

Inspección centrada en Omisiones y Ambigüedades de un Modelo Léxico

Alberto Sebastián¹, Graciela D. S. Hadad^{1,2}, Ezequiel Robledo²

¹Facultad de Ingeniería y Tecnología Informática, Universidad de Belgrano, Argentina

²Escuela de Informática, Universidad Nacional del Oeste, Argentina

alberto.sebastian@comunidad.ub.edu.ar; ghadad@uno.edu.ar; ezeroble@hotmail.com.ar

Resumen. El uso de modelos escritos en lenguaje natural en la producción de requisitos está ampliamente difundido tanto en la literatura como en el ámbito profesional. Si bien estos modelos favorecen la comunicación entre los involucrados y la validación, presentan ciertos obstáculos, como la ambigüedad del texto y la dificultad en realizar verificaciones automatizadas. La inspección es reconocida como una técnica de verificación de alta efectividad para detectar defectos en código fuente, modelos de diseño y modelos de requisitos. Se propone una variante de la técnica de inspección basada en la construcción de mapas conceptuales para verificar un modelo léxico. Estudios estadísticos han comprobado que este modelo léxico presenta un bajo nivel de completitud, y que puede arrastrarse a otros modelos pues suele construirse al inicio de un proceso de requisitos. Dado ello, la inspección propuesta se aboca a detectar principalmente omisiones y ambigüedades, habiéndose probado en siete casos con resultados promisorios.

Palabras Clave: Verificación de Requisitos, Inspecciones, Completitud de Modelos, Mapas Conceptuales, Léxico Extendido del Lenguaje.

1 Introducción

Dada la difusión del uso de software en muy diversos ámbitos del mundo real, es que se han elaborado variados métodos de desarrollo de software para estandarizar su producción y mejorar su calidad. Sin embargo, siguen ocurriendo fracasos en proyectos de software, siendo los requisitos una de las principales causas de esos fracasos [1]. La Ingeniería de Requisitos (IR) ha surgido hace más de dos décadas para proveer nuevos métodos, técnicas y herramientas, o adaptarlas de otras disciplinas, a fin de producir mejores requisitos. En tal sentido, las validaciones y verificaciones de requisitos son actividades enfocadas en la detección temprana de defectos, evitando su propagación a subsiguientes etapas del proceso de software [2,3]. La inspección es una técnica de verificación que ha sido ampliamente estudiada en la literatura y aplicada con gran efectividad en proyectos de software [4,5]. Esta técnica, inicialmente diseñada para analizar código fuente [6], fue posteriormente adaptada para analizar modelos elaborados en la IR [3,7,8,9].

Es frecuente el uso de modelos en lenguaje natural en procesos de producción de requisitos [10,11,12,13] por sus facilidades de elaboración para los ingenieros de requisitos, de comunicación entre los involucrados y de validación por parte de los clientes. Como contrapartida, estos modelos presentan ambigüedades [11,13,14] y suelen dificultar la detección de omisiones [15,16].

En el presente artículo se presenta una variante de inspección centrada en la detección de omisiones y ambigüedades en un modelo denominado Léxico Extendido del Lenguaje (LEL) [17]. Este modelo define los términos utilizados en el contexto de aplicación. Restantes modelos construidos como parte de un proceso de IR orientado al cliente [2] se anclan en la terminología definida en él, por lo cual es fundamental que este modelo sea correcto, no ambiguo y lo más completo posible. La inspección propuesta se basa en la construcción de mapas conceptuales a partir del LEL para facilitar la detección de defectos.

En la sección 2 se describe el modelo LEL en el marco de un proceso de requisitos, las variantes de inspección utilizadas en la IR y el uso de mapas conceptuales en distintas disciplinas. En la sección 3 se presenta el proceso de inspección propuesto sobre el modelo LEL. En la sección 4 se muestran los resultados de aplicar la propuesta en varios casos reales y se realiza una comparación preliminar con otra variante de inspección. Finalmente, se exponen conclusiones y futuros trabajos.

2 Marco Teórico

Las verificaciones de modelos elaborados durante el proceso de requisitos son una buena manera de colaborar con la calidad de los requisitos y, por ende, del software a producir. Las inspecciones ampliamente utilizadas en la IR [3,8] permiten obtener modelos más confiables, pudiéndose llevar a cabo de diferentes maneras [9].

2.1 El modelo LEL en un Proceso de Requisitos

Uno de los principales problemas que enfrenta un proceso de IR es la brecha entre lo que los ingenieros creen que deben construir y lo que los clientes creen que necesitan y van a obtener. Gran parte de esta diferencia surge de la ambigüedad en la comunicación entre ambas partes, básicamente motivada por el desconocimiento de los ingenieros sobre el contexto de aplicación y su vocabulario.

