

# Aspectos de las Ciencias de lo Artificial

Alvaro Cuno, David Mauricio, Flavio Rodríguez

Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática  
Unidad de Posgrado  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Lima - Perú

**Resumen:** Herbert Simon [Simon, 1996] introdujo el término “Ciencia de lo Artificial” para referirse al cuerpo de conocimiento sobre objetos artificiales —los cuales son construidos por los humanos para resolver sus problemas—. Sin embargo, su masificación y uso no ha tenido un impacto trascendente en la comunidad local debido, principalmente, a cuestiones de disponibilidad y accesibilidad. Este trabajo busca describir, estructurar y sintetizar los aspectos más importantes de esta área, basándose en la revisión de artículos publicados por sus investigadores más representativos. Fueron identificados cuatro aspectos importantes: la ciencia del diseño, la relevancia del problema, la rigurosidad del diseño y la evaluación. Se consiguió realizar una descripción detallada de cada uno de ellos haciendo uso de un lenguaje simple. Tales caracterizaciones ilustran y originan un mayor entendimiento del tema y son un paso previo a la descripción de procesos o métodos de investigación orientados a la ciencia de lo artificial.

**Abstract:** Herbert Simon [Simon, 1996] coined the term "Science of the Artificial" to refer to the body of knowledge about artificial objects —which are constructed by human beings to solve their problems. However, their massification and use have not had a transcendent impact on the local community, mainly due to issues of availability and accessibility. This paper seeks to describe, organize and synthesize the most important aspects of this area, based on a review of articles published by its researchers more representative. We identified four important aspects: the design science, the relevance of the problems and the rigourity of the design and the evaluation. It was possible a detailed description of each of them using a simple language. Such characterizations illustrate and facilitate a greater understanding of the subject and are a previous step towards the description of research methods oriented to science of the artificial.

**Palabras clave:** Ciencia, Artificial, Diseño, Investigación.

## 1. Introducción

La ciencia ha sido uno de los mecanismos que ha conducido el progreso de la humanidad a través de la generación de conocimiento. Comúnmente, es dividida en: ciencias naturales, ciencias sociales y ciencias formales. Las ciencias naturales son el cuerpo de conocimiento que busca elucidar las leyes que gobiernan el mundo natural. Las ciencias sociales estudian el comportamiento humano y los patrones sociales. Las ciencias formales representan la rama de conocimiento interesada en los sistemas formales. A diferencia de las anteriores, no se preocupa en validar teorías acerca del mundo natural o la sociedad, sino en estudiar las propiedades de los sistemas formales en base a definiciones y reglas [Wikipedia, 2011].

No es difícil percibir que las ciencias tradicionales generan un conocimiento **descriptivo** acerca de cómo es el mundo y cómo funciona, lo cual es muy importante para la toma de decisiones. Sin embargo, un conocimiento **prescriptivo** acerca de como debería ser el mundo con el fin de alcanzar una meta deseada también es importante, en especial, en escenarios donde la resolución de problemas es el objetivo principal y no la descripción del mundo [March and Smith, 1995]. Aquí, las soluciones consisten en **diseñar** artefactos que serán implementados en un sistema u organización existente con la finalidad de resolver o aliviar sus problemas (en este trabajo el termino “diseñar” se refiere a la actividad creativa por la que se crea algo útil y novedoso).

Herbert Simon [Simon, 1996] denomina “Ciencias de lo Artificial” al cuerpo de conocimiento sobre **fenómenos y**

**objetos artificiales** que fueron diseñados y construidos con el propósito de resolver problemas de los seres humanos (el término “artificial” es usado para referirse a lo “hecho por el hombre” en oposición a lo “hecho por la naturaleza”). A pesar de haber transcurrido más de 40 años desde la publicación de la primera edición de su libro, las ciencias de lo artificial aún se mantienen como un paradigma desconocido y poco utilizado en el medio local. Sin embargo, la comunidad internacional reconoce la importancia de este paradigma publicando revistas de alto impacto sobre el tema. Tanto es así que, en Diciembre del 2010 la *Association for Computing Machinery* (ACM) lanzó el primer número de la revista ACM TMIS (*ACM Transactions on Management Information Systems*), la cual está orientada a difundir las investigaciones sobre la construcción de objetos artificiales en el contexto de los sistemas de información.

