

## **UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA EN CONSISTENCIA ENTRE PROBLEMAS Y OBJETIVOS EN INGENIERÍA DE SOFTWARE Y GERENCIA ORGANIZACIONAL**

CARLOS MARIO ZAPATA\*  
FABIO ALBERTO VARGAS\*\*

### **RESUMEN**

Los objetivos y los problemas son elementos empleados en múltiples dominios con el fin de crear soluciones a situaciones problemáticas. Por lo general, la identificación de objetivos y problemas se suele delegar a personas con capacidad de análisis, quienes emplean su intuición para, subjetivamente, realizar tal identificación. En este artículo se explora la literatura existente en la representación de objetivos y problemas en ingeniería de software y gerencia organizacional, además de una serie de trabajos sobre consistencia entre estos conceptos. En el mediano plazo, se busca la representación y validación automática de objetivos y problemas.

**PALABRAS CLAVE:** objetivos organizacionales; problemas; estructuras gramaticales; relaciones de consistencia.

### **A STATE-OF-THE-ART REVIEW ABOUT CONSISTENCY BETWEEN PROBLEMS AND GOALS IN SOFTWARE ENGINEERING AND ORGANIZATIONAL MANAGEMENT**

### **ABSTRACT**

Goals and problems are elements used in several domains for creating solutions to problematic situations. In such domains, problem and goal identification tends to be delegated to people with analysis capabilities, who use their intuition and subjectivity in order to complete this task. In this paper, we explore the state of the art in the representation of goals and problems in software engineering and organizational management. Also, we explore

---

\* Ingeniero Civil, Especialista en Gerencia de Sistemas Informáticos, Magíster en Ingeniería de Sistemas y Doctor en Ingeniería con énfasis en Sistemas. Profesor Asociado de la Escuela de Sistemas, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia. Líder del Grupo de Investigación en Lenguajes Computacionales. cmzapata@unal.edu.co

\*\* Ingeniero de Sistemas, Especialista en Ingeniería de Software, Docente de tiempo completo, Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia, Medellín, Colombia. sistemas@tdea.edu.co

some research work in consistency between problems and goals. The aim of this paper, in the medium term, is the automated representation and validation of goals and problems.

**KEY WORDS:** organizational goals; problems; grammar structures; consistency relationships.

## **UMA REVISÃO DA LITERATURA EM CONSISTÊNCIA ENTRE PROBLEMAS E OBJETIVOS EM ENGENHARIA DE SOFTWARE E GERÊNCIA ORGANIZACIONAL**

### **RESUMO**

Os objetivos e os problemas são elementos empregados em múltiplos domínios com o fim de criar soluções a situações problemáticas. Pelo geral, a identificação de objetivos e problemas se costuma delegar a pessoas com capacidade de análise, que empregam sua intuição para, subjetivamente, realizar tal identificação. Neste artigo se explora a literatura existente na representação de objetivos e problemas em engenharia de software e gerência organizacional, além de uma série de trabalhos sobre consistência entre estes conceitos. No médio prazo, procura-se a representação e validação automática de objetivos e problemas.

**PALAVRAS-CÓDIGO:** objetivos organizacionais; problemas; estruturas gramaticais; relações de consistência.

### **1. INTRODUCCIÓN**

La definición de una solución a una situación problemática, ya sea perteneciente a dominios como la ingeniería de software y la gerencia organizacional, requiere un análisis inicial exhaustivo en cabeza de personas que tengan en cuenta elementos muy importantes como los objetivos de las organizaciones y los problemas que se puedan identificar. La identificación de estos elementos en dichos dominios se inicia con su representación, en la que se suelen emplear ciertos diagramas o descripciones en lenguaje natural. Esa representación suele partir del análisis subjetivo e intuitivo que realizan los responsables de tales procesos.

En el primer dominio, la ingeniería de software, cuyo origen se remonta ya a casi cuatro décadas, se generaron propuestas de métodos, artefactos y estrategias metodológicas que buscan darle al desarrollo de software orden, estandarización y calidad. Así, se busca que las aplicaciones de software se adapten a los diferentes tipos de interesados (personas y organizaciones) que las requieran, teniendo muy en cuenta sus necesidades y expectativas y

procurando solucionar los problemas de la organización de forma pertinente y con calidad, es decir, tomando en cuenta los objetivos de la organización, a fin de garantizar su cumplimiento (Christel y Kang, 1992). El ciclo de vida del software promueve, en sus fases iniciales, el conocimiento profundo de los problemas que sufre la organización y de los objetivos que procuran los actores al realizar los diferentes procesos. Con este conocimiento se busca proponer soluciones o tomar decisiones que lleven a eliminar las causas que impidan el logro de los objetivos organizacionales (Zapata y Arango, 2004). El proceso de identificación y expresión de los problemas se apoya, principalmente, en la experiencia e intuición del analista. Los métodos de desarrollo de software, tales como CDM (Oracle, 2000; Anderson y Wendelken, 1996), RUP (Kruchten, 1999), FDD (Coad, Lefebvre y De Luca, 1999) y XP (Beck, 2000), entre otros, no utilizan criterios definidos para representar los problemas ni los objetivos y mucho menos la relación de consistencia entre ellos, pues toman como punto de partida la solución que el interesado debe conceptualizar con el analista. Además, utilizan los objetivos y los problemas sólo de manera descriptiva



y referencial, tratando de suministrar un contexto al desarrollo de software, pero sin incorporar esos elementos adecuadamente en la solución. El método de desarrollo de software UN-MÉTODO (Zapata, Villegas y Arango, 2006) realiza una aproximación a la relación entre problemas y objetivos utilizando para ello el diagrama causa-efecto (Ishikawa, 1986) y el diagrama de objetivos de KAOS (Dardenne, Lamsweerde y Fickas, 1993; Lamsweerde, 2000). Pese a incluir diagramas para el análisis de problemas y objetivos, el analista debe construirlos de manera subjetiva, garantizando la consistencia entre sus elementos, lo cual genera incompatibilidades, pues se trata de un proceso manual.