El proceso de IR orientado al cliente, en el que se enmarca el trabajo propuesto en este artículo, se centra en que los clientes y los ingenieros de requisitos compartan el mismo lenguaje, aquel utilizado en el contexto de aplicación [2]. Para ello, este proceso comienza construyendo un glosario de los términos del contexto, denominado LEL. Los escenarios o casos de uso y el documento de especificación de requisitos creados durante este proceso utilizan la terminología definida en el LEL para reducir la ambigüedad de estos modelos [2]. Por otro lado, tanto escenarios como casos de uso pueden derivarse parcialmente del LEL [2,12]. Se hace entonces imprescindible disponer de técnicas que permitan asegurar la calidad del LEL, dado que es el primer modelo a generar y además es referenciado por el resto de los modelos. Cada término o símbolo del LEL se describe con un nombre (más de uno si hay sinónimos), una *Noción* (denotación del símbolo) y un *Impacto* (connotación del símbolo). La noción

y el impacto se describen mediante una o más oraciones, que deben cumplir con el principio de circularidad: maximizar el uso de símbolos en la definición de otros símbolos, y el principio de vocabulario mínimo: minimizar el uso de términos externos al LEL en la definición de símbolos [17]. El primer principio implica que cada símbolo mencione al menos a otro símbolo y que todo símbolo sea mencionado al menos por otro símbolo. La mención incluye un hipervínculo a la definición del símbolo. El principio de vocabulario mínimo requiere la existencia de una lista de términos que permitan describir en conjunto ideas generales en cualquier dominio. Los símbolos pueden definir *Sujetos* (entidades activas), *Objetos* (entidades pasivas), *Verbos* (actividades) o *Estados* (condiciones de sujetos, objetos o verbos) [17]. Según esta clasificación, sus nociones e impactos tienen una semántica diferente [2]. La Fig. 1 muestra un símbolo del LEL del caso Monitoreo de Canales de Autogestión de Clientes de una compañía telefónica. Los ejemplos a presentar se basan en este caso.

Símbolo: IMPLEMENTACION	Tipo: Objeto
Noción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Es una funcionalidad del Canal 	
Impacto:	
<ul style="list-style-type: none"> • Es definida por Operación Digital • Es desarrollada por Sistemas • Su estado es visualizado por Estrategia Self • Es utilizada por el Cliente 	

Fig. 1. Ejemplo de Símbolo del LEL

2.2 Inspecciones en la Ingeniería de Requisitos

Una forma de verificar los modelos que se realizan en un proceso de IR es a través de inspecciones. El proceso de inspección se define como estructurado y metodológicamente disciplinado para encontrar defectos en productos de software, constando de seis etapas [6]: i) Reunión de Planificación: se establece el material a inspeccionar, la fecha de reunión y la asignación de roles; ii) Información General: los autores informan a los inspectores sobre el contenido del material; iii) Preparación: los inspectores revisan el material, detectando y registrando defectos; iv) Reunión de Inspección: los autores y los inspectores comprueban los defectos detectados, participando un moderador y un escriba; v) Repetición del Trabajo: los autores corrigen los defectos en el material; y vi) Seguimiento: el moderador comprueba que todos los defectos se han corregido.

Desde el punto de vista de las inspecciones es importante determinar cómo se perciben los defectos, es decir, cuáles son sus manifestaciones características. Estas señales son las que guiarán el proceso de inspección para encontrar defectos. Los defectos pueden categorizarse en: discrepancias (inconsistencias), errores, omisiones y ambigüedades [3]. Son además calificados según su grado de severidad [3,6].

Existen en la literatura diferentes variantes de la técnica de inspección en el proceso de IR. Regnell et al. [9] han clasificado estas variantes por la forma de lectura del modelo en la etapa de Preparación: i) Lectura ad-hoc del modelo; ii) Lectura usando checklists; iii) Lectura usando procedimientos de guía de detección; y iv) Lectura a través de la construcción de artefactos intermedios. Las primeras dos

técnicas hacen referencia a formas más intuitivas y no tan sistemáticas de detectar defectos, en contraste con la tercera y cuarta que son explícitas y altamente sistemáticas. La última variante no es tan utilizada, principalmente por la necesidad de construir una nueva representación a partir del modelo a verificar. La propuesta que se presenta aquí se basa en esta última variante.

2.3 Usos de Mapas Conceptuales

Los mapas conceptuales son una herramienta gráfica para representar un conjunto de conceptos y sus relaciones en un dominio de conocimiento acotado [18]. Es decir, el mapa conceptual representa ese dominio como una estructura de proposiciones, compuestas éstas por conceptos (graficados por óvalos) y relaciones (graficadas por flechas con palabras o frases de enlace).

Ontoria et al. [19] describen tres características propias de los mapas conceptuales, que las diferencian de otros recursos gráficos y de otras técnicas cognitivas:

- Jerarquización: La forma convencional de desarrollar los mapas conceptuales es ubicando los conceptos más generales o inclusivos en los lugares superiores de la estructura gráfica, e ir descendiendo por orden de especificidad.
- Selección: El mapa conceptual sólo incluirá los conceptos más importantes del texto o mensaje, es decir, se selecciona la información esencial.
- Impacto visual: La representación de los mapas colocando conceptos en óvalos en forma jerárquica y flechas para las frases de enlace entre conceptos es de gran impacto gráfico, como también el uso de colores en conceptos y relaciones.