La búsqueda del conocimiento prescriptivo no es únicamente una corriente americana, podría decirse incluso que en algunos países de Europa su adopción es mayor. En el 2011, la comunidad de investigadores de Sistemas de Información de Alemania suscribió un Memorandum [Österle et al., 2010] en el que manifiestan su descontento porque las comunidades anglosajonas no destacan adecuadamente la investigación prescriptiva. El documento tuvo una respuesta [Baskerville et al., 2011] en la que se muestran evidencias que las investigaciones que buscan el conocimiento prescriptivo tienen un lugar importante en las revistas más prestigiosas del mundo anglosajón.

El objetivo de este artículo es efectuar una síntesis de los aspectos más importantes de las ciencias de lo artificial con la finalidad de hacerla más accesible a los estudiantes e investigadores nacionales, de tal forma que se convierta en un paradigma alternativo a ser usado en los procesos de investigación científica en el campo de las tecnologías de la información.

## 2. Método

Con el fin de reducir el alcance de la búsqueda de los investigadores más destacados del área se definió el siguiente término de búsqueda: "Science of the Artificial" and "Information Systems". Haciendo uso del buscador Google fue posible identificar a los siguientes investigadores:

- Alan R. Hevner, University of South Florida.
- Jay F. Nunamaker, University of Arizona.
- Salvatore T. March, Vanderbilt University.
- Ken Peffers, University of Nevada.

Estos investigadores se encuentran entre los más citados en las conferencias y revistas de mayor impacto en la comunidad, entre las cuales podemos mencionar: Journal of MIS, MIS Quarterly, Information Systems Research Journal, Business & Information Systems Engineering, European Journal of Information Systems, Journal of the Association for Information Systems. Entre sus artículos más referenciados destacamos los siguientes:

- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., and Ram, S. (2004). Design Science in information systems research. *MIS Quarterly*.
- March, S. T. and Smith, G. F. (1995). Design and natural Science research on information technology. *Decision Support Systems*.
- Nunamaker, J., Chen, M. and Purdin, T. (1991). System Development in Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*.
- Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. and Chatterjee, S. (2007). A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*.

De la lectura de estos artículos fue posible identificar cuatro aspectos que merecen ser revisados a profundidad: la ciencia del diseño, la relevancia del problema, la rigurosidad del diseño y la rigurosidad de la evaluación. Estos aspectos son caracterizados en las siguientes secciones.

## 3. Ciencia del Diseño

Históricamente, la tarea de las ciencias ha sido estudiar los fenómenos naturales y sociales con la finalidad de construir teorías para explicar, predecir y entender el mundo; básicamente, en función de dos actividades: **descubrimiento** y **justificación**. El descubrimiento es el proceso por el cual se genera o propone teorías científicas, mientras que la justificación consiste de actividades por

las cuales tales teorías son validadas. Aquí, el progreso es alcanzado cuando las nuevas teorías dan explicaciones más profundas, más comprensivas y más exactas.

La diferencia primordial entre la ciencia tradicional y la ciencia del diseño es que mientras la primera trata de entender la realidad, la ciencia del diseño intenta crear objetos artificiales innovadores que sirven para resolver problemas de los humanos. La ciencia del diseño lidia principalmente con lo que no existe, mientras que las ciencias tradicionales lidian con la explicación de lo ya existente.

La ciencia del diseño consiste de dos actividades básicas: **construir y evaluar**. La construcción es la actividad por la que se crea un artefacto con un propósito específico, mientras que la evaluación busca determinar cuan bien se desempeña. En la ciencia del diseño, el progreso es alcanzado cuando un método, procedimiento o tecnología existente es remplazado por otro más efectivo.

