

Propiedades de las representaciones en diseño: una exploración interdisciplinaria de su rol funcional

Resumen

Un repertorio interdisciplinario de las propiedades de las representaciones externas en diseño, tales como los *sketches*, es propuesto para explorar el rol funcional de dichas representaciones. Las propiedades y las funciones de las representaciones son múltiples. Sin embargo, invariablemente se estudian desde enfoques cognitivos o de diseño computacional, por lo que ciertos fenómenos, importantes para diferentes disciplinas del diseño, quedan por fuera. Consecuentemente, una revisión interdisciplinaria, documental, descriptiva y explicativa de la literatura se usa para aportar elementos de respuesta alrededor de tres preguntas: ¿qué son las representaciones, en ciencias duras y en diseño? ¿Cuáles son sus propiedades? ¿Y sus funciones? Así, primero, establecemos entonces elementos básicos sobre las representaciones en diseño; segundo, construimos un repertorio de las propiedades con un enfoque interdisciplinar, dando cuenta de consideraciones teórico-empíricas y elaborando las definiciones aportadas a través de múltiples argumentos basados en diferentes ciencias o disciplinas y en la práctica del diseño. Tercero, proponemos un esquema exploratorio y correlacional sobre la relación de dichas propiedades con las funciones. Por último, ofrecemos conclusiones, planteando vías de investigación futuras. Sugerimos cómo teorías procedentes de campos distintos, pueden combinarse, para desarrollar una teoría más comprensiva. El repertorio de propiedades puede ser útil para quien desee modelar el proceso de diseño y sus representaciones o para quien investigue sobre los métodos de representación.

Jorge Maya

Ph. D. en Ingeniería Mecánica
Profesor Titular, Universidad EAFIT -
Medellín, Colombia

Correo electrónico:
jmayacas@eafit.edu.co

 orcid.org/0000-0003-1514-8000

Google Scholar

Ever Patiño Mazo

Magíster en Ingeniería
Profesor Asociado, Universidad
Pontificia Bolivariana
Medellín, Colombia

Correo electrónico:
ever.patiño@upb.edu.co

 orcid.org/0000-0001-9307-8920

Google Scholar

Recibido: abril 25 de 2018

Aprobado: junio 05 de 2019

Palabras clave:

Diseño e interdisciplinaridad,
diseño y cognición,
representación, representación
externa, *sketch*.



Properties of design representations: an interdisciplinary exploration of their functional role

Abstract

An interdisciplinary repertoire of the properties of external representations in design such as *sketches*, is proposed to explore the functional role of such representations. The properties and functions of the representations are multiple. However, they are invariably studied from cognitive approaches or computational design reason why certain phenomena, important for different disciplines of design, are left out. Consequently, an interdisciplinary, descriptive and explanatory review of the literature is used to provide elements of response around the following three questions: what are representations in hard sciences and in design? What are their properties? And, what are their functions? Thus, basic elements about representations in design are established in the first place and, secondly, a repertoire of properties with an interdisciplinary approach, giving account of theoretical-empirical considerations and elaborating the definitions provided through multiple arguments based on different sciences and/or disciplines and in the practice of design, is built. In the third place, an explorative and correlational scheme on the relationship of these properties with the functions is proposed. And, finally, conclusions suggesting future research paths are offered. The way in which theories from different fields can be combined to develop a more comprehensive theory is suggested. The repertoire of properties can be useful for those who want to model the design process and its representations or for those researching the representation methods.

Key words:

Design, design cognition, external representation, interdisciplinarity, mental representation, sketch.

Introducción

Las representaciones internas, en la mente del diseñador, y externas, sobre algún soporte físico, son fundamentales en el proceso de diseño. Las externas buscan presentar de alguna manera un modelo tangible de un contenido mental. Dentro de la tipología de representaciones en diseño, el *sketch* o boceto rápido, es quizás la única omnipresente en prácticamente todas las disciplinas del diseño; por este motivo lo usaremos como ejemplo en este artículo. El *sketch* es utilizado desde las primeras etapas del diseño. Son una forma simple y ágil de plasmar ideas con sólo unos trazos de manera tal que se comienza a prefigurar lo que será un diseño más definitivo. Su facilidad de realización conlleva múltiples ventajas: son económicos materialmente, ya que usan medios mínimos; cognitivamente, en vista de que prefiguran y exploran, aplazan el juicio, antes que exigirlo; y afectivamente, ya que, si son evaluados negativamente, no nos apegamos a ellos, podemos descartarlos y reiniciar de forma fresca el proceso. El *sketch*, como primer esbozo de la figura geométrica, al poseer ciertas propiedades perceptuales y cognitivas (unidad, variedad, elementos típicos o novedosos), es el fundamento de la percepción estética del objeto siendo diseñado. Para agilizar la lectura, siempre diremos *representaciones* al referirnos a *representaciones externas*; para las internas usaremos ambas palabras.

Los diseñadores actúan sobre las representaciones de los productos que están diseñando, rara vez sobre los objetos mismos (Reymen & Hammer, 2000). Las representaciones son entonces omnipresentes y cruciales en el proceso de diseño. No obstante, el estudio de las propiedades de las representaciones mismas y de su funcionamiento, es particularmente difícil al encontrarse en el cruce de varias áreas de investigación: la cognición de diseño, la psicología del pensamiento, la cognición visual, la metodología de diseño, la creatividad, el dibujo y la psicología estética en diseño. Esta multidisciplinariedad ha

causado que las diversas revisiones que buscan analizar las representaciones y explicar cómo funcionan durante el proceso de diseño, presenten ciertas limitaciones: son parciales, dando cuenta solamente de ciertas propiedades de la representación o del proceso de generarlas; no utilizan un lenguaje compatible y comprensible entre las diversas áreas; son un conocimiento fragmentado, al estar presentes en publicaciones de muy diversas disciplinas; y finalmente, muchas veces son anecdóticas, es decir, no basadas en un estudio sistemático y riguroso del fenómeno.

Las funciones de las representaciones son múltiples: creativas, de soporte cognitivo, de diseño, metodológicas, comunicativas, etc. Sin embargo, invariablemente se estudian desde enfoques cognitivos o de diseño computacional, con lo que una cantidad de fenómenos, situaciones y conceptos de importancia para diferentes disciplinas del diseño quedan por fuera. Consecuentemente, buscamos introducir el elemento interdisciplinar a través de una revisión de las propiedades de dichas representaciones. Buscamos entonces señalar cómo teorías procedentes de campos distintos, pueden combinarse o tenderse puentes entre ellas, para desarrollar una teoría más comprensiva acerca de las representaciones en diseño.

20

La representación es el punto de encuentro de los procesos cognitivos del diseñador, de su comportamiento y de las reglas de producción de lo representado (Visser, 2010). Consideramos entonces que solucionar la pregunta fundamental en cognición de diseño, i.e., con qué reglas opera el diseñador al solucionar un problema (Goldschmidt, 1999, p. 533), pasa por entender el rol que las representaciones desempeñan allí. Además, la modelación de estos procesos es clave en la prescripción de métodos de diseño.

Motivación

Los diferentes modelos o marcos conceptuales propuestos alrededor de la representación en diseño no presentan un acento en los aspectos interdisciplinarios, enfocándose en explicar dicho fenómeno desde sus aspectos cognitivos (Goldschmidt, 2014) o de diseño computacional (Gero, 1994). En contraste, aquí buscamos vincular la representación con otras áreas del diseño que tradicionalmente no han tenido el apoyo de ciencias duras, tales como el diseño industrial, gráfico, de modas, el diseño y desarrollo de nuevos productos (*New Product Development*), el diseño arquitectónico y el diseño en ingeniería.

Hasta hoy no existen estudios que aborden así este fenómeno, lo cual puede ser de interés para quienes lo exploren de forma transversal o que deseen entender la complejidad e imbricaciones teórico-prácticas que presenta. Más aún, hay una comprensión limitada sobre las conexiones que entretejen diversos elementos de la representación, especialmente sobre sus propiedades y atributos y la relación de éstos con las funciones de dichas representaciones.

Se daría cuenta entonces de la representación como fenómeno multidimensional lo cual contribuiría a mejorar su comprensión. Finalmente, existen múltiples modelos de un proceso fundamental en diseño: la generación de la forma. Sin embargo, no existe un concepto federador o común entre todos ellos. Creemos que el concepto de representación puede serlo.

Propósito

Buscamos aportar conceptos interdisciplinarios para estudiar las propiedades y funciones de las representaciones en diseño, integrando literatura dispersa en

muchos dominios diferentes. Creemos que una comprensión interdisciplinaria de la representación ayudaría a explicar en detalle cómo la representación en diseño articula a su alrededor la creatividad, el pensamiento, la habilidad de dibujo, la estética y otros conceptos fundamentales.

Buscamos aportar en otros puntos diversos: los conceptos presentados son fructíferos en la descripción de situaciones de diseño ya que son analíticos. Esto es esencial para modelar diversas etapas o situaciones del proceso de diseño. Además, brindamos elementos para tener una mejor comprensión de cómo sucede el diseño en su práctica cotidiana, estudiando las representaciones generadas. Estos elementos son interesantes también para quien investigue diversos aspectos del proceso de diseño ya que servirían para diseñar la operacionalización de estudios empíricos sobre el tema o para quien trabaje en cómo mejorar o crear nuevos métodos o herramientas de representación en diseño.