En el segundo dominio, la gerencia organizacional, se emplean metodologías como Kepner-Tregoe (Kepner y Tregoe, 1965 y 1997) y Marco Lógico (Practical Concepts, 1979; Ortegón, Pacheco y Prieto, 2005; Sánchez, 2006), en las cuales los analistas determinan y redactan los problemas y los objetivos y establecen las posibles relaciones entre ellos de una forma intuitiva, dependiendo directamente de su interpretación y de la comprensión que tengan del área, sin que medie un criterio definido y validado para sustentar esas relaciones.

En otros dominios, se emplean ya sea objetivos o problemas con fines específicos. Por ejemplo, en Matemáticas se plantean estructuras para enunciar problemas (Carpenter, 1985; Puente, 1993; Romero, 2006), en Educación se proponen estructuras de objetivos (Navarro *et al.*, 2000) y en Investigación se aplican estructuras para redacción de problemas y redacción de objetivos de áreas determinadas de investigación científica (Ortega, 2003; Teufel, 1998; Rondón, 2006).

En este artículo se compendian los trabajos que procuran representar objetivos y problemas y la consistencia entre ellos, particularmente en la ingeniería de software y la gerencia organizacional, con el fin de realizar una revisión crítica al respecto que posibilite la síntesis de la información disponible y la definición de líneas de acción futura a este respecto.

El artículo tiene la siguiente estructura: en la sección 2 se presenta una revisión y análisis de los dominios en los que se suelen utilizar y representar objetivos; en la sección 3 se realiza una revisión y análisis de los dominios en los que se representan los problemas; en la sección 4 se presentan y analizan los diferentes métodos que realizan una aproximación a la relación entre problemas y objetivos; en la sección 5 se presenta un análisis crítico y, finalmente, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro en la sección 6.

## 2. REPRESENTACIÓN DE OBJETIVOS

Los objetivos se pueden representar de acuerdo con el dominio en el cual se requieran. Según Navarro *et al.* (2000), las estructuras de enunciados de objetivos en el ámbito académico contienen: un verbo que expresa el resultado, la acción o el comportamiento mediante el cual un alumno manifiesta lo que aprendió, uno o varios complementos que indican el tema sobre el que se espera el resultado y las circunstancias (modo, causa, finalidad, etc.) en las que se debe dar el resultado. Asimismo, un objetivo didáctico expresa con claridad lo que se espera que el alumno aprenda al terminar el desarrollo de un curso determinado, es decir, informa sobre el resultado o el cambio esperado en el alumno como consecuencia del proceso de enseñanza-aprendizaje. En estas estructuras de objetivos, una sentencia del estilo “el alumno debe ser capaz de” precede la lista de objetivos de una asignatura. Sin embargo, en este trabajo la identificación de los objetivos es bastante subjetiva, pues fuera de la sentencia anotada para la identificación no existen líneas de base que permitan intuir la presencia de un objetivo dentro de un discurso o su definición para un contexto específico.

Bloom, Bertram y Krathwohl (1956) presentan una taxonomía de verbos que ayudan en la redacción de objetivos en el área de educación. Esta taxonomía define tres áreas del conocimiento en las que se puede evaluar un correcto aprendizaje:

- *Cognoscitiva*. Se refiere a los objetivos que incluyen el recuerdo o reconocimiento de información, además del desarrollo de habilidades y capacidades intelectuales complejas.
- *Afectiva*. Incluye objetivos que contienen proposiciones de resultados de aprendizaje, donde las manifestaciones predominantes de los alumnos son emociones, intereses, valores, actitudes, juicios y diferentes formas de adaptación personal o social.
- *Psicomotora*. Considera todos los objetivos propuestos de tipo educacional como resultados concretos de una acción educativa. Además, incluye la manifestación de conductas en las que el aspecto predominante son las habilidades y destrezas neuromusculares o físicas.

Si bien la taxonomía de Bloom, Bertram y Krathwohl (1956) es un esfuerzo tendiente a la redacción de objetivos educativos, presenta problemas en el hecho de que no realiza diferenciación entre los verbos que expresan objetivos y los que representan simplemente actividades.

Urrego (2003 y 2005) plantea el modelo de trazabilidad de requisitos mediante un formalismo para la representación y clasificación de objetivos que se basa en la gramática de casos (Fillmore, 1968). Los objetivos se representan en una ontología de verbos de dos tipos: causativos (que se dividen en físicos e intelectuales) y descriptivos (que se subdividen en verbos de servicios, de procesos, de actividades o de estados) y luego se aplican patrones progresivos y objetivos estacionarios (estados) para refinar los objetivos del negocio, los cuales representan los requisitos del sistema. En este trabajo, sin embargo, tampoco se establece una diferenciación de los verbos que permiten definir o identificar objetivos frente a los que se emplean en la definición de operaciones o actividades.

Por otra parte, Antón (1996, 1997 y 1998) presenta un conjunto de verbos que se pueden utilizar en la redacción de objetivos y que se clasifican

en tres categorías (mantenimiento, mejoramiento y realización). Zapata y Lezcano (2009) amplían la base de verbos de Antón mediante un análisis de las similitudes que presentan esos verbos. Estos trabajos se enfocan en los verbos de objetivos, pero no se ocupan del resto de la estructura que podría presentar un objetivo.