Uno de los usos más frecuentes que se le han dado a los mapas conceptuales es como herramienta educativa, permitiendo aprender diferentes dominios y materiales [19]. Desde la perspectiva de organizaciones que implementan Gestión de Conocimiento, estos mapas pueden representar activos invaluable como fuentes de conocimiento [20]. Los mapas conceptuales también pueden ser considerados dentro de las técnicas de anotación, como una manera de tomar apuntes. Ello es bastante cercano a la formación de los ingenieros de requisitos, desde el aspecto de modelado, al construir un mapa de relaciones con los temas que escuchan, leen u observan.

3 Inspección del LEL usando Mapas Conceptuales

Para mejorar la calidad del modelo LEL en el proceso de IR, se ha elaborado un proceso de inspección basado en la construcción de mapas conceptuales, de manera tal que ayude en la identificación de defectos, principalmente omisiones y ambigüedades. Esta propuesta de inspección se enmarca en la variante de construcción de un artefacto intermedio, a través del cual se identifican defectos.

El proceso consta de tres fases: 1) construcción de un mapa conceptual por cada símbolo del LEL; 2) análisis de conceptos de los mapas conceptuales; y 3) análisis de relaciones de cada mapa conceptual y entre mapas. Estas fases se realizan en la etapa Preparación de la inspección durante el proceso de IR. Cada fase se desarrolla en pasos a realizar por el inspector. Las dos últimas fases son para detectar defectos, incluyendo recomendaciones para corregir el modelo LEL en la etapa Repetición del Trabajo. En estas fases, los pasos se describen mediante el siguiente patrón:

- *Nombre del Paso:* objetivo del paso.
 - *Acción de Detección:* acciones que el inspector debe realizar para detectar el defecto en el mapa conceptual bajo estudio.
 - *Efecto en el LEL:* mejora a obtener en el LEL según el defecto detectado.
 - *Tipo de Defecto:* omisión, ambigüedad o error. *Severidad:* alta, media, baja.
 - *Corrección en el Mapa:* acciones a realizar por el inspector para corregir el mapa conceptual posterior a su confirmación en la Reunión de Inspección.
 - *Tratamiento sugerido en el LEL:* acciones de corrección en el LEL por el autor durante la Repetición del Trabajo, una vez confirmado el defecto en la reunión.
 - *Ejemplo:* muestra un ejemplo de un mapa conceptual con el defecto, el mapa corregido, el símbolo del LEL original y corregido, con una breve descripción.
- En la Tabla 1 se enumeran todos los pasos del proceso de inspección propuesto. En [21] se puede acceder a la descripción completa de estos pasos.

Tabla 1. Pasos de cada Fase en la Etapa de Preparación del Proceso de Inspección

Fase	Paso	Descripción
1	Paso 1	Construir el área Mapa por cada símbolo del LEL
	Paso 2	Construir el área Mención por cada símbolo del LEL
2	Paso 1	Detectar sinónimos entre conceptos no símbolo del LEL
	Paso 2	Detectar sinónimos entre conceptos no símbolo del LEL y símbolos del LEL
	Paso 3	Detectar símbolos candidatos provenientes de conceptos no símbolo del LEL
3	Paso 1	Detectar sub-grafos inconexos en un mapa conceptual
	Paso 2	Detectar símbolos CRL sin relaciones con CSL en el área Mapa
	Paso 3	Detectar símbolos CRL con el área Mención vacía
	Paso 4	Detectar relaciones inversas de noción hacia el CRL
	Paso 5	Detectar relaciones inversas de impacto hacia un CRL
	Paso 6	Detectar relaciones de dos o más verbos unidos por conectores aditivos
	Paso 7	Detectar relaciones de dos o más verbos unidos por conectores disyuntivos
	Paso 8	Detectar ciclos cerrados de relaciones en un mapa conceptual
	Paso 9	Detectar relaciones de noción sin nombre
	Paso 10	Detectar verbos relevantes omitidos como símbolos del LEL

3.1 Fase 1: Construcción de Mapas Conceptuales

A partir de cada símbolo del LEL se construye un mapa conceptual, donde el concepto raíz del mapa representa el símbolo bajo estudio, el que se denomina CRL: Concepto Raíz símbolo del LEL. Cada oración en la Noción y en el Impacto del símbolo se considera una proposición y se la transforma en conceptos y frases de enlace (relaciones) en el mapa conceptual. Estos conceptos se distinguen en:

- CSL: Concepto Secundario que representa un símbolo del LEL.
- CSnoL: Concepto Secundario que no representa un símbolo del LEL.