Este trabajo tiene entonces dos propósitos: primero, identificar cuáles son las propiedades de las representaciones partiendo de una revisión interdisciplinaria de la literatura, y segundo, explorar cuál es la relación que mantienen dichas propiedades con las funciones de las representaciones mismas.

22

Método

Una extensa revisión interdisciplinaria de la literatura se usa como base para proponer elementos de respuesta alrededor de tres preguntas: ¿qué son las representaciones, en ciencias duras y en diseño?, ¿cuáles son sus propiedades?, ¿cuáles sus funciones? Esta propuesta da cuenta de consideraciones teórico-empíricas, al elaborar en detalle las definiciones aportadas a través de múltiples argumentos lógicos, empíricos, basados en diferentes ciencias o disciplinas y en la práctica del diseño. Nuestro enfoque busca ser científico, basándonos mayormente en trabajos validados empíricamente.

Se pueden proponer innumerables propiedades de un objeto cualquiera; sólo basta con pararse en un campo de conocimiento para identificar cuáles aplican o no al objeto. Podríamos proponer, por ejemplo, propiedades de las representaciones en diseño desde el punto de vista de la teoría de sistemas, lo cual sería interesante, ¿pero sería relevante? La pregunta sobre cómo seleccionar las propiedades y su pertinencia surge entonces. Consideramos pertinentes las propiedades que de una forma u otra influyen sobre el funcionamiento de las representaciones en diseño, o más ampliamente, que intervengan en ciertas partes del proceso de diseño. Una revisión de dichas funciones, sucinta para el efecto, se impone en consecuencia. Ahora, ¿cómo seleccionar las funciones de las representaciones? Goldschmidt (2014) en vez de función, en particular, habla del rol de las representaciones, en particular del *sketch*, en la ideación en diseño, pero sin precisarlo. Nosotros consideramos como funciones de las representaciones aquellas acciones que ellas ejecutan o en las que intervienen, ayudando a pensar al diseñador, o propiciando que él actúe durante los diferentes subprocesos del proceso de diseño (Roozenburg & Eekels, 1995).

El resto del artículo está ordenado así: la sección tres establece elementos básicos acerca de qué es una representación en diseño, define las propiedades de las representaciones y elabora sobre la relación de dichas representaciones con las funciones; la cuarta ofrece conclusiones y sugiere vías de investigación futuras.

Las representaciones en diseño

¿Qué es una representación en diseño?

En el lenguaje cotidiano una representación es un objeto que vuelve tangible algo que está en la mente de la persona, usando palabras o cualquier otro medio

perceptible a los sentidos, como dibujos, modelos tridimensionales, sonidos, texturas, etc. (DRAE). Una representación es un modelo de la cosa o cosas que representa. En ciencias cognitivas una representación interna consiste en un estado mental, que corresponde a algo del mundo que es representado y que porta información usada por el sujeto para pensar y actuar (Markman, 2005). Existe evidencia de que hay varios tipos de presentaciones mentales de imágenes: modelos mentales, modelos 3D e imágenes 2D.

Sostienen Visser (2010, p. 2) y Galle (1999, p. 57) que, desde un punto de vista cognitivo, diseñar es construir representaciones. Diseñar es especificar un artefacto y dicha especificación se hace a través de representaciones externas (Visser, 2010). Además, el resultado del diseño es otra representación. Existe consenso en admitir que la representación es el medio sobre el cual se comunican los actores del proceso de diseño, y a través del cual interactúan (Goldschmidt & Porter, 2004).

En diseño se considera que hay representaciones internas y externas (Goldschmidt, 2004). Las internas son representaciones en la mente del diseñador, comúnmente estudiadas en las ciencias cognitivas. Las externas son materiales y concretas, buscando exteriorizar una representación mental del diseñador, es decir, ser un símil o simulación de la representación mental del objeto. En diseño existe una amplia variedad de tipos de representaciones externas, siendo los dibujos rápidos, llamados bocetos o *sketches*, un tipo fundamental sobre todo en las etapas de diseño conceptual. Pei, Campbell y Evans (2009) presentan una taxonomía de 35 tipos diferentes de representaciones 2D y 3D usadas en diseño.

Es posible reformular desde el diseño las preguntas centrales que las ciencias cognitivas se hacen sobre las representaciones (Markman, 2005; von Eckardt, 1999). Las preguntas serían: 1) entender cómo la estructura mental del diseñador

influencia la facilidad con la cual los aspectos del mundo representado son codificados en su mente; 2) comprender cómo una representación de un objeto permite al diseñador ir más allá de la información que sobre el objeto haya en el mundo (Markman, 2005); en otras palabras, cómo el diseñador infiere o deduce informaciones a partir de sus representaciones y cómo, a partir de procesos de transformación de lo representado, el diseñador efectivamente hace que sus soluciones de diseño presenten aspectos novedosos.

Propiedades y atributos de las representaciones en diseño

En esta sección plantearemos algunas propiedades que poseen las representaciones en diseño. Se puede diferenciar entre la propiedad, que es física y medible objetivamente en la representación y el atributo, que es atribuido o inferido por un usuario de la representación externa, y que, por lo tanto, solo es medible por medios indirectos. Así, muchas propiedades pueden ser atributos a la vez. La propiedad pertenecería al objeto, pero cuando se desliza hacia el observador, sería un atributo (c.f. von Foerster (1996) en: Prigogine & Fried-Schnitman (1996)).

1. Isomorfismo estructural

El sujeto representa en su mente aspectos de un objeto por medio de ciertos aspectos del objeto mismo. El conjunto de relaciones que constituyen la representación y el conjunto de relaciones que constituyen el objeto representado, son isomorfos entre sí (von Eckardt, 1999, p. 528; Perini, 2004, p. 43), es decir, poseen una estructura similar. Esta explicación hace parte de la teoría del isomorfismo estructural que explica cómo se crea una representación mental en términos de estructura (Von Eckardt, 1999, p. 528). Los invariantes perceptivos son los que permiten entender cómo la información estructural del dibujo puede ser almacenada o recuperada desde el mismo (Massironi, 2001,

p. 26). Las propiedades invariantes de la información visual son la base que permite que percibamos de forma estable el mundo visual (Massironi, 2001, p. 26). Tal como son definidos por Gibson (1966), los invariantes no cambian bajo transformaciones temporales o proyectivas. Esta propiedad fundamental intervendría en la generación de las representaciones visuales internas, partiendo de la percepción, y en la creación de las representaciones externas, por ejemplo, a través del dibujo.

2. *Granularidad*

Es la propiedad de la representación de presentar pocos o muchos detalles. Algunas representaciones pueden ser elaboradas y precisas, presentando entonces una alta granularidad. Otras son bosquejos rápidos y burdos de ideas iniciales, con una baja. Cuando varios diseñadores en diferentes ubicaciones hacen diseño simultáneamente sobre las mismas partes de un producto, ayudándose de un sistema computacional interconectado, es muy importante una alta granularidad que garantice un intercambio de informaciones preciso y detallado (Petiot & Yannou, 2004). Los detalles pueden ser características o atributos. Las características son físicas por definición y determinables. Los atributos son conferidos por el observador al objeto, por lo tanto, son subjetivos y no completamente determinables.

3. *Nivel de abstracción*

Las representaciones pueden ser concretas o abstractas (Snodgrass, 2005). Las concretas son aquellas que tienen un parecido físico con el objeto que representan. Las representaciones proposicionales, que usan el lenguaje natural, son abstractas ya que no son parecidas físicamente al objeto que representan (Snodgrass, 2005). Por ejemplo, la palabra *mesa* no se parece al objeto representado. Los dibujos de línea que representan objetos poseen la virtud de ser fácilmente reconocibles aun por niños que nunca han sido expuestos a dibujos. Sin embargo, los dibujos de línea son abstractos en la

medida en que magnifican ciertas propiedades del objeto representado (por ejemplo, la geometría o la disposición relativa entre las partes, abandonando el material o el color (Ramachandran, 2011, p. 221)). El nivel de abstracción está relacionado con el grado de ambigüedad en la representación (Snodgrass, 2005). Existe en realidad un continuo entre lo abstracto y lo concreto, por ejemplo, desde una idea vaga de principio solución hasta un dibujo técnico detallado (Eisentraut & Günther, 1997, p. 378). Así, la gradación abstracto-concreto puede estar en relación con la ideación o concreción material en diseño conceptual.

4. *Escala*

Es la relación entre el tamaño real del objeto y el tamaño representado. Las representaciones pueden estar en escala o no (Goldschmidt & Porter, 2004) y pueden utilizar o no una escala convencional para la disciplina. Cuando una representación usa una escala muy grande, se corre el riesgo de ignorar o de imposibilitar la representación de detalles que, en dicha escala, debido a su tamaño mínimo, serían difícilmente producibles con la habilidad de dibujo del diseñador. Esto puede suceder en representaciones de tipo arquitectónico.

5. *Tipo de lenguaje*

Pueden ser pictóricas, escritas o expresadas en un lenguaje de símbolos (Goldschmidt & Porter, 2004). En diseño son usuales las representaciones que presentan los tres tipos de lenguaje a la vez, por ejemplo, los planos técnicos.

6. *Dimensionalidad*

Define el número de dimensiones utilizado en la representación. Algunas representaciones son tridimensionales, pero la mayoría son bidimensionales o simulaciones 3D en un monitor de computador (Goldschmidt & Porter, 2004). Pueden existir también representaciones conceptualmente unidimensionales, por ejemplo, si se representa sobre una línea la posición que presentan diversos

productos evaluados en dicha dimensión, por ejemplo, un orden entre bonitos y feos (Malhotra, 1998).