En la elaboración del diagrama de objetivos existen dos propuestas que se utilizan en el proceso de análisis de requisitos, dentro del desarrollo de aplicaciones de software: I\* (Yu, 1995; Ayala *et al.*, 2005) y KAOS (Dardenne, Lamsweerde y Fickas, 1993; Letier, 2001). Yu (1995) define I\* como un lenguaje orientado a objetivos que propone el uso de modelos dependiendo del nivel de abstracción de los objetivos planteados. En Dardenne, Lamsweerde y Fickas (1993) se presenta el diagrama de objetivos de KAOS como una manera de ligar gráficamente y de forma jerárquica los objetivos de alto nivel de una organización con los requisitos y expectativas que se generan alrededor del software. Tanto I\* como KAOS se ocupan de la representación gráfica de los objetivos y otros elementos del dominio de un interesado, pero no presentan una estructura gramatical que permita deducir si lo que se incluye en la representación gráfica de un objetivo efectivamente lo es. Zapata, Lezcano y Tamayo (2007) y Lezcano (2007) se ocupan parcialmente de esta limitación, al proponer la elaboración semiautomática del diagrama de objetivos de KAOS desde los denominados esquemas preconceptuales (que son diagramas que representan de forma controlada un discurso sobre un determinado tema); con ello se pretende acercar el diagrama de objetivos al dominio del problema, para mejorar la comunicación entre analista e interesado. Empero, la estructura de los objetivos, que proviene de los esquemas preconceptuales, se aleja un poco del lenguaje natural, pues procede de un lenguaje gráfico controlado que sólo toma en cuenta un verbo de logro que modifica sustantivos o frases simples con verbos de operación. De esta manera, se desconocen algunas estructuras gramaticales que podrían representar objetivos, tales como las que usan adverbios o adjetivos.



Otras propuestas emplean los diagramas de objetivos como técnicas de captura y análisis de los requisitos de una aplicación. Por ejemplo, Thomas y Oliveros (2003) y Rolland, Souveyet y Achour (1998) plantean el manejo de técnicas que utilizan los escenarios como recurso para la captura y representación de objetivos. González-Baixauli, Laguna y Leite (2004), Mylopoulos, Chung y Yu (1999), Lamsweerde y Letier (1998) y Lamsweerde (2001) promueven la utilización de objetivos como base para obtener los requisitos de una aplicación, incorporando de esta forma un punto de vista intencional, que permite a los interesados expresar sus necesidades de una manera más natural, centrándose en lo que quieren (sus objetivos) frente a la manera de alcanzarlos (los requisitos convencionales). A partir de los objetivos, los requisitos se pueden derivar como maneras de alcanzar esos objetivos. Los objetivos se suelen estructurar en árboles *And-Or* descomponiéndolos en otros, obligatorios u optativos. Así, es posible estudiar alternativas en los requisitos y verificar la completitud de un conjunto de requisitos respecto de los objetivos planteados. Además, este estudio exige la elaboración de una expresión formal para representar los objetivos. Gutiérrez *et al.* (2007) plantean la generación automática de objetivos de prueba a partir de casos de uso, con el fin de contribuir a identificar, justificar y organizar los requisitos. Este grupo de trabajos comparte las mismas limitaciones de los ya presentados: no se plantea una estructura para reconocer los objetivos desde el lenguaje natural, conduciendo a equívocos en el momento de diferenciar un objetivo de una actividad o de un requisito.

En cuanto a la gerencia organizacional, se presentan dos propuestas principales para el planteamiento de objetivos. En la primera de ellas, Practical Concepts (1979), Sánchez (2006) y Ortegón, Pacheco y Prieto (2005) plantean, en la metodología de Marco Lógico, que los objetivos se describen como situaciones futuras a las que se desea llegar una vez se resuelvan los problemas. En la segunda propuesta, Kepner y Tregoe (1965 y 1997) se refieren a los

objetivos como estructuras que deben describir los estados que se busca alcanzar en procesos de toma de decisiones, de una forma precisa, situándolos en el tiempo y en un contexto determinado. Si bien estos trabajos presentan algunas pistas sobre el proceso para identificar los objetivos, no se establecen estructuras gramaticales precisas que permitan decidir si una frase contiene o no un objetivo. Adicionalmente, en los ejemplos suministrados de estas metodologías en la literatura, la responsabilidad de la identificación de los objetivos recae sobre los analistas.

### 3. REPRESENTACIÓN DE PROBLEMAS EN DIFERENTES DOMINIOS

Un problema se define, de forma genérica, como cualquier situación prevista o espontánea que produce, por un lado, un cierto grado de incertidumbre y, por el otro, una conducta tendiente a la búsqueda de su solución. Según López (1989) y Rittel y Webber (1973), los problemas, de acuerdo con su naturaleza, se clasifican en problemas cerrados (que son aquellos que contienen toda la información precisa y se resuelven empleando un cierto algoritmo) y problemas abiertos (que, por el contrario, implican la existencia de una o varias respuestas en su solución y cuyo encargado aporta mediante una acción de pensamiento productivo). Teniendo en cuenta estas dos alternativas, los problemas cualitativos se consideran, en la mayoría de los casos, como problemas abiertos y los cuantitativos, cerrados. Según Garrett (1988), los problemas cerrados son aquellas situaciones problemáticas que tienen sólo una respuesta o más de una pero igualmente correctas. Al dar solución, generalmente, se sabe cuándo se llega a una respuesta y, como se sabe que hay una respuesta a la cual llegar, entonces es posible resolver estas situaciones. Por otra parte, los problemas abiertos son situaciones para las que puede haber varias respuestas, de las que ninguna de ellas sea correcta o equivocada en términos absolutos, sino simplemente la más adecuada para un conjunto dado de

circunstancias. Posiblemente, se involucra un conjunto de factores en conflicto y nunca se puede estar seguro de llegar siquiera a la mejor respuesta. Estos trabajos se ocupan de la definición y clasificación de los problemas, pero no de la manera como se podrían identificar desde el discurso.