Cada tipo de concepto se identifica con óvalos de distinto color. Las relaciones entre conceptos se dibujan con distinto tipo de flecha según provengan de la Noción o del Impacto del símbolo CRL. El mapa conceptual se divide en dos áreas: *Mapa* y *Mención*. En el área Mapa se representa el mapa conceptual del símbolo CRL. En el área Mención, se representan los símbolos del LEL que mencionan en su Noción o Impacto al símbolo CRL del mapa bajo estudio. La Fig. 2 representa un ejemplo de mapa correspondiente al símbolo del LEL de la Fig.1.

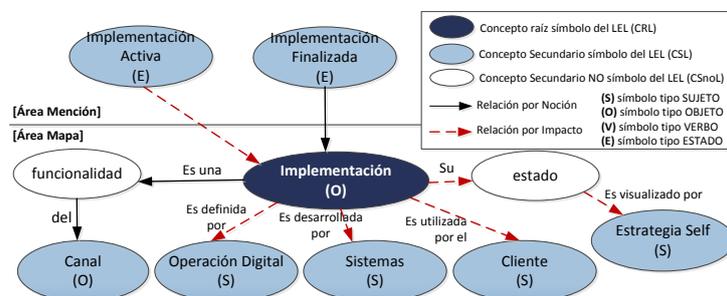


Fig. 2. Mapa Conceptual del Símbolo del LEL Implementación

Los mapas conceptuales se construyen en dos pasos:

Paso 1: Construir el Área Mapa por cada Símbolo del LEL.

- 1) Trazar una línea horizontal dejando la parte superior de la hoja para el área Mención y la parte inferior para el área Mapa.
- 2) En el área Mapa, se representa el símbolo del LEL (CRL) como un concepto centrado en un óvalo, indicando su nombre y tipo de símbolo entre paréntesis (Sujeto, Objeto, Verbo o Estado).
- 3) Por cada *oración de la noción*:
 - a) Identificar las frases subrayadas (hipervínculos a otros símbolos del LEL) y representarlas como conceptos CSL dibujando un óvalo e indicando su nombre y tipo de símbolo. Si el concepto no es localizado como símbolo en el LEL, dejar vacío el tipo. Si el concepto ya figura en el mapa, no repetirlo.
 - b) Identificar sustantivos, adjetivos y cualquier otra construcción lingüística que pueda ser interpretada como concepto según la definición de mapas conceptuales [18]. Dibujar un óvalo por cada concepto CSNoL no repetido.
 - c) Recorrer la oración e identificar las relaciones entre los conceptos (CRL, CSL y CSNoL). Dibujar una flecha continua que represente cada relación entre los mismos y etiquetarlas con frases de enlace según la oración.
- 4) Repetir el punto 3 por cada *oración del impacto*, dibujando con flecha punteada.

Paso 2: Completar el Área Mención para cada Mapa Construido.

Por cada símbolo CSL en el área Mapa de un CRL construido en el Paso 1:

- 1) Identificar el mapa conceptual del CSL, y en su área Mención dibujar un óvalo con el símbolo CRL, indicando su nombre y tipo de símbolo entre paréntesis.
- 2) Incluir una relación sin frase en su área Mención, dibujando una flecha continua si el CSL está vinculado en el mapa CRL mediante una relación por Noción, o flecha punteada si está vinculado mediante una relación por Impacto.

En la Fig. 2 se incorporaron los símbolos *Implementación Activa* e *Implementación Finalizada* en el área Mención del CRL *Implementación*, donde el primero incluía en su propio mapa al símbolo *Implementación* vinculado con una relación por Impacto, y el segundo lo incluía con una relación por Noción.

3.2 Fase 2: Análisis de Conceptos no Símbolos del Léxico

La segunda fase permite detectar defectos a partir del análisis de conceptos que no

son símbolos del LEL. A continuación se exponen los tres pasos de detección, aunque en el último no se muestra un ejemplo por razones de espacio (ver detalle en [21]).

Paso 1: Detectar Sinónimos entre CSnoL.

Acción de Detección: i) Construir una lista ordenada alfabéticamente con todos los CSnoL de cada mapa conceptual, indicando el símbolo CRL del mapa donde aparece. Considerar como un mismo concepto las distintas formas de género, número y desinencia verbal. ii) Buscar sinónimos entre los CSnoL. iii) Unificar los nombres de cada CSnoL con un significado equivalente.

Efecto en el LEL: Detectar el uso de un vocabulario mínimo no acotado. Mejorar la aplicación del principio de vocabulario mínimo, reduciendo la ambigüedad en el LEL.

Tipo de Defecto: Ambigüedad. *Severidad:* Media.

Corrección en el Mapa: Reemplazar el nombre del concepto CSnoL por el nombre unificado en todos los mapas conceptuales identificados.

Tratamiento sugerido en el LEL: i) Reemplazar el nombre del concepto CSnoL por el nombre unificado en toda aparición en el LEL. ii) Reducir el vocabulario mínimo dejando solo el nombre unificado.

Ejemplo: La Tabla 2 muestra una lista parcial de CSnoL, donde el CSnoL *Área* podría utilizarse como sinónimo de otros CSnoL, reduciendo el vocabulario mínimo.