7. Propiedades generadoras de la forma

Aquí se incluyen los puntos, planos, figuras, volúmenes, y texturas y en general, la estructura, que conforman lo representado. Pueden analizarse de diversas maneras (Tjalve, 1979; Ching, Juroszek, 2010; Massironi, 2001; Wallschlaeger, Busic-Snyder, & Morgan, 1992; Wong, 1993).

8. Propiedades para el procesamiento perceptivo

Estas propiedades intervienen en la percepción de la apariencia de la representación en tres niveles (Goldstein, 2008; Nefs, 2008). 1) el nivel de las propiedades físicas del objeto. Gibson (1966), citado por Nefs (2008), sostenía que la comprensión de la percepción pasaba por el entendimiento de las propiedades físicas del mundo. 2) Los correlatos físicos de las propiedades del objeto percibido; es decir, aquellas que establecen la relación entre el mundo físico y el mundo mental, y, 3) las propiedades mentales. Es claro que la forma percibida debe corresponder de manera confiable a la forma física, de otra forma los perceptos serían inútiles para el observador (Nefs, 2008). Es importante esta distinción ya que la forma física en sí misma no es lo que procesa el sistema perceptual del observador. Por ejemplo, se sabe bien que una misma figura iluminada desde distintos ángulos puede lucir diferente (Nefs, 2008). Para la visión, en particular, en 1) hay que definir las propiedades físicas y matemáticas de la figura, el material, la iluminación y el color; en 2), estas propiedades poseen sus correlatos (Nefs, 2008), correspondiendo a procesos visuales de bajo nivel (Peterson, 2008). En 3) se dan múltiples procesos de alto-nivel que pueden ser analizados desde teorías diferentes, por ejemplo, la teoría de la Gestalt.

9. *Grado de convención*

Las representaciones pueden adherir a convenciones (p.ej., normas de dibujo técnico) o interpretar libremente una entidad diseñada (Goldschmidt & Porter, 2004). Muchas obras explican los diferentes convenciones y procedimientos necesarios para adecuar un dibujo a diversos propósitos, tales como ilustrar, esquematizar, diagramar, construir, etc. (Massironi, 2001; Eissen & Steur, 2014). A los estudiantes de diseño se les enseñan formas especializadas de representación como fundamento de su educación (Eastman, 2001).

10. *Grado de consistencia*

Se refiere a cuán coherente es el grado de explicación entre el todo y las partes de una representación. Así, con una alta consistencia, el diseñador puede explicar completa y detalladamente un diseño; con una baja consistencia, solo explicaría diferentes partes con diversos grados de detalle (Goldschmidt & Porter, 2004).

11. *Propiedades particulares del producto o de su contexto*

Además de los tres niveles de la experiencia del usuario, semántico-estético-emocional (Hekkert & Schifferstein 2008, p. 4), típicamente, las representaciones de productos en diseño involucran información de diverso tipo, dependiendo de los campos de diseño específicos. Por ejemplo, en diseño industrial se habla de lo funcional, al explicar las acciones prácticas que realiza el producto (Otto & Wood, 2000). También hay propiedades ligadas a la usabilidad y otras que son afectivas, pero que no hacen parte de los tres niveles señalados. Estas conciernen, tanto aspectos cognitivos (lo que piensa el usuario y cómo entiende el sistema), afectivos (su personalidad y actitud frente al producto y la marca) y comportamentales, es decir, conductas visibles y representables sobre un medio que dan pistas sobre su afecto y cognición (Desmet & Hekkert 2007, p. 59). Como ejemplo, los *journey maps* son una herramienta que representa simultáneamente algunas de estas propiedades.

12. *Opacidad*

Las representaciones solo muestran de forma visible algunos elementos del producto al ser diseñado; la opacidad se refiere entonces al grado en que parte de dichos elementos y sus relaciones no son visibles a quien observará la representación (Eisentraut & Günther, 1997). Las representaciones deben dejar de visualizar contenidos mentales si quieren funcionar de forma eficaz; son una manera de distorsionar la verdad para poder decir una verdad más amplia (Tversky, 2011). Por ejemplo, un plano técnico representa con precisión la geometría del producto. Sin embargo, variables como el color, texturas o acabados, que vehiculan la estética del producto, no son mostradas; no obstante, para el observador es claro que el objeto debe poseerlas. Otro ejemplo son los sitios web cuya información sobre su navegación es implícita, pero siendo ocasionalmente visibilizada en el mapa del sitio.

13. *Propósito*

Con qué objetivo de diseño se hace la representación (Goldschmidt & Porter, 2004), comúnmente: plasmar, explorar, explicar y persuadir (Eissen & Steur, 2014). Se corresponden con el tipo de representación: un *rendering* persuade; un plano técnico explica. Algunas representaciones tienen doble propósito: un *sketch* explora y explica simultáneamente. Visser (2007) propone cuatro tipos de propósitos según áreas clave: personales, sociales, estéticas y técnicas. Para el *sketch*, Olofsson y Sjolen (2005) proponen: investigación, exploración, explicación y persuasión.

14. *Modalidad sensorial* (Goldschmidt & Porter, 2004)

Se refiere a la manera particular como se encuentran codificados los elementos que conforman la representación en función de las capacidades de un sentido perceptivo humano o de una combinación de éstos. Texto, sonidos, imágenes estáticas o en movimiento o texturas son diferentes modalidades.

15. *Medio*

Es el medio físico o una combinación de ellos, a través del cual se plasma la representación (Goldschmidt & Porter, 2004). Medios comunes son aquellos para trazar (lápices, bolígrafos y marcadores). Los soportes reciben, retienen y visibilizan el trazo; papel, computadores y software son soportes usuales. Los formatos (un tamaño y forma convencional) dependen de los soportes. La realidad virtual como medio de representación en diseño ha atraído el interés en los últimos años debido a la combinación de modalidades sensoriales que es posible lograr con ella. Finalmente, la oposición manual-digital establece si la representación fue obtenida a través de medios manuales o digitales, o como combinación de ambas modalidades (Pei, 2013). Pei (2013) ofrece una clasificación detallada.

16. *Complejidad*

Existen múltiples definiciones del constructo complejidad visual y por ende muchas maneras de operacionalizarlo (Mogford et al., 1995). Se ha señalado que es un constructo multidimensional que exige medidas tanto objetivas como subjetivas (Marin & Leder, 2013). Self, Lee y Bang (2015) han señalado que las representaciones de diseño conceptual y del detalle son particularmente resistentes a las medidas objetivas de complejidad (Ngo & Byrne, 1998). La complejidad parece ser relativa al observador (Xing & Manning, 2005). Siguiendo a Edmonds (1999), la complejidad es una propiedad de la representación que hace que ésta sea difícil de explicar, aunque se haya dado información casi completa acerca de sus componentes y sus interrelaciones. Xing y Manning (2005) sostienen, después de una extensa revisión sobre cómo se define y se mide la complejidad en diversos campos y disciplinas, que esta está compuesta por una trinidad: el número de elementos (o tamaño), la variedad y sus relaciones o reglas estructurales entre ellos.

17. *Propiedades semánticas*

Son las propiedades que conciernen la significación de lo representado. Hay excelentes obras que profundizan en el tema (Eco, Jakobsen, etc.). Tienen que ver con las relaciones entre los signos y los referentes de la representación (Goodman, 1976). Por ejemplo, C.S. Peirce establece una distinción entre lo icónico, lo indicial y lo simbólico, distinguiéndolos debido al tipo de relación que existe entre el signo y su referente. Las propiedades semióticas permiten trasladar los signos de un sistema (una representación visual por ejemplo visual) a signos en otro sistema (simbólico) (Goguen & Harrell, 2004). Las propiedades semánticas pueden estudiarse desde diferentes enfoques: semióticos, semiológicos, lingüísticos o sociolingüísticos.

18. *Propiedades sintácticas*

Son propiedades tales como balance, tensión, nivelación, aguzamiento, positivo-negativo, etc., que definen la disposición ordenada de las partes de una representación buscando vehicular un significado visualmente (Dondis, 1974) y permitiendo entender las relaciones entre los elementos visuales (Leborg, 2006). Su definición se hace a través del proceso de composición. A diferencia de la sintaxis del lenguaje hablado, no existen reglas formalizadas para la sintaxis visual (Dondis, 1974).

19. *Repleción (repleteness)*

Goodman (1976) asocia esta propiedad especialmente con representaciones pictóricas: es la medida en que todas las propiedades del objeto representado están implicadas en la forma en que se representa. Así, en una ilustración con colores y líneas, si el tipo de líneas o los colores se cambiasen podrían alterar potencialmente el significado o identidad de la imagen. En términos más generales, la repleción implica que la respuesta psicológica-afectiva del observador podría verse alterada o influenciada por un solo elemento específico

de la representación. La repleción está relacionada con la saliencia visual o más ampliamente con la saliencia perceptiva¹. La mayor saliencia visual de una representación la posee la parte que atrae la atención del observador a primera vista (Zhao et al., 2014). La saliencia perceptual de atributos desempeña un rol importante en las decisiones de compra (Hutchinson & Alba, 1991). La saliencia visual ha sido utilizada como un mecanismo básico en procesamiento de imágenes y visión artificial (Itti, Koch & Niebur, 1998; Zhao et al., 2014).