Desde el punto de vista matemático, Carpenter (1985) demostró que las principales variables para entender un problema son de naturaleza lingüística, es decir, sintácticas, semánticas o una combinación de ambas. Entre las variables sintácticas se encuentran el número de palabras, la secuencia de la información y la presencia de alguna palabra clave que pueda inferir la realización de alguna operación, aunque considera que las variables semánticas son las más importantes. En este mismo dominio, Castro (1991) establece que el término “problema” involucra: una proposición o enunciado, unos datos conocidos que hay que estudiar, una acción (que algunos sujetos deben averiguar), una meta u objetivo (por ejemplo, obtener un resultado) y un proceso (el modo de actuación para alcanzar el resultado). Pese a los conceptos que presentan, ninguno de estos trabajos permite una identificación clara de los problemas empleando las variables sintácticas o semánticas o los elementos establecidos (proposición, acción, meta y proceso).

En el dominio de la gerencia organizacional, Practical Concepts (1979) y Ortegón, Pacheco y Prieto (2005) exponen el análisis de problemas desde el punto de vista de la metodología Marco Lógico, en la cual los problemas se expresan como estados negativos y no como situaciones inexistentes. Así, se plantea que un problema se expresa de forma incorrecta como “no hay pesticidas”, en tanto que el problema correcto podría ser “las plagas destruyen la cosecha”. También en ese dominio, Kepner y Tregoe (1965 y 1997) presentan los problemas como estructuras que representan una brecha entre un objetivo y una situación actual y que se deben

representar en cuatro dimensiones (identidad, ubicación, tiempo y magnitud), por medio de las preguntas qué, dónde, cuándo y cuánto. Si bien aparece acá un concepto nuevo sobre la relación que existe entre los objetivos y los problemas, ni en Marco Lógico ni en Kepner-Tregoe se establece de forma clara cómo plantear los problemas. Se deja su planteamiento completamente en manos del analista quien, con sus elementos subjetivos, debe plantear los problemas que intuitivamente identifique. Además, se pueden generar equívocos pues, desde el punto de vista gramatical, tanto la frase “correcta” como la “incorrecta” que se presentan en Ortegón, Pacheco y Prieto (2005) podrían considerarse enunciados de problemas para determinadas situaciones.

Para la representación gráfica de los problemas, Ishikawa (1986) propone el diagrama causa-efecto, que permite detectar un problema central y las causas que lo ocasionan. Esta propuesta, si bien presenta un procedimiento para la identificación de problemas en las organizaciones, no plantea una estructura gramatical definida para dichos problemas, dejando en manos del analista la responsabilidad de plantearlos adecuadamente.

Finalmente, algunos autores (Winter, 1977; Hoey, 1994; Muto-Humphrey, 2007; Armbruster, Anderson y Ostertag, 1987; Sproull, 2001) plantean los problemas desde la estructura situación-problema-observación-solución-evaluación, donde un texto se analiza para lograr la toma de una decisión específica que beneficie a una organización. Se expone que el texto o enunciado contiene componentes que dan idea de la presentación en él de una situación, un problema y una posible solución.

Al igual que en el caso del planteamiento de objetivos, en los trabajos anotados no se presentan estructuras gramaticales que puedan representar los problemas. Además, la identificación de los problemas recae directamente en el analista, que es el encargado de recolectarlos.



#### 4. MÉTODOS PARA REPRESENTAR LAS RELACIONES ENTRE OBJETIVOS Y PROBLEMAS

Kepner y Tregoe (1965) analizan los problemas según cuatro dimensiones: Identidad (“¿Qué es lo que se trata de explicar?”), Ubicación (“¿Dónde se observa?”), Tiempo (“¿Cuándo ocurre?”) y Magnitud (“¿Cómo es de grave?”). El punto de partida es la generación de problemas para explicar la toma de decisiones. Así, para que exista un problema no sólo se debe dar la condición de desequilibrio, sino también que alguien piense que la desviación es lo suficientemente importante como para que el analista la corrija. Tomar la mejor decisión implica una secuencia de procedimientos que se basan en otros siete conceptos, a saber: los objetivos de una decisión, la clasificación de los objetivos conforme a su importancia (obligatoria o deseada), el desarrollo de acciones alternativas, la valoración de las opciones respecto de los objetivos establecidos, la elección de la opción con mejor capacidad para lograr todos los objetivos (que representa la decisión tentativa), la determinación de las futuras consecuencias adversas posibles mediante el análisis de la decisión tentativa y la toma de diferentes medidas, teniendo en cuenta las posibles consecuencias adversas que se pueden transformar en problemas y asegurándose de que las acciones adoptadas se llevan a cabo. Esta metodología establece una relación secuencial entre la definición, el análisis de los problemas, la toma de decisiones y el planteamiento de objetivos de dicha solución, teniendo en cuenta que, para ello, el analista es el encargado de determinar cuáles son los problemas, enunciarlos y tomar una decisión que elimine la situación negativa encontrada en la organización.