Tabla 2. Conceptos CSnoL reemplazables por Símbolos del LEL

CSnoL	CRL donde aparece el CSnoL	Sinónimo detectado del CSnoL
Área	IMPLEMENTACIÓN ACTIVA	
Gerencia	ANALISTA	Área
Gerencia	TESTER	Área
Sector	ESTRATEGIA SELF	Área
Sector	OPERACIÓN DIGITAL	Área

Paso 2: Detectar Sinónimos entre CSnoL y Símbolos CRL.

Acción de Detección: i) Utilizando la lista ordenada del Paso 1, buscar sinónimos entre CSnoL y CRL, analizando todos los mapas. ii) Unificar los nombres de cada CSnoL con un significado equivalente con el nombre del CRL asociado.

Efecto en el LEL: Reducir la ambigüedad en las definiciones del LEL, al detectar conceptos que pueden reemplazarse por símbolos del LEL, es decir, se mejora la aplicación de los principios de circularidad y de vocabulario mínimo. Puede también detectarse omisión de sinónimo u omisión de referencia a símbolo del LEL.

Tipo de Defecto: Ambigüedad. *Severidad:* Media; Omisión. *Severidad:* Alta.

Corrección en el Mapa: Reemplazar el CSnoL por el CRL asociado como sinónimo en todos los mapas conceptuales donde se menciona el CSnoL, incluyendo su tipo.

Tratamiento sugerido en el LEL: i) Eliminar el CSnoL del vocabulario mínimo. ii) Si el CSnoL es idéntico al CRL, incluir el hipervínculo a la definición del símbolo (omisión de referencia). En caso contrario: i) Reemplazar el nombre del CSnoL por el nombre del CRL en toda aparición en el LEL con el hipervínculo a la definición del símbolo (ambigüedad). ii) Validar si el nombre CSnoL es usado en el contexto. En tal caso, agregarlo como sinónimo en el símbolo CRL (omisión de nombre).

Ejemplo: En la Tabla 3 se muestra la lista parcial de CSnoL y los símbolos del LEL que pueden reemplazarlos. El primer CSnoL fue tratado como tal por no ser identificado como símbolo del LEL al no presentar un hipervínculo.

Tabla 3. Conceptos CSnoL reemplazables por Símbolos del LEL

CSnoL	CRL donde aparece el CSnoL	Símbolo Sinónimo del CSnoL	Defecto
Implementación	IMPLEMENTACIÓN ACTIVA	IMPLEMENTACIÓN	Omisión de referencia
Nueva Funcionalidad	IMPLEMENTACIÓN FINALIZADA	NUEVA IMPLEMENTACIÓN	Ambigüedad

Paso 3: Detectar Símbolos Candidatos provenientes de CSnoL

Acción de Detección: i) Usando la lista de CSnoL del Paso 1 con los sinónimos unificados con otros CSnoL, construir una lista de CSnoL sin repetir, contabilizando la frecuencia de aparición de cada CSnoL en todos los mapas conceptuales. ii) Realizar un análisis de Pareto sobre los CSnoL, considerando que el 20% de CSnoL con mayor frecuencia formarán una lista de conceptos candidatos a símbolos del LEL. *Efecto en el LEL:* Mejorar la completitud del LEL detectando símbolos omitidos.

Tipo de Defecto: Omisión. *Severidad:* Alta.

Corrección en el Mapa: i) Construir el mapa conceptual del CSnoL como un CRL. ii) Reemplazar el CSnoL en los mapas existentes por el nuevo CRL candidato.

Tratamiento sugerido en el LEL: i) Validar en el contexto el uso del concepto candidato a símbolo. ii) Describir el concepto como un símbolo del LEL en función del mapa creado. iii) En cada mención del concepto en otros símbolos, incorporar el hipervínculo a su definición. iv) Eliminar el CSnoL del vocabulario mínimo.

3.3 Fase 3: Análisis de Relaciones en los Mapas Conceptuales

La tercera fase permite detectar defectos analizando las relaciones en un mapa y entre mapas. Por motivos de espacio solo se describen 4 pasos de los 10 pasos (ver [21]).

Paso 1: Detectar Sub-grafos Inconexos en un Mapa Conceptual

Acción de Detección. Buscar en el mapa sub-grafos sin relación con el CRL.

Efecto en el LEL: Mejorar la comprensión de definiciones detectando frases omitidas.

Tipo de Defecto: Omisión. *Severidad:* Baja.

Corrección en el Mapa: i) Establecer una relación entre el CRL y el concepto desconectado, ya sea CSL o CSnoL. ii) De corresponder, reescribir las relaciones derivadas del concepto CSL o CSnoL.

Tratamiento sugerido en el LEL: Reescribir la oración en la noción o impacto del símbolo bajo estudio en función del mapa conceptual corregido.

Ejemplo: La Fig. 3 muestra a la izquierda un símbolo cuyo impacto no está directamente relacionado con él. Esto es bien visible en la parte izquierda de Fig. 4 con el sub-grafo desconectado. El mapa corregido incorpora la relación *Permite a las*.