20. *Propiedades estructurales*

La estructura en el lenguaje cotidiano es la disposición y relaciones entre las partes de un todo complejo. La estructura en una escala, es decir, los elementos más pequeños, siempre da lugar a estructura en otro nivel (Smith, 1982). Por ejemplo, figura 1 arriba, los diferentes elementos de una tipografía específica pueden considerarse de bajo nivel estructural (asta, brazo, pierna, hombro, cola, etc.). En diseño tipográfico se trata del vocabulario básico que permite entender la estructura subyacente de una tipografía (fonts.com 2018). En un nivel medio, figura 1 medio, dan lugar a un alfabeto distinguible de otras tipografías. El párrafo de texto, figura 1 abajo, forma una estructura diferente, al nivel más alto. En el nivel más bajo de la estructura cada parte es dependiente del todo y viceversa (Smith, 1982). Los diferentes niveles estructurales corresponden usualmente a jerarquías de diferentes tipos presentes en el producto (Smith, 1982): de información, de funciones, de construcción, etc. Las representaciones visuales tienen la ventaja de vehicular no solo contenido sino también estructura a la vez, sin necesidad de usar palabras (Tversky, 2011).

¹ La saliencia perceptiva, *perceptual salience* o *saliency*, es la cualidad por la cual un objeto sobresale respecto sus alrededores; es un mecanismo atencional básico estudiado en la percepción visual (Schneider & Shiffrin, 1977).



ABCDEFGHIJKLMNPOQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnpqrstuvwxy

"Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum."

ABCDEFGHIJKLMNPOQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnpqrstuvwxy

"Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum."

Figura 1. Tres niveles estructurales en la tipografía (Maya, J.).

21. Reglas de producción (Goldschmidt & Porter, 2004)

Son las reglas que permiten que se construya la representación. Son inherentes a toda representación, pero permanecen tácitas la mayor parte del tiempo. Esto presenta dos salvedades: una, en los cursos en donde se enseña cómo representar externamente, estas reglas son explicitadas por los profesores o se les pide a los alumnos que las expliciten al pedirles explicaciones; dos, cuando el representador encuentra una dificultad en el proceso de representar: a través de la introspección él o ella pueden volver consciente las reglas que están fallando o que les permitirán superar la dificultad.

Las reglas de producción cambian según el medio seleccionado (Goldschmidt & Porter, 2004) y según el objetivo de la tarea de representación. Quizás las reglas más importantes conciernen los isomorfismos geométricos (von Eckardt, 1999, p. 528). Por ejemplo, un *sketch* debe conservar las longitudes, orientaciones y posiciones relativas de las líneas respecto a la representación mental. Otra regla, generalmente tácita, es el representar un borde con una línea (así este sea redondeado); etc. Estas reglas de producción son muy numerosas; pueden ser altamente idiosincráticas o altamente convencionales (tal como sucede en el dibujo técnico). Además, al estar ligadas al objetivo perseguido con la representación, habrá una cantidad de reglas más o menos explícitas, cuya aplicación dará efectos más o menos predecibles. Por ejemplo, si el objetivo de un *sketch* es desarrollar la estética del producto, una regla es: “aplique la proporción áurea a la proporción general del producto para que se vea bonito”. Es el desarrollo de estos *sketches*, al aplicar las reglas de producción, el que permite una visualización que a su vez afectará la representación interna de los buscados por el diseñador.

Al realizar un *sketch* que busque cierta respuesta estética, las reglas podrían ubicarse sobre un continuo con dos polos: desde baja hasta altamente estructuradas. Entre las bajamente estructuradas encontraríamos los “instintos estéticos” o “universales estéticos” (Hekkert & Leder, 2008; Ramachandran, 2011, p. 218) que permitirían que el diseñador controlase la forma de su *sketch* intuitivamente buscando la respuesta estética deseada. Después, sobre el continuo se encontrarían diversos heurísticos de diseño (Gigerenzer & Todd, 1999). Luego, encontraríamos conjuntos de reglas más estructuradas y complejas, i.e., métodos (Roozenburg & Eekels, 1995). Por ejemplo, existen varios métodos de diseño estético reportados en la literatura (Akner-Koler, 2007; Corremans, 2008; Fridenzon-Harison, 2016; Wallschalger et al., 1992), aunque son de índole más descriptiva que prescriptiva (Roozenburg & Eekels, 1995).

Es a través de las reglas de producción que el diseñador realiza transformaciones, las cuales son acciones orientadas a un objetivo; una actividad de diseño es una transformación en la dirección del objetivo de diseño efectuada por el diseñador (Reymen & Hammer, 2000, p. 329).

22. *Las partes interesadas en la representación*

Son los actores en el contexto del diseño que tendrán algún tipo de relación motivada con la representación (Crawford & Di Benedetto, 2003; Otto & Wood, 2000). Así, para un *rendering*, por ejemplo, el diseñador es a la vez autor y parte interesada ya que busca persuadir a las demás personas del equipo sobre las virtudes de su producto. La dirección de *marketing* busca identificar en el *rendering* posibles atributos que contribuyan a la promoción de su producto. La dirección de manufactura se interesa en los posibles acabados que sugiere el *rendering* y que él debe garantizar. El autor de la representación es quizá la parte interesada más importante para la representación misma (Pei, 2013).

23. *Eficiencia cognitiva*

En términos de carga cognitiva se considera que las imágenes son categorizadas más rápidamente que sus nombres, o, en otras palabras, las imágenes son entendidas más rápida y eficientemente que las palabras (Pellegrino et al., 1977; Snodgrass, 2005). Así, gracias a representaciones como los *sketches*, el proceso de diseño no impone una carga cognitiva muy importante al diseñador. Múltiples investigadores han sugerido que los diseñadores pueden leer más información en los dibujos que la que fue puesta al hacerlos (Schon & Wiggins 1992; Goldschmidt & Porter, 1994; Suwa et al., 2000; Schenk, 2007; Menezes & Lawson, 2006). La información es cualquier cosa que permite un aumento temporal o permanente de conocimiento (Massironi, 2001).

24. *Propiedades estéticas*

En filosofía de la estética hay consenso en que éstas son propiedades del objeto

que son observables o perceptibles y que son relevantes para el valor estético del objeto observado (Levinson, 2005, pp. 82-83). Más allá de estas categorías, Hekkert y Leder (2008) y Hekkert (2015) proponen tres grupos más amplios: las perceptuales, cognitivas y culturales-sociales; totalizarían así más de cuarenta propiedades diferentes. El modelo unificado de la estética desarrollado en el Proyecto UMA (*Unified Model of Aesthetics*) propone tres dimensiones que las resume (Berghman & Hekkert, 2017; Hekkert, 2015). Para un marco teórico: Hekkert y Leder (2008).

25. *Carácter idiosincrático*

El carácter idiosincrático consiste en que cada diseñador posee una combinación particular de habilidades de dibujo y una preferencia por el uso reiterado de ciertos medios y elementos gráficos que en su conjunto forman un estilo de representación (Chen & Owen, 1997), a tal punto que una representación particular permite identificar plenamente a su autor. Así es como, por ejemplo, los *sketches* de Leonardo son muy idiosincráticos y reconocibles, mientras que los *sketches* de otras personas pueden ser reconocidos solo por el conocedor, por ejemplo, los de Le Corbusier (figura 1). El carácter idiosincrático es la base de la formación de un estilo (Chen & Owen, 1997).



Figura 2. Sketches de Leonardo da Vinci y de Le Corbusier (Licencia Creative Commons).

26. *Grado analógico-proposicional*

De forma general, las representaciones pueden ser analógicas o proposicionales (Markman, 2005; Grignon, 2000). Las analógicas representan objetos cuya estructura natural imita lo representado, sin, no obstante, compartir cada elemento o relación. Son especialmente importantes en la percepción visual y en las imágenes mentales, de manera tal que la representación visual interna tiene la misma estructura que el objeto representado. Las representaciones proposicionales difieren de las analógicas en que las relaciones entre los aspectos de la representación son arbitrarias, es decir, hay un grado de simbolismo. Una descripción textual de un objeto o una parte es una representación proposicional. Un dibujo técnico de un producto posee elementos tanto analógicos (la geometría) como proposicionales (las convenciones textuales) (Markman, 2005). Las imágenes son representaciones no proposicionales, es decir, no contienen información en un lenguaje natural a manera de frases estructuradas. No obstante, las representaciones proposicionales codifican aspectos complejos a través de la definición de las relaciones entre las partes. Por ejemplo, la imagen de una mesa puede ser descrita proposicionalmente como “un objeto que presenta una tapa encima de una base”. Un dibujo representacional es analógico ya que representa un artefacto que el observador reconoce o puede reconocer, así sea un objeto que no existe pero que podría percibirse (Massironi, 2001). Los *schemas* y *frames* son representaciones proposicionales que sirven para codificar eventos y situaciones (Sternberg & Ben-Zeev, 2001), con lo cual serían de interés en diseño.

38

27. *Tipo*

Desde un punto de vista teórico un mismo objeto puede ser representado de múltiples o infinitas formas (Massironi, 2001). La escogencia de un modo específico de representación depende de las habilidades del representador y de las necesidades de comunicación (Massironi, 2001). El tipo es generado

cuando es necesario comunicar nuevos contenidos o separar contextos que previamente estaban mezclados. Por ejemplo, un *rendering* combina información del producto desde diversos contextos: sus acabados y materiales y su geometría. Un plano técnico separa el contenido geométrico del producto y una carta de materiales mostraría las especificaciones de acabados y materiales en el producto. Los *storyboards* buscan representar una secuencia de acciones que el usuario experimenta con el producto (Pei et al., 2009).