Entre los artefactos producidos por la ciencia del diseño distinguimos [March and Smith, 1995, Rossi and Sein, 2003, Hevner et al., 2004]: constructos, modelos, métodos, instanciaciones y teorías.

Los **constructos** conforman un lenguaje especializado (vocabulario y símbolos) usado para describir y razonar acerca de un dominio del conocimiento (ejemplo: entidades, atributos, relaciones, restricciones, etc.). Constituyen una conceptualización usada para describir problemas y especificar sus soluciones.

Un **modelo** es un conjunto de proposiciones y afirmaciones que expresan la relación entre constructos. Es una abstracción que representa o describe alguna entidad natural o artificial.

Un **método** es un conjunto ordenado de pasos para realizar una tarea. Es una herramienta que sirve para transformar un modelo o representación en otra representación con la finalidad de resolver un problema o realizar una tarea.

Las **instanciaciones** son implementaciones (artefactos construidos). Representan la operacionalización de los constructos, modelos y métodos.

De forma similar a un modelo, una **teoría** expresa relaciones entre conceptos. Sin embargo, una teoría enfatiza la representación de la "verdad" mientras que los modelos se focalizan en cuestiones de "utilidad". Las teorías buscan predecir o exponer fenómenos que ocurren con respecto al uso de un artefacto, a la utilidad percibida, al impacto en individuos u organizaciones, etc.

## 4. El Problema

Un problema es un obstáculo que impide la transición de una situación actual a una situación deseada. La identificación del problema es la actividad por la cual se busca descubrir problemas "relevantes" a ser resueltos. Roel Wieringa [Wieringa, 2010] caracteriza la "relevancia" como la pertinencia de la aplicabilidad práctica de un artefacto o conocimiento; por lo que se deduce que la no aplicabilidad implica irrelevancia. La elección del problema —percibido en la práctica o

anticipado por la comunidad científica— es la decisión más importante para un investigador, pues diseñar y evaluar soluciones para problemas irrelevantes no tiene utilidad [Weber, 2003].

Pueden ser distinguidos dos tipos de problemas [Wieringa, 2007]: de conocimiento y prácticos. Un problema de conocimiento es la diferencia entre lo que los investigadores saben acerca del mundo y lo que les gustaría saber. En un problema de conocimiento se desea saber alguna cosa, por ejemplo: ¿qué producto domina el mercado actual y cuáles son sus características de desempeño?, ¿cuáles son los errores reportados por el sistema y cuáles son las causas de esos errores?, ¿cuál es la arquitectura de tal sistema?, etc.

Un problema práctico es la diferencia entre la manera en que los investigadores experimentan el mundo y la manera en que les gustaría experimentarlo. En un problema práctico, se busca realizar alguna cosa cambiando el mundo. Por ejemplo: mejorar los procesos de un sistema, cambiar los procedimientos de mantenimiento, mejorar las decisiones de arquitectura, mejorar las relaciones con el cliente, incrementar la cuota del mercado, disminuir costes, etc.

La distinción entre problemas de conocimiento y problemas prácticos es importante porque el investigador debe hacer cosas diferentes para resolverlos:

- Para resolver un problema de conocimiento, el investigador recolecta hechos, lee la literatura, indaga, observa, pregunta a expertos, etc., cuidando de no alterar el objeto de conocimiento.
- Para resolver un problema práctico, el investigador especifica (diseña) un cambio a ser aplicado al mundo, y entonces aplica el cambio. Lo cual cambia el estado del mundo.

Además, debe evaluar sus respuestas de acuerdo con criterios que son diferentes para problemas de conocimiento y para problemas prácticos.

- La respuesta a un problema de conocimiento es evaluada por tan solo un criterio: ¿es verdad?
- La respuesta a un problema práctico es evaluada, comúnmente, por atributos de calidad: ¿es útil?, ¿es eficiente?, ¿es robusta?, ¿es confiable?, ¿es segura? ¿es simple?, ¿es de bajo coste?, ¿es flexible?, ¿es portable?, ¿es interoperable?, ¿es escalable?, etc.