VERSIÓN ORIGINAL	VERSIÓN CORREGIDA
<p>Símbolo: IMPLEMENTACION ACTIVA</p> <p>Tipo: Estado</p> <p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es un estado de la Implementación cuando está en desarrollo <p>Impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las áreas de Operación Digital y de Estrategia Self pueden hacer seguimiento de la Implementación 	<p>Símbolo: IMPLEMENTACION ACTIVA</p> <p>Tipo: Estado</p> <p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es un estado de la Implementación cuando está en desarrollo <p>Impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Permite a las</i> áreas de Operación Digital y de Estrategia Self <i>hacer el</i> seguimiento de la Implementación

Fig. 3. Símbolo del LEL Original y Corregido correspondiente al Mapa de la Fig.4

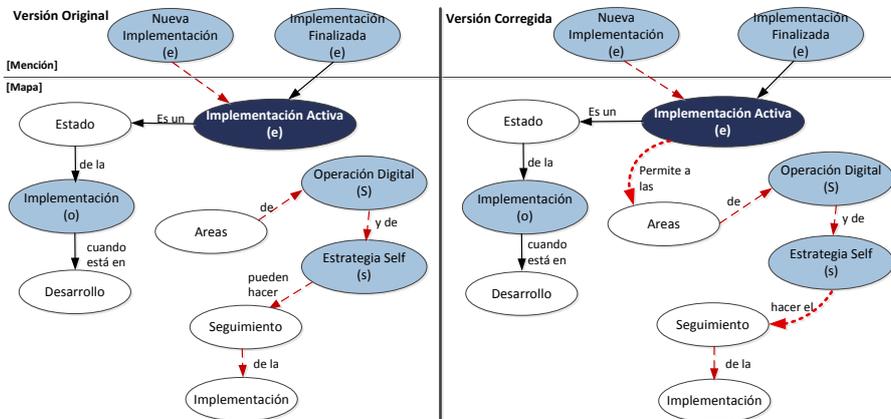


Fig. 4. Mapa Conceptual con un sub-grafo inconexo y su Corrección

Paso 5: Detectar Relaciones Inversas de Impacto hacia el CRL.

Acción de Detección: Buscar una relación de impacto entrante al CRL.

Efecto en el LEL: Detectar una referencia implícita o explícita al propio símbolo en una oración originada en el impacto del símbolo.

Tipo de Defecto: Ambigüedad. *Severidad:* Alta si el concepto involucrado es un CSL y una parte de dicha proposición correspondiera al mapa del CSL; Media caso contrario.

Corrección en el Mapa: i) Redefinir semánticamente la relación, estableciendo la misma desde el CRL hacia el CSL o CSnoL. ii) Redefinir las proposiciones derivadas que correspondan. iii) Si el concepto involucrado es un CSL, analizar si las proposiciones dependientes son parte del CRL o alguna parte corresponde al mapa del CSL. En tal caso, trasladar la parte en cuestión al mapa del CSL (ambigüedad alta).

Tratamiento sugerido en el LEL: i) Reescribir la oración del impacto del símbolo CRL bajo estudio según la relación redefinida en el mapa. ii) Si la oración contiene un símbolo CSL, eliminar la parte de la oración que no correspondiera al símbolo CRL y trasladarla al impacto del símbolo CSL.

Ejemplo: En la Fig. 5 la versión original del mapa tiene 2 relaciones de impacto entrantes al CRL, y la versión corregida revierte las relaciones, donde una parte de la proposición *para verificar estar en Canal Online* se traslada al símbolo *Testing₂* (ambigüedad alta). La Fig. 6 presenta el símbolo del mapa original y el corregido.

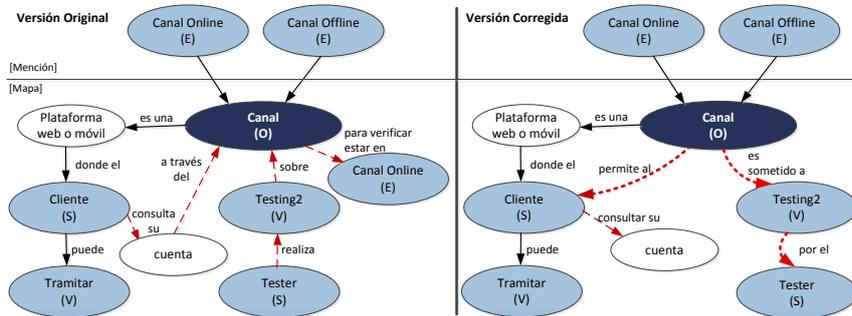


Fig. 5. Mapa Conceptual con dos relaciones inversas en el impacto y su Corrección

VERSIÓN ORIGINAL	VERSIÓN CORREGIDA
<p>Símbolo: CANAL Tipo: Objeto</p> <p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es una plataforma web o móvil donde el Cliente puede Tramitar <p>Impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El Cliente consulta su cuenta a través de él • El Tester realiza Testing sobre el Canal para verificar estar en Canal Online 	<p>Símbolo: CANAL Tipo: Objeto</p> <p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es una plataforma web o móvil donde el Cliente puede Tramitar <p>Impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permite al Cliente consultar su cuenta • Es sometido a Testing por el Tester

Fig. 6. Símbolo del LEL Original y Corregido correspondiente al Mapa de la Fig.5

Paso 6: Detectar Relaciones con Verbos unidos por Conectores Aditivos.