28. *Ambigüedad*

La ambigüedad de una representación es un atributo que la hace abierta a más de una interpretación. En un *sketch*, la ambigüedad se origina en la inexactitud en la forma o contenido del *sketch* y en su incompletitud (Garner, 2001). Esta inexactitud es intrínseca al *sketch* debido a la rapidez de elaboración y las habilidades de dibujo limitadas del representador. La tolerancia a la ambigüedad es con frecuencia identificada como un rasgo de la personalidad creativa ya que ayuda a que el diseñador enfrente mejor los problemas mal definidos típicos en diseño (Runco, 2014; Smith, Ward & Finke, 1995). La técnica creativa llamada C-Sketch hace uso activo de la ambigüedad ya que tiene como regla el no permitir la comunicación verbal o escrita al hacer una sesión de *sketch* colectivo (Kulkarni et al., 2000). Así, son las interpretaciones erróneas de los *sketch*, los que dan pie a las respuestas creativas. Diferentes métricas han mostrado esta técnica como altamente creativa (Shah et al., 2000; 2003).

29. *Completitud*

La representación se refiere a unas partes del todo o al todo; en un producto varía desde una parte hasta el producto completo (Eisentraut & Günther, 1997). Un dibujo isométrico en explosión, p.ej., suele ser altamente completo.

30. *Veracidad* (Massironi, 2001)

Es una propiedad de las representaciones figurativas que señala el grado de conexión entre el objeto real y su representación, que puede ir desde un engaño total al ojo, hasta la ausencia de total correspondencia como sucede en un dibujo abstracto. Es común que el grado de veracidad cambie con el nivel de representación de la profundidad y la tridimensionalidad. Un *render* hiperrealista es altamente veraz. *Sketches* rápidos pueden ser poco veraces. Para un mismo producto, una representación 3D exige mucha más información que una 2D con lo que su grado de veracidad sería mayor.

31. *Punto de vista* (Massironi, 2001)

Toda representación asume una posición del observador relativa al objeto representado, la cual determina la inclinación del plano de la representación relativo a las superficies presentes en el objeto. La escogencia del punto de vista es importante ya que puede hacer que la representación sea muy informativa y fácilmente reproducible y, por otro lado, garantiza que el observador recupere correctamente la información que se desea vehicular.

32. *Descriptibilidad*

Cualquier representación figurativa o abstracta puede describirse aproximadamente usando un lenguaje natural. Sin embargo, una dificultad mayor en el estudio sistemático de las representaciones estriba en su carácter específico disciplinar e idiosincrático (Goldschmidt & Porter, 2004). Cabe preguntarse entonces cómo pueden entonces describirse las representaciones a lo largo del proceso de diseño, independientemente de su tipo y de quien las produzca. Reymen y Hammer (2000) han propuesto un método para responderla al describir el proceso de diseño y sus representaciones, sistemática e independientemente de la disciplina *diseñística* y de su terminología particular, es decir, de forma neutra. Este tipo de descriptibilidad es útil para describir,

modelar y comparar procesos de diseño, así sean de dominios diferentes. El tamaño de la descripción depende del nivel de detalle al cual el producto y el proceso de diseño son descritos (Reymen & Hammer, 2000).

33. *Manipulabilidad*

Al ser medios, las representaciones poseen cierto grado de manipulabilidad, es decir, permiten ser operadas o intervenidas con las manos para ser transformadas o examinadas. Los soportes físicos permitirían en principio una alta manipulabilidad; los soportes digitales implican un conocimiento del software para posibilitar la manipulabilidad. Un *sketch* es altamente manipulable, así como un modelo en cartón. Nuevas tecnologías como la realidad aumentada permiten la manipulabilidad de representaciones virtuales a través de diferente tipo de hardware (guantes 3D, visores inmersivos, etc.) (Söderman, 2002).

34. *Grado estable-efímera*

Cierto tipo de representaciones, por ejemplo, los gestos utilizados cuando simulamos con las manos la forma o el movimiento que debe hacer un producto, son efímeras ya que actúan efectivamente como un elemento de comunicación, pero difícilmente son registradas en algún medio (Tversky, 2011; Goldschmidt & Porter, 2004); por el contrario, cuando lo representado se encuentran en un medio físico o digital es estable, ya que no cambia en el tiempo. Hay representaciones que pueden durar largamente en el tiempo lo cual depende de las posibilidades de degradación de sus soportes físicos. En particular, la durabilidad de las representaciones digitales dependería de la disponibilidad y compatibilidad de los formatos de software. Una representación estable del producto al ser diseñado es llamada un documento (Reymen & Hammer, 2000).

¿Cuál es la función de las representaciones en diseño?

Las propiedades presentadas son un recurso analítico *per se*. Sin embargo, es en la función de las representaciones en donde adquieren su importancia. Plantearemos entonces, primero, una descripción sucinta de las funciones de las representaciones y luego, una exploración de cómo se relacionan dichas funciones y propiedades.

Galle (1999) sostiene que las representaciones tienen dos funciones principales en diseño: como medio de comunicación y de exploración. No obstante, existiría un total de 13 funciones mayores de las representaciones en diseño (Tabla 1).

Tabla 1. Las funciones de las representaciones en diseño.

Función	Definición
1. Comunicativa	Vehiculan mensajes y comunican información entre los integrantes del equipo de diseño; permiten presentar las ideas y representar búsquedas y decisiones de diseño, tanto tentativas como finales (Goldschmidt & Porter, 2004).
2. Auxiliar cognitivo	Las representaciones son un artefacto cognitivo que nos ayuda a pensar más fácilmente, ayudando, ampliando o mejorando la cognición (Goldschmidt, 2004); alivian el trabajo de la memoria a corto-plazo; además, al ser duraderas, expanden la memoria a largo plazo (Tversky, 2011).
3. Conversacional	Las imágenes mentales y las representaciones visuales se relacionan a través de un diálogo reflexivo en bucle (Schön, 1983); el diseñador retroalimenta en bucle las representaciones internas y las externas durante el transcurso del razonamiento acerca de las formas y sus configuraciones (Goldschmidt, 1991).
4. Generativa creativa	Con la función conversacional, evolucionan en bucle continuo la representación externa y la interna deteniéndose cuando se llega a cumplir el objetivo de la tarea de diseño (Goldschmidt, 2014). Las continuas transformaciones generan un conjunto relativamente amplio de representaciones, condición esencial para lo creativo.
5. Autoaprendizaje	El diseñador aprende durante el proceso de diseño ya que continuamente está comparando de forma crítica las representaciones mentales contra las representaciones externas (Brereton, 2004). Cuando hay diferencias entre las dos se diseña para tratar de cerrar esa brecha.

6. Metodológica en solución de problemas complejos	El diseño puede verse como una búsqueda dentro del espacio del problema, apoyada en representaciones, de una situación que satisfaga pruebas de solución (Novick, 2005).
7. Composicional	La imaginería mental parece facilitar la generación de nuevas composiciones (Eastman, 2001). Sin embargo, apoyarse solo en la imaginería, sin representar externamente, puede ser limitante al reorganizar el diseño mental del objeto (Reisberg & Logie, 1993); la representación ayuda en este proceso (Arnheim, 1974).
8. Exploración y búsqueda	La exploración es el proceso en el que se determina dónde buscar en el espacio de diseño (Gero, 1994), p.ej. definir el estilo del producto. La búsqueda consiste en un tipo de exploración restringida al punto del espacio de diseño definido previamente por la exploración, p.ej., buscar alternativas del producto dentro del estilo definido previamente.
9. Cooperativa	Las representaciones actúan como interfaz entre los diferentes diseñadores, facilitando el desarrollo de una comprensión común de la situación de diseño por parte de ellos (Boujut & Blanco, 2003).
10. Evaluativa	Evaluar es valorar la representación con relación a unas referencias (Visser 2010) que pueden provenir de los requerimientos de diseño o de la persona, su experiencia y <i>background</i> .
11. Soporte para el <i>mapping</i>	El <i>mapping</i> consiste en conectar tácitamente el conjunto de requerimientos (del mercado y usuario (subjetivos) con ciertas propiedades físicas y atributos que el diseñador propone para su producto (Suh, 1995; Petiot & Yannou, 2004).
12. Externalizadora	Es el proceso de sacar una representación mental hacia el contexto físico, a través de la expresión, para que sea visible por nosotros mismos u otras personas (Tversky, 2011).
13. Estímulo visual imaginativo	La presencia de imágenes, p.ej. <i>sketches</i> , influencia positivamente la creatividad del proceso de ideación (Goldschmidt & Smolkov, 2006) y en general del proceso de diseño (Garner & McDonagh-Philip, 2001), al favorecer la imaginación (Singer, 1991).

El cruzamiento lo hacemos preguntándonos: ¿es muy importante la propiedad para la función en el caso de la representación específica estudiada (Figura 3)? En la Tabla 2 se muestran las respuestas positivas; una celda vacía significa que la relación no posee mayor importancia; una gris significa que la propiedad es esencial para la función.