Ortegón, Pacheco y Prieto (2005) plantean, en la metodología de Marco Lógico, que al momento de preparar un proyecto es necesario identificar el problema que se desea intervenir, así como sus causas y sus efectos. Para este proceso se contemplan los siguientes pasos: analizar e identificar lo

que se considere como problemas principales de la situación por abordar, establecer el problema central que afecta a la comunidad, aplicando criterios de prioridad y selectividad, definir los efectos más importantes del problema, anotar las causas del problema central detectado, construir el árbol de problemas (que suministra una imagen completa de la situación negativa existente) y revisar la validez e integridad del árbol dibujado, con el fin de verificar que el problema central se defina correctamente y que las relaciones causales se expresen de forma adecuada. Además, la metodología plantea un análisis de objetivos que permite describir la situación futura a la que se desea llegar, una vez se resuelvan los problemas. Este análisis consiste en convertir los estados negativos del árbol de problemas en soluciones expresadas en forma de estados positivos. Así, todos los estados positivos son objetivos y se presentan en un árbol de objetivos. En esta metodología se realiza una aproximación a la relación entre problemas y objetivos, ya que se establece que los problemas son situaciones negativas y no estados inexistentes, que se enuncian de una manera y que se plasman en un árbol de problemas. De allí, se construye el árbol de objetivos convirtiendo los problemas en situaciones positivas. La relación entre problemas y objetivos se realiza en el nivel de objetivos de la solución y en ningún momento se refiere a objetivos organizacionales.

Zapata, Villegas y Arango (2006) plantean UN-MÉTODO, que es un método de desarrollo de software que se centra en el problema antes de pensar en la manera de solucionarlo. En él se identifican y analizan detalladamente los procesos, objetivos y problemas de la organización. Para la representación de los objetivos se utiliza el diagrama de KAOS (Lettier, 2001), donde se parte de los objetivos de más alto nivel de la organización, que se van subrogando paulatinamente en otros objetivos hasta alcanzar los requisitos que la aplicación de software deberá cumplir para satisfacer los objetivos organizacionales. Para representar los problemas se utiliza el diagrama causa-efecto (Ishikawa, 1986; Mahto y Kumar, 2008),

que le permite al analista estructurar y jerarquizar los problemas que identifica durante las entrevistas que realiza con el interesado para, de esta forma, tomar decisiones respecto de cuál deberá ser el área en la que se enfoque su trabajo. Para establecer la relación entre los objetivos y los problemas se plantea una tabla explicativa de los procesos de la organización, que incluye los objetivos que busca alcanzar un proceso y los problemas que se ligan con ese proceso. Esta tabla se rige por reglas de consistencia, pero requiere todavía una alta dosis de interpretación por parte del analista para elaborarla, puesto que no se definen las características que deberían cumplir los objetivos ni los problemas.

En ninguno de los métodos descritos existe una estructura gramatical clara para establecer qué es un problema y qué no es y además no se estructura una forma de representarlos. Lo mismo ocurre con los objetivos, tanto los de la solución como

los organizacionales. La relación entre objetivos y problemas es una actividad propia del analista, quien determina qué problemas provienen de un objetivo determinado o qué objetivos solucionan un problema específico.

## 5. ANALISIS CRÍTICO

En la tabla 1 se compendia la información correspondiente a la revisión de la literatura en representación de objetivos y problemas y su consistencia. Los criterios definidos para los trabajos analizados son los siguientes: (1) se refiere a objetivos; (2) se refiere a problemas; (3) expone estructuras para representar objetivos; (4) expone estructuras para representar problemas; (5) el analista plantea subjetivamente objetivos y problemas; (6) plantea relaciones entre objetivos y problemas; (7) posee diagramas para representar objetivos y problemas.

**Tabla 1.** Autores destacados en representación de objetivos y problemas y su consistencia

AUTORES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	OBSERVACIONES
	Anderson y Wendelken (1996)	X	X			X		
Antón (1996, 1997 y 1998)	X				X			Plantea verbos de objetivos, aunque no la estructura.
Armbruster, Anderson y Ostertag (1987)		X		X	X			
Ayala <i>et al.</i> (2005)	X				X		X	Confunde verbos de objetivos con verbos de operación.
Beck (2000)	X	X			X			
Bloom, Bertram y Krathwohl (1956)	X				X			Confunde verbos de objetivos con verbos de operación.
Carpenter (1985)		X		X	X			Entregan pautas para que el analista pueda identificar los problemas.
Castro (1991)		X		X	X			
Coad y LeFebvre (1999)	X	X			X			
Dardenne, Lamsweerde y Fickas (1993)	X				X		X	
Garreht (1988)		X		X	X			
González-Baixaúl, Laguna y Leite (2004)	X				X			