Acción de Detección: Buscar frases de enlace en las relaciones por noción o por impacto que contengan dos o más verbos con conectores aditivos, o que varias relaciones de una misma proposición incluyan verbos, algunas con conector aditivo.

Efecto en el LEL: Detectar una oración en el símbolo con dos o más verbos unidos por conjunciones aditivas, incumpliendo la regla *una idea simple por oración*.

Tipo de Defecto: Ambigüedad. *Severidad:* Media.

Corrección en el Mapa: i) Dividir la relación en varias relaciones, una por cada verbo desde el mismo concepto origen al mismo concepto destino. ii) Descomponer la frase de enlace con un verbo para cada relación.

Tratamiento sugerido en el LEL: Dividir la oración de noción o impacto del símbolo bajo estudio en una oración por cada verbo involucrado, en función de las relaciones generadas en el mapa conceptual.

Ejemplo: En la Fig. 7 se observa en la versión original del mapa conceptual la relación *Es documentado y enviado a* que en la versión corregida se descompone en dos relaciones. En la Fig. 8 se presenta el símbolo original y su versión corregida.

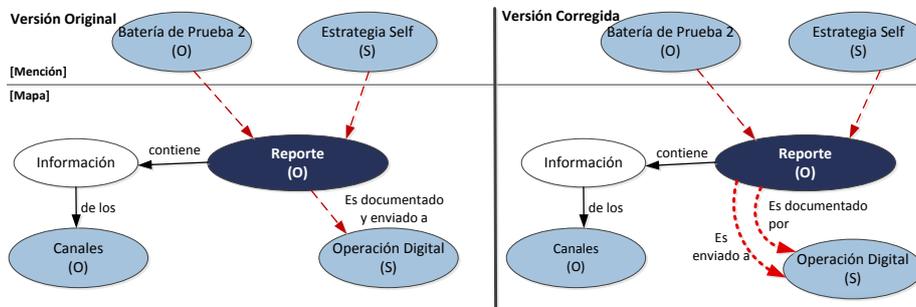


Fig. 7. Mapa Conceptual con una relación con dos verbos y un conector aditivo

VERSIÓN ORIGINAL	VERSIÓN CORREGIDA
<p>Símbolo: REPORTE Tipo: Objeto</p> <p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contiene información de los Canales <p>Impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es documentado y enviado a Operación Digital 	<p>Símbolo: REPORTE Tipo: Objeto</p> <p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contiene información de los Canales <p>Impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es documentado por Operación Digital • Es enviado a Operación Digital

Fig. 8. Símbolo del LEL original y corregido correspondiente al Mapa de la Fig. 7

Paso 10: Detectar Verbos Relevantes Omitidos.

Acción de Detección: i) Buscar en el mapa una relación con un CSnoL que incluya un verbo predicativo como palabra de enlace, que en conjunto podría ser un símbolo de tipo Verbo. Excluir verbos copulativos o pseudo-copulativos. ii) Buscar el uso del verbo junto con el CSnoL en otros mapas. iii) Detectar la frecuencia de aparición superior a dos, con ayuda de la lista generada en el Paso 1 de la Fase 2 y la frecuencia de uso del CSnoL del Paso 3 de la misma fase.

Efecto en el LEL: Detectar la omisión de un símbolo de tipo Verbo.

Tipo de Defecto: Omisión. *Severidad:* Alta.

Corrección en el Mapa: i) Unificar el verbo predicativo con el CSnoL y transformarlo en un símbolo CSL de tipo Verbo. ii) Reescribir la relación utilizando en la frase de enlace un verbo copulativo o pseudo-copulativo. iii) Crear un mapa del nuevo CSL.

Tratamiento sugerido en el LEL: i) Validar en el contexto de aplicación la existencia del símbolo CSL candidato. ii) En caso de corresponder, definir un nuevo símbolo en el LEL. iii) Modificar el símbolo CRL referenciando al nuevo símbolo con un hipervínculo. iv) Eliminar el verbo y el CSnoL del vocabulario mínimo.

Ejemplo: Los mapas de *Testing₁*, *Testing₂* (homónimo del anterior) y *Tester* contienen la misma relación con la frase *realiza las* hacia el CSnoL *pruebas*, por lo que se podría considerar *Realizar las Pruebas* como un símbolo candidato (ver Fig. 9).