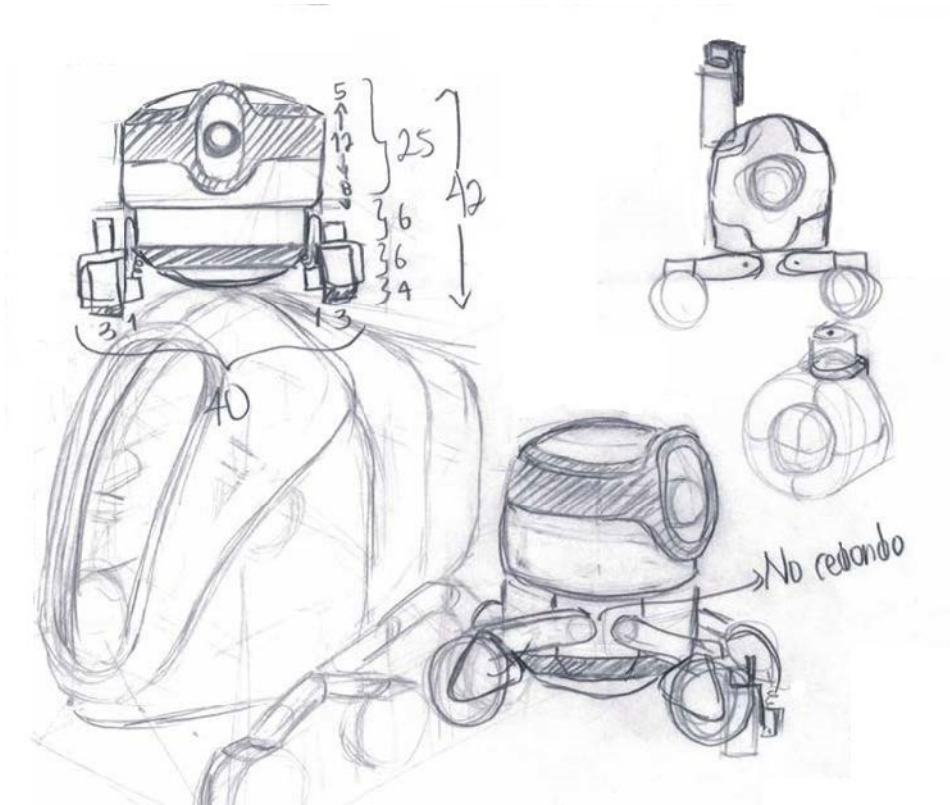


Figura 3. Sketches exploratorios para el diseño de un DRON terrestre (Vargas-Pavas, M.I.).

Tabla 2. Cruzamiento exploratorio de propiedades y funciones de las representaciones.

PROPIEDADES	1. F. comunicacional	2. F. auxiliar cognitivo	3. F. conversacional	4. Función generativa creativa.	5. F. de autoaprendizaje	6. F. metodológica en la solución de problemas	7. F. composicional	8. F. de búsqueda y exploración	9. F. co-operativa	10. F. evaluativa	11. F. soporte mapping	12.F. Externalizadora	13. F. Estímulo Visual Imaginativo	TOTAL
Isomorfismo estructural	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		12
Granularidad	+	+	+		+	+		+	+	+		+	+	10
Nivel de abstracción	+	+	+		+	+		+	+	+		+	+	10
Escala	+	+					+						+	4
Tipo de lenguaje	+	+	+			+	+	+				+	+	9
Dimensionalidad	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+	+	11
Propiedades generadoras forma	+	+		+			+				+	+	+	7
Propiedades procesamiento perceptivo		+					+					+		3
Grado de convención	+	+	+	+	+				+	+	+	+	+	10
Grado de consistencia	+	+	+		+	+		+	+	+	+		+	10
Propiedades producto o contexto representadas	+		+	+		+	+	+		+		+	+	11
Opacidad	+	+			+	+			+	+				6
Propósito	+	+	+		+			+	+	+			+	8
Modalidad sensorial	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	11

Medio	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	12
Complejidad	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	13
Semánticas	+	+	+	+				+	+	+	+	+		9
Sintácticas	+			+			+	+			+	+		6
Repleción	+	+	+			+			+	+				6
Propiedades estructurales	+	+		+			+	+			+	+	+	8
Reglas de producción	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	12
Partes interesadas	+	+	+		+	+		+	+			+	+	9
Eficiencia cognitiva	+	+	+	+		+		+	+	+		+		9
Estéticas	+			+			+	+	+	+	+	+	+	9
Carácter idiosincrático	+	+	+		+		+	+	+	+		+	+	10
Grado analógico-proposicional	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	13
Tipo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	13
Ambigüedad	+	+	+	+		+		+	+	+	+		+	10
Complejidad	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	13
Veracidad	+	+	+		+			+	+	+	+	+	+	10
Punto de vista	+	+					+		+	+	+	+	+	8
Descriptibilidad	+	+			+				+		+			5
Manipulabilidad	+	+				+	+		+	+		+	+	8
Grado estable-efímera	+	+	+			+			+	+	+		+	8
TOTAL	32	31	24	18	18	18	20	23	28	28	20	25	27	

El ejercicio es de carácter exploratorio y debe estar vinculado a una imagen específica; sería necesario establecer indicadores para poder hacerlo sistemáticamente evitando la introducción de sesgos por el investigador. Los valores obtenidos como sumatoria de filas o columnas sugieren diversos aspectos que deben ser investigados posteriormente. Por ejemplo, la imbricación propiedad-función es visible en la tabla 2: la función comunicacional tiene que ver con 32 de 33 propiedades. Por el contrario, la función de autoaprendizaje solo tiene que ver con 17 de las 33. Complejidad y tipo, por otra parte, son importantes para la totalidad de las funciones. Hay propiedades esenciales (en gris) para ciertas funciones, pero no para todas (función conversacional, p.ej.).

A continuación, ejemplificamos el tipo de respuestas obtenidas durante la exploración entre la propiedad “isomorfismo estructural” y algunas funciones, mostrando los diferentes valores (relación positiva (+), relación mínima o inexistente (vacía) y esencial (celda gris)):

Función comunicacional (+): el isomorfismo permite que haya una correspondencia en estructura, y, consecuentemente en la forma de lo que se quiere comunicar con la representación. La ausencia de isomorfismo llevaría a comunicar de forma errónea o imprecisa, perjudicando la comunicación.

Función externalizadora (+gris): el isomorfismo es esencial permitiendo que lo representado exprese el contenido mental. De otra forma la externalización será inexacta, inadecuada o no presentará la intención buscada por el diseñador.

Función estímulo visual (celda vacía): no es necesario el isomorfismo ya que la representación como estímulo visual funciona a partir de cualesquiera sean las condiciones de forma o estructura de lo representado. Esta función sería independiente del isomorfismo estructural.

Discusión

El repertorio no pretende ser exhaustivo, ya que como señalamos, prácticamente desde cualquier campo de conocimiento es posible establecer propiedades para una representación. Algunas propiedades abarcan otras; por ejemplo, la propiedad “medio”, abarca “soporte”, “formato” y “tamaño”. Evitamos entonces que el repertorio adquiriera un tamaño demasiado grande. Pretendemos, eso sí, cierta exhaustividad dentro de las diferentes disciplinas del diseño.

La capacidad analítica del marco aquí presentado depende de identificar en la literatura los indicadores de las propiedades. A pesar de que hemos tratado de establecer una definición precisa de cada propiedad, puede suceder que dichos indicadores sencillamente no estén disponibles, debido a que el constructo no ha sido investigado empíricamente. Esta aproximación puede ser de utilidad para personas que busquen estudiar representaciones producidas dentro de un campo particular (figurines, ilustraciones científicas, etc.).

Algunas propiedades conciernen fenómenos centrales en diseño tales como creatividad, el pensamiento, la estética, semántica y las habilidades de dibujo. Estudios exploratorios sobre representaciones deberían establecer cuáles propiedades se encuentran presentes para que un análisis posterior establezca la intensidad de los vínculos entre estos aspectos.

Es claro que en las funciones de las representaciones se encuentran imbricadas sus propiedades, dado su carácter de punto de encuentro al manifestarse allí diversos procesos mentales retroalimentados por el comportamiento del diseñador.

Finalmente, se ha buscado generar un conjunto de propiedades conceptual y semánticamente coherentes, evitando términos muy especializados, aportando así a un posible marco conceptual sobre la representación en diseño.

Conclusiones y trabajo futuro

El repertorio propuesto identifica una amplia variedad de propiedades de las representaciones en diseño. De su operacionalización dependerá su aplicación analítica para el estudio de la amplia diversidad de representaciones creadas en las disciplinas del diseño. Es claro que un trabajo posterior a realizar es el de estructurar el repertorio, proponiendo para éste, por ejemplo, categorías clasificatorias como el origen disciplinar o la etapa del proceso de diseño donde intervienen las representaciones. Creemos que sólo la utilización repetida del repertorio mostrará cuáles propiedades tienen más poder analítico, siendo esto una manera de refinarlo; es decir, de decidir qué propiedades permanecerían y cuáles saldrían. Esto está vinculado a dos preocupaciones ontológicas frente a un conjunto de propiedades: la consistencia conceptual de la definición de cada propiedad y la heterogeneidad entre las propiedades, es decir, cómo las propiedades deben ser muy diferentes entre sí.