La siguiente tabla resume algunas diferencias importantes entre problemas de conocimiento y problemas prácticos:

Problema de Conocimiento
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Busca la verdad.</li> <li>- Evita la interferencia con el mundo.</li> <li>- La meta es el conocimiento descriptivo.</li> <li>- Cualquier cambio en el mundo es un efecto colateral a ser minimizado.</li> <li>- Las reglas éticas no deben restringir las respuestas (verdades desagradables, repugnantes, ofensivas son verdades se quiera o no).</li> </ul>

Problema Práctico
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resuelve problemas.</li> <li>- Interfiere en el mundo.</li> <li>- La meta es el conocimiento prescriptivo.</li> <li>- Cualquier conocimiento adquirido es un efecto colateral a ser apreciado</li> <li>- Las reglas éticas son aplicadas para las respuestas (si cambias el mundo tú eres el responsable).</li> </ul>

## 5. El Diseño

Diseñar es esencialmente un proceso de búsqueda que procura descubrir una solución efectiva para un problema. La resolución de problemas puede ser vista como la utilización de recursos disponibles para alcanzar objetivos deseados restringidos a la satisfacción de leyes (fuerzas no controladas) existentes en el ambiente. La abstracción y representación de los recursos, objetivos y leyes son factores cruciales en un proceso de diseño, son dependientes del problema/ambiente y requieren de fuertes dosis de creatividad e innovación [Hevner et al., 2004].

A menudo, el proceso de diseño simplifica el problema abordando solamente un subconjunto de recursos, objetivos y leyes o descompone el problema en sub-problemas mucho mas simples. Tales simplificaciones y descomposiciones pueden no ser lo suficientemente realistas para tener un impacto significativo en la práctica, pero pueden representar un buen punto de partida. El progreso es efectuado iterativamente a medida que el alcance del problema es extendido. A medida que los recursos, objetivos y leyes son refinados y hechos más realistas, el artefacto diseñado llega a ser relevante y valioso.

El conjunto de todas las posibles soluciones para un problema es especificado como la combinación de todos los posibles recursos que satisfacen todos los objetivos establecidos restringidos a todas las leyes identificadas. A pesar, que la mayoría de veces determinar una solución “óptima” no sea posible (debido al tamaño del espacio de soluciones y a la dificultad para describir explícitamente los recursos, los objetivos y las leyes) la búsqueda debe ser por una solución “satisfactoria” sin necesidad de experimentar con todas las posibles soluciones. El proceso de diseño envuelve la creación, utilización y evaluación de estrategias de búsquedas heurísticas con la finalidad de construir un artefacto que “funcione” bien para una clase específica de problemas.

## 6. Evaluación

Una vez construidos, es importante que los artefactos sean puesto en acción y analizados para saber cómo son usados y cómo se comportan. Pries-Heje et al. [Pries-Heje et al., 2008] desarrollaron un framework de evaluación que contempla tres cuestiones: *cuándo* es efectuada, *qué* es lo que se evalúa y *cómo* es realizada.

*Cuándo* evaluar puede ser previa o posterior a la construcción del artefacto. La evaluación no está limitada a una simple actividad conducida al finalizar el ciclo: diseñar -> construir -> evaluar. En efecto, existe al menos

dos momentos de evaluación disponibles: diseñar -> evaluar -> construir -> evaluar. El *qué* evaluar se refiere a la elección entre el proceso de diseño o el producto del diseño, en otras palabras, es posible elegir entre evaluar el diseño o evaluar el producto. El *cómo* se refiere a elegir entre una de las formas de evaluación: evaluación artificial o evaluación naturalista.