AUTORES								OBSERVACIONES
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Gutiérrez <i>et al.</i> (2007)	X				X			
Hoey (1994)		X		X	X			
Ishikawa (1986)		X			X		X	
Kepner y Tregoe (1965 y 1997)	X	X			X		X	Más que estructuras, son ejemplos de uso.
Kruchten (1999)	X	X			X			
Lamsweerde (2000 y 2001)	X				X		X	Estos trabajos poseen un trasfondo interesante basado en lógica de predicados, que podrían servir para validación.
Lamsweerde y Letier (1998)	X				X		X	
Letier (2001)	X				X		X	
Lezcano (2007)	X		X		X		X	Plantea verbos de objetivos y una estructura incipiente.
López (1989)		X		X	X			
Mahto y Kumar (2008)		X		X	X			
Muto-Humprey (2007)		X		X	X			
Mylopoulos, Chung y Yu (1999)	X				X		X	Confunde verbos de objetivos con verbos de operación.
Navarro <i>et al.</i> (2000)	X		X		X			
Oracle Corporation (2000)	X	X			X			
Ortega (2003)	X		X		X			
Ortegón, Pacheco y Prieto (2005)	X	X			X	X	X	Más que estructuras, son ejemplos de uso.
Practical Concepts (1979)	X	X			X	X	X	Más que estructuras, son ejemplos de uso.
Puente (1993)	X		X		X			
Rittel y Webber (1973)		X		X	X			
Rolland, Souveyet y Achour (1998)	X				X			
Romero (2006)	X		X		X			
Rondón (2006)	X				X			
Sánchez (2006)	X	X			X	X	X	Más que estructuras, son ejemplos de uso.
Sproull (2001)		X		X	X			
Teufel (1998)	X	X			X			
Thomas y Oliveros (2003)	X				X		X	Confunde verbos de objetivos con verbos de operación.
Urrego (2003 y 2005)	X		X		X			
Winter (1977)		X		X	X			
Yu (1995)	X				X		X	Confunde verbos de objetivos con verbos de operación.
Zapata y Lezcano (2009)	X				X		X	
Zapata, Lezcano y Tamayo (2007)	X		X		X		X	Plantea verbos de objetivos y una estructura incipiente.
Zapata, Villegas y Arango (2006)	X	X			X	X	X	

Una síntesis adicional de la revisión de la literatura se muestra en la figura 1 mediante un esquema preconceptual (Zapata, Lezcano y Tamayo, 2007), que es un esquema de representación del conocimiento en cualquier dominio. En este caso, se añade a las relaciones dinámicas (los verbos que

se encuentran en un óvalo con línea discontinua) un adverbio para denotar la manera en que se realiza cada acción, lo cual constituye una ampliación a la sintaxis de estos esquemas. Con esta representación se fundamentan las conclusiones y el trabajo futuro, que se proponen en la sección 6.

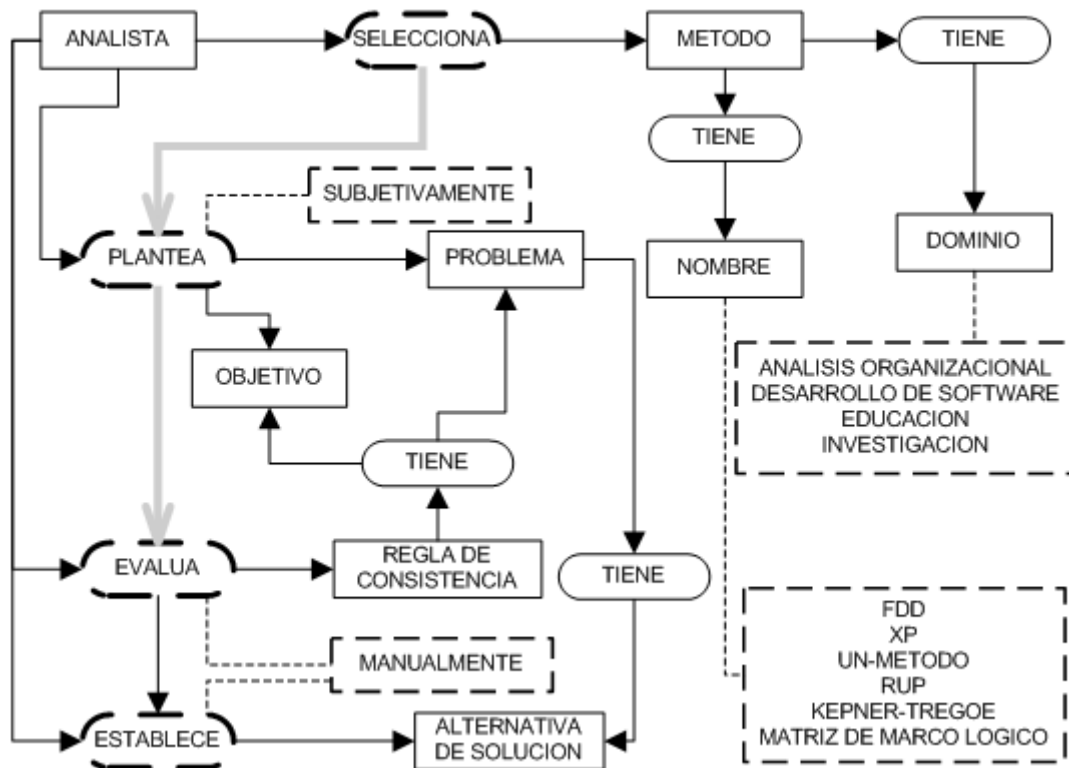


Figura 1. Síntesis de la revisión de la literatura en consistencia entre objetivos y problemas

## 6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En dominios como la ingeniería de software y la gerencia organizacional, el adecuado planteamiento de los objetivos y los problemas, así como las relaciones de consistencia entre ellos, pueden conducir a un mejor análisis de las soluciones problemáticas y, consecuentemente, al planteamiento de soluciones adecuadas, alineadas con la estrategia organizacional (sus objetivos) y que resuelvan las situaciones negativas (sus problemas).

Como se nota en la revisión de la literatura especializada en estos temas, tanto la identificación y la estructuración de problemas y objetivos como su forma de enunciarlos recaen de forma directa en el analista, que acude a su experiencia para realizar estos procesos. Específicamente, no se halló en la literatura revisada que exista alguna estructura gramatical que se asocie con problemas u objetivos de una organización, salvo el trabajo de Lezcano (2007), el cual plantea una estructura supremamente controlada y restringida basada en esquemas preconceptuales, pero que no incluye algunas palabras



importantes para calificar objetivos, tales como los adjetivos y los adverbios.