La exploración de la relación que mantienen las propiedades con las funciones de las representaciones parece ser bien complejo debido al número de interacciones muy alto que se presentarían, esto sugerido por el gran tamaño de la matriz presentada (13x33). Un estudio experimental cuantitativo de estas propiedades debería estudiar un número bajo de interacciones, manteniendo muchas de las propiedades constantes, y, más bien, mirando el efecto moderador de otras sobre la interacción. Queda por diseñar un tal experimento.

El estudio de las imágenes mentales en diseño, de cómo se representan externamente y afectan el razonamiento, es fundamental para la comprensión del proceso de diseño. Más ampliamente, este artículo debería servir a quienes trabajen en la modelación de dicho proceso ya que las representaciones hacen parte central de éste, y algunas veces, son modeladas sin considerar los detalles sutiles de lo representado.

La práctica del diseño evidencia que es en los procesos de representación que toma forma lo diseñado; sin embargo, las reglas de producción allí utilizadas son tácitas muchas veces con lo que es un proceso opaco, frecuentemente porque no conocemos las propiedades de lo representado. Esperamos que los conceptos puedan alcanzar la práctica de los diseñadores para poder verbalizar aspectos de las representaciones que normalmente quedan tácitos.

Un trabajo futuro consiste en la extracción de conocimiento empírico sobre las representaciones, usando, por ejemplo, diseñadores expertos, y aplicando una variedad de métodos: listas de evocación, *card-sorting*, entrevistas en profundidad y teoría fundamentada. De esta manera se podría construir un marco conceptual de las representaciones desde su práctica.

El cómo se aprende de las representaciones y cómo se generan y materializan es primordial en la educación de los diseñadores (Eastman, 2001). Aprender a representar puede no ser fácil para algunos estudiantes de diseño. Los conceptos aquí presentados pueden ser de utilidad para los instructores, cuando deseen señalar aspectos específicos de la representación que normalmente son tácitos; creemos que lo que se puede verbalizar se puede controlar más fácilmente en este caso. A través de este proceso, se podría contribuir a la mejora de herramientas tradicionales de representación o a la creación de unas nuevas.

50

Las representaciones tienen un rol central en el proceso de diseño; por lo tanto, lo tienen también en el proceso de generar la forma en diseño. Analizar este rol nos permitiría ver cuán explicativo es un modelo dado de la generación de la forma. Quedan preguntas importantes (Eastman, 2001): se sabe bien que las capacidades de imaginación mental se pueden mejorar a través del entrenamiento; lo que no se sabe es cómo la mejora de la capacidad de dibujo mejora la capacidad de imaginar imágenes. Además, ¿es la representación un récord de cambios determinados mentalmente? ¿qué reglas generales y de qué manera se usan para manipular y evaluar el diseño?

Referencias

- Akner-Koler, C. (2007). *Form & formlessness: questioning aesthetic abstractions through art projects, cross-disciplinary studies and product design education*. Axl Books.
- Arnheim, R. (1974). *Art and visual perception: A psychology of the creative eye*. University of California Press.
- Berghman, M. and Hekkert, P. (2017). Towards a unified model of aesthetic pleasure in design. *New Ideas in Psychology*, 47, 136-144. doi.org/10.1016/j.newideapsych.2017.03.004
- Boujut, J.F. and Blanco, E. (2003). Intermediary objects as a means to foster cooperation in engineering design. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 12 (2), 205-219. Springer. doi.org/10.1023/A:1023980212097
- Brereton, M. (2004). Distributed Cognition in Engineering Design: Negotiating between Abstract and Material Representations. En: Goldschmidt y Porter (2004). *Design Representation*. London: Springer.
- Chen, K., and Owen, C.L. (1997). Form language and style description. *Design studies*, 18 (3), 249-274. doi.org/10.1016/S0142-694X(97)00002-1
- Ching, F.D., and Juroszek, S.P. (2010). *Design drawing*. John Wiley & Sons.
- Corremans, J. (2008). Basic Skills in the Study of Form-Generating Different Styling Proposals based on Variations in Surface Orientation. En: Clarke, A., Evatt, M., Hogarth, P., Lloveras, J. and Pons, L. (eds.) Proceedings of *E&PDE 10th*, 2008, Barcelona, Spain.
- Crawford, C.M. and Di Benedetto, C.A. (2003). *New products management* (7th ed.). McGraw-Hill.

- Desmet, P.M. and Hekkert, P. (2007). Framework of product experience. *International Journal of Design*, 1 (1), 57-66.
- Dondis, D.A. (1974). *A Primer of visual literacy*. MIT Press.
- Eastman, C. (2001). *New directions in design cognition: studies of representation and recall*. Elsevier.
- Edmonds, B.M. (1999). *Syntactic measures of complexity*. Manchester, UK: University of Manchester.
- Eisentraut, R. and Günther, J. (1997). Individual styles of problem solving and their relation to representations in the design process. *Design Studies*, 18 (4), 369-383. doi.org/10.1016/S0142-694X(97)00007-0
- Eissen, K. and Steur, R. (2014). *Sketching Product Design Presentation*. BIS-Publishers.
- Fonts.com. (2018) Anatomy of a Character. Recuperado de <https://www.fonts.com/content/learning/fontology/level-1/type-anatomy/anatomy>.
- Frankenberger, E., Badke-Schaub, P. and Birkhofer, H. (2012). *Designers: the key to successful product development*. Springer.
- Fridenzon-Harison, E. (2016). From Inspiration to Sketches (Fits) Methodology for Students of Product Design. En: Bohemia, E., Buck, L., Eriksen, K., Kovacevic, A., Ovesen, N., and Tollestrup, C. (eds.) *Proceedings 18th E&PDE 2016*; Aalborg, Denmark, 8th-9th September/2016.
- Galle, P. (1999). Design as intentional action: a conceptual analysis. *Design Studies*, 20(1), 57-81. doi.org/10.1016/S0142-694X(98)00021-0
- Garner, S. (2001) 'Is sketching still relevant in virtual design studios?', en: *Proceedings Design Computing on the Net (DCNet 2000)*, 15-19 Jan, Sydney University. Recuperado de <http://www.arch.usyd.edu.au/kcdc/conferences/DCNet00/index.html>

- Garner, S. and McDonagh-Philp, D. (2001). Problem interpretation and resolution via visual stimuli: the use of 'mood boards' in design education. *J. Art Des. Educ.* 20 (1), 57-64. doi.org/10.1111/1468-5949.00250
- Gero, J. (1994). Towards a model of exploration in computer-aided design. *Formal design methods for CAD*, pp. 315-336.
- Gibson, J.J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Oxford.
- Gigerenzer, G. and Todd, P.M. (1999). *Simple heuristics that make us smart*. Oxford University Press.
- Goguen, J.A. and Harrel, D.F. (2004). Information visualisation and semiotic morphisms, en: Malcolm (2004).
- Goldschmidt, G. (1991). The dialectics of sketching. *Creativity Research Journal*, 4 (2), 123-143. doi.org/10.1080/10400419109534381
- Goldschmidt, G. (1999). "Design", p. 525-526, en: Runco, M.A., Pritzker, S.R. (eds.) (1999).
- Goldschmidt, G. (2004). Design Representation: Private process, public image. En: Goldschmidt, G. y Porter, W. (2004). *Design Representation*. London: Springer.
- Goldschmidt, G. (2014). Modeling the role of sketching in design idea generation. En: Chakrabarti, A. y Blessing, L.T.M. (eds.). *An Anthology of Theories and Models of Design*, pp. 433-450, Springer.
- Goldschmidt, G. and Porter, W. (2004). *Design Representation*. London: Springer.
- Goldschmidt, G. and Smolkov, M. (2006). Variances in the impact of visual stimuli on design problem solving performance. *Design Studies*, 27 (5), 549-569. doi.org/10.1016/j.destud.2006.01.002.

- Goodman, N. (1976). *Languages of Art*. Hackett, Indianapolis.
- Grignon, M. (2000). Deux brouillons: Le croquis et la maquette. En: *Genesis (14): Architecture*, edited by P-M de-Biasi, Legault. Montreal: Centre Canadien d'Architecture/Jean-Michel Place, pp 153-162.
- Hekkert, P. (2015). Aesthetic responses to design: a battle of impulses. En: Tinio, Smith (2015).
- Hekkert, P. and Leder, H. (2008). Product Aesthetics. En: Schifferstein, H.N. & Hekkert, P. (eds.) (2008). *Product experience* (pp. 259-285). Elsevier, San Diego, CA.
- Hutchinson, J.W., and Alba, J.W. (1991). Ignoring irrelevant information: Situational determinants of consumer learning. *Journal of Consumer Research*, 18(3), 325-345. doi.org/10.1086/209263
- Itti, L., Koch, C. and Niebur, E. (1998). A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 20(11), 1254-1259. DOI: 10.1109/34.730558
- Kulkarni, S., Summers, J.D., Vargas-Hernandez, N., and Shah, J.J. (2000). Collaborative Sketching (CoSketch) — An Idea Generation Technique for Engineering Design. *Journal of Creative Behavior*. 35 (3), 168-198. doi.org/10.1002/j.2162-6057.2001.tb01045.x
- Leborg, C. (2006). *Visual Grammar*. Princeton Architectural Press.
- Levinson, J. (2005). Philosophical Aesthetics: An overview. En: Levinson, J. (ed.) *The Oxford Handbook of Aesthetics*. Oxford University Press.
- Lloyd, P., and Snelders, D. (2003). What was Philippe Starck thinking of? *Design Studies*, 24(3), 237-253. doi.org/10.1016/S0142-694X(02)00054-6Get
- Malcolm, G. (2004). *Multidisciplinary approaches to visual representations and interpretations* (Vol. 2). Elsevier.