La evaluación artificial puede ser empírica o no empírica y es casi siempre positivista y reduccionista. Se puede usar un enfoque interpretivista también, aunque generalmente como suplemento a la principal idea que es aprobar o desaprobar la teoría de diseño y la utilidad del artefacto. Ya que la evaluación artificial es irreal puede ser que los resultados de la evaluación no sean aplicables al uso real. La evaluación artificial incluye: experimentos de laboratorio, experimentos de campo, simulaciones, análisis basado en criterios, argumentos teóricos y pruebas matemáticas.

Las evaluaciones naturalistas pueden ser difíciles y costosas, ya que es necesario discernir los efectos de muchas variables confusas en el mundo real. La evaluación naturalista es siempre empírica y puede ser interpretivista, positivista y crítica. Entre los métodos de evaluación naturalista tenemos: estudios de casos, estudios de campo, surveys, etnografía, fenomenología, hermenéutica e investigación-acción. Debido a que la evaluación naturalista puede ser afectada por variables confusas o malas interpretaciones, sus resultados pueden no ser precisos o completamente ciertos acerca de la utilidad o eficacia del artefacto en el uso real.

Muy a menudo las medidas de evaluación son estrechamente relacionadas con criterios de calidad. Si la evaluación es referida al producto puede utilizarse la norma ISO 9126, por ejemplo. Y si la evaluación es al proceso puede pensarse en la evaluación de calidad de cada una de las actividades, herramientas, métodos y prácticas que guían el proceso de diseño.

Por otro lado, Daniel Moody [Moody, 2003] presentó un modelo teórico para evaluar métodos de diseño de sistemas de información. El modelo está basado en dos teorías: el Pragmatismo Metodológico (*Methodological Pragmatism*) y el Modelo de Aceptancia Tecnológica (*Technology Acceptance Model - TAM*). El modelo resultante incorpora dos dimensiones distintas para determinar el éxito de un método:

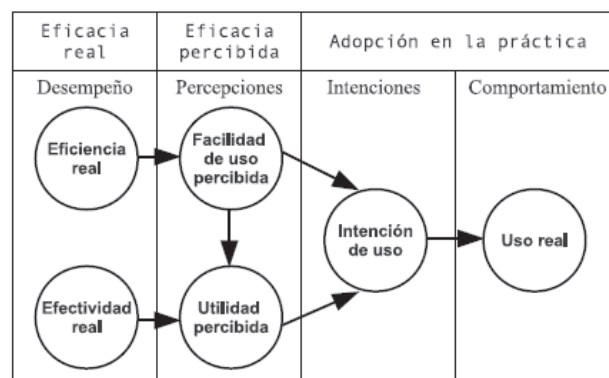
- Eficacia real: si el método mejora el desempeño de una tarea.
- Adopción en la práctica: si el método es usado en la práctica.

Un método que mejora el desempeño, pero que no es usado no tendrá sus beneficios aprovechados, y un método que las personas usan, pero que reduce el desempeño tendrá un efecto negativo en la práctica. Para que un método sea exitoso, no solamente tiene que mejorar el desempeño de una tarea, sino que también las personas deben poder hacer uso del método.

Los constructos en función de los cuales un método propuesto debe ser evaluado son (la Figura 1 muestra los constructos y sus relaciones):

- Eficacia real: Esfuerzo requerido para aplicar un método.
- Efectividad real: Grado con el cual un método logra sus objetivos.
- Facilidad de uso percibida: Grado de esfuerzo que una persona cree que significará el uso de un método particular.
- Utilidad percibida: Grado de efectividad que una persona cree que un método posee.
- Intención de uso: Grado de la intención de uso que una persona tiene sobre un método.
- Uso real: Grado en el que un método es usado en la práctica.

Figura 3. Modelo de evaluación de métodos propuesto por Daniel Moody [Moody, 2003].



## 7. Conclusión

La toma de decisiones y la resolución de problemas son acciones que las personas hacen en todo momento y en todo lugar. Indudablemente, el **conocimiento** disponible mejora el resultado de las acciones elegidas.