En el caso de los problemas, no existe una estructura gramatical definida, lo cual introduce subjetividad en el proceso, pues algunos analistas pueden reconocer algunas frases como problemáticas, en tanto otros no lo hacen.

Tampoco se plantean métodos automáticos que permitan relacionar objetivos y problemas, pues pese a que algunos utilizan técnicas de representación tanto de objetivos como de problemas (diagrama de objetivos de KAOS, diagrama de objetivos de I\*, diagrama causa-efecto, árbol de problemas y árbol de objetivos de la metodología de Marco Lógico), sigue siendo un trabajo que depende del analista, basado en su intuición, sin que medie ningún chequeo de consistencia. Sin embargo, en la literatura revisada aparece un elemento común que puede permitir el planteamiento de trabajo futuro en el área: se reconoce que los problemas son situaciones negativas y que su contraparte positiva se puede considerar un planteamiento de objetivos.

Dentro de las líneas que se espera desarrollar como trabajo futuro en relación con la consistencia entre problemas y objetivos, tanto en los procesos de desarrollo de software como en los referentes al análisis organizacional, se cuentan:

- Proponer estructuras gramaticales para enunciar problemas y objetivos en los procesos de educación de requisitos para el desarrollo de software y la gerencia organizacional. A este respecto, cabe aclarar que los problemas de estos dominios se suelen referir a problemas abiertos, según las definiciones recopiladas para este artículo.
- Establecer las relaciones lingüísticas existentes entre los problemas y objetivos como una primera aproximación para establecer la consistencia entre ellos.
- Desarrollar ontologías de términos ligados con procesos de desarrollo de software y gerencia

organizacional, especialmente en el planteamiento de objetivos y problemas.

- Desarrollar un método que permita establecer la consistencia entre los objetivos planteados en el diagrama de objetivos de KAOS y los problemas representados en el diagrama causa-efecto, con el fin de suministrar herramientas para establecer la consistencia y completitud de los requisitos en UN-Método.

## REFERENCIAS

- Anderson, C. and Wendelken, D. *The Oracle Designer/2000 Handbook*. New York: Addison-Wesley, 1996.
- Antón, A. (1996). Goal-based requirements analysis. Proceedings of the Second IEEE International Conference on Requirements Engineering, Colorado Springs (Estados Unidos), pp. 136-144.
- Antón, A. 1997. Goal identification and refinement in the specification of software-based information systems. Ph.D. Dissertation, Georgia Institute of Technology, Atlanta.
- Antón, A. (1998). The use of goals to surface requirements for evolving system. Proceedings of the 1998 (20<sup>th</sup>) International Conference on Software Engineering, Kyoto (Japón), pp. 157-166.
- Armbruster, B.; Anderson, T. and Ostertag, J. 1987. "Does text structure/summarization instruction facilitate learning from expository text?". *Reading Research Quarterly*, 22(3):331-346.
- Ayala, C. P.; Cares, C.; Carvallo, J. P.; Grau, G.; Haya, M.; Salazar, G.; Franch, X.; Mayol E. and Quer, C. 2005. A comparative analysis of I\*-based goal-oriented modeling languages. Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering, SEKE'05, Taipei (Taiwan).
- Beck, K. *Extreme programming explained: embrace change*. Boston: Addison-Wesley, 2000.
- Bloom, B.; Bertram, B. and Krathwohl, D. *Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals, Handbook I: the cognitive domain*. New York: McKay, 1956.
- Carpenter, T. P. Learning to add and subtract: an exercise in problem solving. En: E. A. Silver (ed.). *Teaching and learning mathematical problem solving: multiple research perspectives*. Hillsdale: Erlbaum, 1985, pp. 17-40.

