sim, S.K., & Duffy, A., (2003), "Towards an ontology of generic engineering design activities", *Research in Engineering Design*, 14(4), pp. 200-223.
- Suh, N. P. (1995), "Designing in of Quality Through Axiomatic Design", *IEEE Transactions of Reability*, 44(2), pp. 256-257.
- Taura, T., & Nagai, Y. (2013), *Concept generation for design creativity: A systematized theory and methodology*. Springer-Verlag, pp. 9-20.
- Ulrich, K., & Eppinger S.D. (2004), *Diseño y Desarrollo de Productos: enfoque multidisciplinario*. México: Editorial Mc Graw Hill, 3ª edición.