Las ciencias tradicionales buscan explicar y predecir cómo es el mundo para una mejor toma de decisiones mientras que las ciencias de lo artificial buscan construir artefactos, modificando el mundo, con la finalidad de resolver problemas de forma efectiva. Entre los aspectos más importantes de las ciencias de lo artificial destacamos: la ciencia del diseño, la relevancia del problema, la rigurosidad del diseño y la rigurosidad de la evaluación

Necesidades e insatisfacciones con el estado actual junto con la determinación de que alguna acción debe ser tomada para resolver el problema es el inicio de un proceso de diseño. La ciencia del diseño no estudia la realidad como lo hacen las ciencias tradicionales, lo que hace es crear nuevas e innovadoras realidades artificiales. Si un artefacto es desarrollado por primera vez la contribución yace en la novedad y efectividad del mismo, en caso contrario, la contribución es juzgada basada en la significancia del mejoramiento (más comprensivo, mejor desempeño, etc.). A diferencia del proceso de diseño convencional la ciencia del diseño busca generar conocimiento generalizable que pueda ser aplicable a clases de problemas más que a problemas específicos.



En un proceso de investigación científica, el diseño debe contemplar dos aspectos cruciales: rigor y relevancia. Relevancia práctica en la identificación del problema y rigor científico en el diseño y evaluación de los artefactos.

Los aspectos descritos en este trabajo no han sido inventados por los autores: han sido sintetizados en base a un estudio de la literatura con el fin de alcanzar el propósito del artículo.

## Referencias bibliográficas

- [Baskerville et al., 2011] Baskerville, R., Lyytinen, K., Sambamurthy, V., Straub, D. (2011). A response to the design-oriented information systems research memorandum. *EJIS*(2011)11-15
- [Hevner et al., 2004] Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., and Ram, S. (2004). Design Science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28:75–105.
- [March and Smith, 1995] March, S. T. and Smith, G. F. (1995). Design and natural Science research on information technology. *Decision Support Systems*, 15:251–266.
- [Moody, 2003] Moody, D. L. (2003). The method evaluation model: a theoretical model for validating information systems design methods. In *Proceedings of 11th European Conference on Information Systems*.
- [Nunamaker et al., 1991] Nunamaker, J., Chen, M. and Purdin, T. (1991). “System Development in Information Systems Research.” *Journal of Management Information Systems*, 7:3, pp. 89 – 106.
- [Österle et al., 2010] Österle, H., Becker, J., Frank, U., Hess, T., Karagiannis, D., Krcmar, H., Loos, P., Mertens, P., Oberweis, A., and Sinz, E. J. (2010). Memorandum on design-oriented information systems research. *European Journal of Information Systems*, 20, 7--10.
- [Peppers et al., 2007] Peppers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. and Chatterjee, S. (2007). A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems* 24(3): 45-77.
- [Pries-Heje et al., 2008] Pries-Heje, J., Baskerville, R., and Venable, J. (2008). Strategies for design science research evaluation. In *Proceedings of the 16th European Conference on Information Systems*, pages 255–266. National University of Ireland.
- [Rossi and Sein, 2003] Rossi, M. and Sein, M. K. (2003). Design research workshop: A proactive research approach. *Action Research*, 2005(01.02.2004):1–20.
- [Simon, 1996] Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial* (3rd ed.). MIT Press, Cambridge, MA, USA.
- [Weber, 2003] Weber, R. (2003). Editor’s comment: the problem of the problem. *MIS Quarterly*, 27:iii–ix.
- [Wieringa, 2007] Wieringa, R. (2007). Writing a report about design research. University of Twente, The Netherlands.
- [Wieringa, 2010] Wieringa, R. J. (2010). Relevance and problem choice in design science. In *Global Perspectives on Design Science Research (DESRIST). 5th International Conference*, St. Gallen, volume 6105 of Lecture Notes in Computer Science, pages 61–76, London. Springer Verlag.
- [Wikipedia, 2011] Wikipedia (2011). Science — Wikipedia, the free encyclopedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Science>. [Online; accessed September-2011].