- Malhotra, N.K. (1996). *Marketing Research, An applied Orientation*. Prentice-Hall.
- Marin, M. and Leder, H. (2013). Examining Complexity across Domains: Relating Subjective and Objective Measures of Affective Environmental Scenes, Paintings and Music. *PLoS one*, 8(8), e72412. Public Library of Science.
- Markman, A.B. (2005). Representation Formats in Psychology. En: Nadel (2005). doi.org/10.1002/0470018860.s00608
- Massironi, M. (2001). *The psychology of graphic images: Seeing, drawing, communicating*. Psychology Press.
- Menezes, A., and Lawson, B. (2006). How designers perceive sketches. *Design Studies*, 27(5), 571-585. doi.org/10.1016/j.destud.2006.02.001
- Mogford, R.H., Guttman, J., Morrow, S., and Kopardekar, P. (1995). *The Complexity Construct in Air Traffic Control: A Review and Synthesis of the Literature*. Technical Report, CTA.
- Nadel, L. (Ed.). (2005). *Encyclopedia of cognitive science*. Taylor & Francis. DOI: 10.1002/0470018860
- Nefs, H.T. (2008). On the visual appearance of Objects. En: Schifferstein & Hekkert (2008).
- Ngo, D.C.L., and Byrne, J.G. (1998). Aesthetic measures for screen design. En: Calderon, P.B. & Thomas, B. (eds.) *Proceedings 1998 Australasian Computer Human Interaction Conference*, Adelaide (pp. 64-71).
- Novick, L.R. (2005). Problem solving, Psychology of. En: Nadel (2005).
- Olofsson, E., and Sjolen, K. (2005). *Design Sketching*, KEEOS Design-Books.
- Otto, K.N., and Wood, K.L. (2000). *Product Design*. Pearson.

- Pahl, G., Beitz, P., and Grote, K.H. (2007). *Engineering Design: A Systematic Approach*. Springer.
- Pei, E. (2013). *Building a common language of design representations for industrial designers and engineering designers*. PhD Thesis, Loughborough University.
- Pei, E., Campbell, I., and Evans, M.A. (2009). Building a Common Ground-The Use of Design Representation Cards for Enhancing Collaboration between Industrial Designers and Engineering Designers. En: Durling, D., Rust, C., Chen, L.-L., Ashton, P., & Friedman, K. (eds.). *Proceedings Undisciplined! Design Research Society Conference 2008*, Sheffield Hallam University, Sheffield, UK, 16-19 July 2008.
- Pellegrino J.W., Rosinski, R.R., Chiesi, H.L., and Siegel, A. (1977). Picture-word differences in decision latency: an analysis of single and dual memory models. *Memory and Cognition*, 5, 383-396. doi.org/10.3758/BF03197377
- Perini, L. (2004). Convention, resemblance and isomorphism: understanding scientific visual representations, chapter 3, en: Malcolm, G. (2004).
- Petiot, J.F. and Yannou, B. (2004). Measuring consumer perceptions for a better comprehension, specification and assessment of product semantics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 33 (6), 507-525. doi.org/10.1016/j.ergon.2003.12.004
- Ramachandran, V.S. (2011). *The Tell-Tale Brain*. W.W. Norton-Company.
- Reisberg, D., and Logie, R. (1993) The ins and outs of working memory: Overcoming the limits on learning from imagery, en: Roskos-Ewoldsen, Intons-Peterson M., Anderson, R. (eds). *Imagery, Creativity and Discovery: a cognitive approach*, Elsevier, Amsterdam, pp. 39-76

- Reymen, I., and Hammer, D. (2000). Design method supporting regular reflection on design situations. En: Horvath, I., Medland, A.J., and Vergeest, J.S.M. (eds.). *Proceedings Third Symposium TMCE, Delft*, pp.18-21.
- Roozenburg, N.F., and Eekels, J. (1995). *Product design: fundamentals and methods* (Vol. 2). Wiley, Chichester.
- Runco, M.A. (2014). *Creativity: Theories and themes: Research, development, and practice*. Elsevier.
- Runco, M.A., and Pritzker, S.R. (1999). *Encyclopedia of Creativity*. (2 Vols.). Academic Press.
- Schenk, P. (2007). Developing a taxonomy on drawing for design. En: Poggenpohl, s. (ed.) *Proceedings IASDR'07 Conference, Hong-Kong, 12-15 Nov., 2007*
- Schifferstein, H.N., and Hekkert, P. (eds.) (2008). *Product Experience*. Elsevier.
- Schneider, W., and Shiffrin, R.M. (1977). "Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention". *Psychological Review*, 84(1), 1-66. doi:10.1037/0033-295x.84.1.1.
- Schön, D. (1983). *The reflective practitioner: How practitioners think in action*. London: Temple-Smith.
- Schön, D., and Wiggins, G. (1992). Kinds of seeing and their functions in designing, *Design Studies*, 13(2), 135-153. doi.org/10.1016/0142-694X(92)90268-F
- Seifert, C.M. (2001). Situated cognition and Learning, en: Wilson y Keil (2001).
- Self, J., Lee, S., and Bang, H. (2015). Perceptions of complexity in design representation: Implications for an understanding of design practice. *The International Journal of Design Management and Professional Practice*, 9 (4), 33-46.

- Shah, J.J., Kulkarni, S.V., and Vargas-Hernandez, N. (2000). Evaluation of idea generation methods for conceptual design: effectiveness metrics and design of experiments. *Journal of Mechanical Design*, 122 (4), 377-384. doi:10.1115/1.1315592
- Shah, J.J., Smith, S.M., and Vargas-Hernandez, N. (2003). Metrics for measuring ideation effectiveness. *Design studies*, 24 (2),111-134. doi.org/10.1016/S0142-694X(02)00034-0
- Singer, J.L. (1999) Imagination, en: Runco y Pritzker, (1999). *Creativity: Theories and themes: Research, development, and practice*. Elsevier.
- Smith, C.S. (1982). *A Search for Structure. Selected Essays in Science, Art and History*. MIT Press.
- Smith, S.M., Ward, T.B., and Finke, R.A. (1995). *The creative cognition approach*. MIT Press.
- Snodgrass, J.G. (2005). Representations, Abstract and Concrete, en: Nadel (2005).
- Söderman, M. (2002). Comparing Desktop Virtual Reality with handmade sketches and real products: Exploring key aspects for end-users' understanding of proposed products. *Journal of Design Research* (2) 1. doi.org/10.1504/JDR.2002.009817
- Sternnber, R.J., and Ben-Zeev, T. (2001). *Complex Cognition*. Oxford University Press.
- Suh, N.P. (1995). Axiomatic design of mechanical systems. *Journal of Mechanical Design*, 117 (B)2-10. doi:10.1115/1.2836467
- Suwa, M., Gero, J., and Purcell, T. (2000). Unexpected discoveries and S-invention of design requirements: important vehicles for a design process. *Design Studies*, 21 (6), 539-567. doi.org/10.1016/S0142-694X(99)00034-4

- Tinio, P.L., and Smith, J.K. (Eds.), *The Cambridge Handbook of the Psychology of Aesthetics and the Arts*. Cambridge University Press.
- Tjalve, E. (1979). *A short course in industrial design*. Newnes-Butterworths, London.
- Tversky, B. (2011). Visualizing thought. *Topics in Cognitive Science*, 3 (3), 499-535. doi.org/10.1111/j.1756-8765.2010.01113.x
- Ulrich, K.T., and Eppinger, S.D. (1995). *Product design and development*. McGraw-Hill, NY.
- Visser, W. (2007). Conception individuelle et collective. Approche de l'ergonomie cognitive. *arXiv Preprint arXiv:0711.1290*.
- Visser, W. (2010). Design as construction of representations. *Art + Design, Psychology*, (2), 29-43.
- Von Eckardt, B. (1999). Mental representation. En: Wilson, R.A. and Kiel, F.C. (Eds.), *The MIT Encyclopedia of Cognitive Sciences* (pp. 527–529).
- Von Foerster, H. (1996). Visión y conocimiento: disfunciones de segundo orden. En: Prigogine y Fried-Schmitman. *Nuevos paradigmas, cultura y subjetividad*. Paidós.
- Wallschlaeger, C., Basic-Snyder, C. and Morgan, M. (1992). *Basic visual concepts and principles for artists, architects, and designers*. McGraw-Hill.
- Wilson, R.A., and Keil, F.C. (Eds.) (2001). *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*. The MIT Press.
- Wong, W. (1993). *Principles of form and design*. John Wiley & Sons.
- Xing, J. and Manning, C.A. (2005). *Complexity and Automation Displays of Air Traffic Control: Literature review and analysis*. Technical Report, Office of Aerospace Medicine Washington, DC.

Zhao, H., Chen, J., Han, Y. and Cao, X. (2014). Image aesthetics enhancement using composition-based saliency detection. *Multimedia Systems*, 1-10. Springer. doi.org/10.1007/s00530-014-0373-1

Como citar: Maya, J. y Patiño, E. (2020). Propiedades de las representaciones en diseño: una exploración interdisciplinaria de su rol funcional. *Revista KEPES*, 17 (21), 17-60. DOI: 10.17151/kepes.2020.17.21.2