- Castro, E. 1991. "Resolución de problemas aritméticos de comparación multiplicativa". *Revista de la Sociedad Andaluza de Educación Matemática "Thales"*, (20):105-106.
- Christel, M. and Kang, K. 1992. Issues in requirements elicitation. Technical Report CMU/SEI-92-TR-012. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh.
- Coad, P.; Lefebvre, E. and De Luca, J., 1999. *Java Modeling in Color with UML*. New York: Prentice Hall, 221 p.
- Dardenne, A., Lamsweerde, A. van and Fickas, S. (1993). "Goal-directed requirements acquisition". *Science of Computer Programming*, 20:3-50.
- Fillmore, C. The case for case. En: E. Bach and R. T. Harms (eds.), *Universals in linguistic theory*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968, pp. 1-88.
- Garrett, R. M. (1988). "Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias". *Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 6(3), 224-230.
- González-Baixauli, B.; Laguna, M. y Leite, J. (2004). Aplicaciones de la teoría de constructos personales a la elicitación de requisitos. Memorias de las IX Jornadas Ingeniería del Software y Bases de Datos (JISBD 2004), Málaga (España).
- Gutiérrez J, J.; Escalona M. J.; Mejías M.; Torres J. y Torres-Zenteno A. (2007). Generación automática de objetivos de prueba a partir de casos de uso mediante partición de categorías y variables operacionales. Memorias de las XII Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos (JISBD 2007), Zaragoza (España).
- Hoey, M. Signalling in discourse: a functional analysis of a common discourse pattern in written and spoken English. En: M. Coulthard (ed.). *Advances in written text analysis*. London: Routledge, 1994, pp. 26-45.
- Ishikawa, K. *Guide to quality control*. Asian Productivity Organization, Tokyo, 1986.
- Kepner, Ch. and Tregoe, B. *The rational manager: a systematic approach to problem solving and decision making*. New York: McGraw-Hill, 1965.
- Kepner, Ch. and Tregoe, B. *The new rational manager: an updated edition for a new world*. Princeton: Princeton Research Press, 1997.
- Kruchten, P. *Rational unified process: an introduction*. Boston: Addison-Wesley, 1999.
- Lamsweerde A. van (2000). Requirements engineering in the year 2000: a research perspective. Proceedings of the 22<sup>nd</sup> International Conference on Software Engineering, Limerick (Irlanda), pp. 5-19.
- Lamsweerde, A. van (2001). Goal-oriented requirements engineering: A guided tour. 5th IEEE International Symposium on Requirements Engineering. (Canada), pp. 249-262.
- Lamsweerde, A. van and Letier, E. (1998). Integrating obstacles in goal-driven requirements engineering. Proceedings of the 1998 International Conference on Software Engineering, Kyoto (Japón), pp. 53-62.
- Letier, E. 2001. Reasoning about agents in goal-oriented requirements engineering. Ph.D. Thesis. Université Catholique de Louvain, Louvain.
- Lezcano L. 2007. Elaboración semiautomática del diagrama de objetivos. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- López, F. (1989). "Dependencia-independencia de campo y educación científica". *Revista de Educación*, (289):235-258.
- Mahto, D. and Kumar, A. (2008). "Application of root cause analysis in improvement of product quality and productivity". *Journal of Industrial Engineering and Management*, 1(2):16-53.
- Muto-Humphrey, K. (2007). "The use of textual patterns in reading". *Journal of School of Foreign Languages*, (33):19-41.
- Mylopoulos, J.; Chung, L. and Yu, E. (1999). "From object-oriented to goal-oriented requirements analysis". *Communications of the ACM*, 42(1):31-37.
- Navarro, J. J.; Valero-García, M.; Sánchez, F. y Tubella, J. (2000). Formulación de los objetivos de una asignatura en tres niveles jerárquicos. Memorias de las VI Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática JENUJ 2000, Alcalá de Henares (España), pp. 457-462.
- Oracle Corporation. *Oracle MethodSM CDM quick tour*. Redwood City: Oracle Corporation, 2000.
- Ortega, G. (2003). "Enunciación de objetivos en proyectos de investigación". *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 41(5):437-440.
- Ortegón, E.; Pacheco, J. F. y Prieto, A. *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Santiago de Chile: ILPES/CEPAL, 2005.
- Practical Concepts, Inc. *The logical framework: a managers guide to a scientific approach to design evaluation*. New York: Practical Concepts, 1979.



- Puente, A. 1993. "Modelos mentales y habilidades en la solución de problemas aritméticos verbales". *Revista de Psicología General y Aplicaciones*, 46(2):149-160.
- Rittel, H. and Webber, M. (1973). *Dilemmas in a general theory of planning*. *Policy Science*, 4:155-169.
- Rolland, C., Souveyet, C. and Achour C. (1998). "Guiding goal modeling using scenarios". *Transactions on Software Engineering, IEEE*. England, 24(12): 1055-1071.
- Romero, L. R. (2006). "Marco teórico de evaluación en PISA sobre matemáticas y resolución de problemas". *Revista de Educación* (número extraordinario 2006):275-294.
- Rondón, B. J. (2006). "Itinerario de los procesos mentales básicos en el planteamiento inicial del problema de investigación". *REDHECS: Revista Electrónica de Humanidades, Educación y Comunicación Social*, 1(1):12-25.
- Sánchez, N. (2006). "El marco lógico. Metodología para la planificación, seguimiento, y evaluación de proyectos". *Revista Visión Gerencial*, 2(6):328-343.
- Sproull, B. *Process problem solving: a guide for maintenance and operations teams*. Portland: Productivity Press, 2001.
- Teufel, S. (1998). *Meta-discourse markers and problem-structuring in scientific articles*. Proceedings of the Workshop on Discourse Relations and Discourse Markers at the 17<sup>th</sup> International Conference on Computational Linguistics, Montreal (Canadá), pp. 43-49.
- Thomas, P. y Oliveros, A. (2003) *Elicitación de objetivos: un estudio comparativo*. Memorias del Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC2003, Buenos Aires.
- Urrego, G. (2003). *Agent-based knowledge keep tracking*. Proceedings of the IEEE International Conference on Information Reuse and Integration, Las Vegas (Estados Unidos), pp. 8-16.
- Urrego, G. 2005. ABC-besoins: une approche d'ingénierie de besoins fonctionnels et non-fonctionnels centrée sur les agents, les buts et les contextes. Tesis Doctoral, Université Paris I Panthéon-Sorbonne, Paris.
- Winter, E. O. (1977). "A clause-relational approach to English texts: a study of some predictive lexical items in written discourse". *Instructional Science*, 6(1):1-92.
- Yu, E. (1995). Modelling strategic relationships for process re-engineering. Ph.D. Thesis, University of Toronto, Toronto.
- Zapata, C. M. y Arango, F. (2004). "Alineación entre metas organizacionales y elicitación de requisitos del software". *Dyna*, 71(143):101-110.
- Zapata, C. M. y Lezcano, L. (2009). "Caracterización de los verbos usados en el diagrama de objetivos". *Dyna*, 76(158): 219-228.
- Zapata, C. M.; Lezcano, A. y Tamayo, P. (2007). "Validación del método para la obtención automática del diagrama de objetivos desde esquemas preconceptuales". *Revista EIA*, 8:21-35.
- Zapata, C., Villegas, S. y Arango F. (2006). Reglas de consistencia entre modelos de requisitos de UN-Método. *Revista Universidad Eafit*, 42(141):40-59.