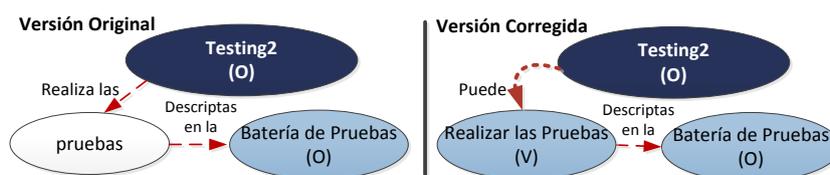


Fig. 9. Mapa Conceptual parcial de *Testing₂* con posible verbo omitido

4 Resultados de las Inspecciones

El proceso de inspección basado en mapas conceptuales se probó sobre 4 modelos LEL diferentes; sobre 2 de ellos se realizó más de una inspección por distintos inspectores. Los inspectores no contaban con experiencia en procesos de inspección y solo dos habían construido un modelo LEL previamente. En total se realizaron 7 inspecciones, cuyos resultados se detallan en la Tabla 4. En ella se observa que en promedio se detectaron 2,26 defectos por símbolo del LEL, requiriéndose 18 minutos en promedio para revisar cada símbolo, de los cuales 10 minutos fueron insumidos en la construcción del mapa. Desde el punto de vista de los defectos, la detección de un defecto llevó en promedio 8 minutos. Los inspectores construyeron los mapas manualmente y utilizaron planillas de cálculo prediseñadas para registrar defectos detectados y tiempos insumidos. Estos tiempos incluyen la etapa de Preparación y la etapa de Reunión de Inspección donde se confirman los defectos detectados.

En la Tabla 5 se presentan promedios de defecto por tipo y por severidad para un LEL de 27,14 símbolos en promedio, calculados en función de los datos obtenidos de las 7 inspecciones. En promedio, se detectaron 60,57 defectos por LEL, siendo el 34,2% de los defectos de severidad alta y el 60,4% se trataban de omisiones. De estas

omisiones, en promedio el 41% fueron de severidad alta.

Tabla 4. Número de Defectos y Tiempos en HH:MM de cada Inspección

Inspección	LEL #	Cantidad Símbolos	Total Omisiones	Total Ambigüedades	Total Errores	Total Defectos	Tiempo Total	Tiempo promedio por Símbolo	Tiempo promedio por Defecto	Tasa de Defecto por Símbolo
1	1	22	36	16	0	52	06:18	00:17	00:07	2,36
2	1	22	25	25	0	50	05:55	00:16	00:07	2,27
3	1	22	30	18	0	48	05:50	00:15	00:07	2,18
4	2	43	59	22	0	81	15:45	00:21	00:11	1,88
5	3	27	41	27	2	70	09:37	00:21	00:08	2,59
6	4	27	35	27	0	62	05:47	00:12	00:05	2,30
7	4	27	30	31	0	61	11:43	00:26	00:11	2,26
Promedio								00:18	00:08	2,26
Desvío Estándar								00:04	00:02	0,21

Tabla 5. Promedios por Tipo de Defectos y por Severidad

PROMEDIOS	Severidad			Total de Defectos	% por Tipo
	Alta	Media	Baja		
Omisión	15,14	5,14	16,29	36,57	60,4%
Ambigüedad	5,57	18,14	0,00	23,71	39,2%
Error	0,00	0,29	0,00	0,29	0,5%
TOTAL	20,71	23,57	16,29	60,57	
% por Severidad	34,2%	38,9%	26,9%		

Además, se realizaron 4 inspecciones utilizando checklist, una sobre cada modelo LEL revisado con mapas conceptuales. La lista de control contenía 44 ítems con el tipo de defecto y su severidad. En la Tabla 6 se comparan los tiempos y cantidad de defectos identificados según cada tipo de inspección, donde en el caso de los LEL #1 y #4 para realizar la comparación se tomaron los promedios de las respectivas inspecciones con mapas. Se aprecia que en las inspecciones con mapas se detectó un 74% más de defectos que mediante checklist (ver tasas de defecto por símbolo en Tabla 6), utilizándose 2 minutos menos para detectar un defecto (8 min. vs 11 min.), aunque la revisión con mapas insumió en promedio 7 minutos más por símbolo (18 min. vs 11 min.). Debe notarse que los resultados de las inspecciones con checklist son preliminares, observándose valores altos de desvío estándar para estos casos.

Tabla 6. Comparación de Inspección con Mapas y con Checklist

LEL #	Cantidad Símbolos	MAPAS CONCEPTUALES					CHECKLIST						
		Total Defectos	Tiempo Total	Tiempo promedio por Símbolo	Tiempo promedio por Defecto	Tasa de Defecto por Símbolo	Total Defectos	Tiempo Total	Tiempo promedio por Símbolo	Tiempo promedio por Defecto	Tasa de Defecto por Símbolo		
1	22	50	06:01	00:16	00:07	2,27	22	09:29	00:25	00:25	1,00		
2	43	81	15:45	00:21	00:11	1,88	27	02:30	00:03	00:05	0,63		
3	27	70	09:37	00:21	00:08	2,59	48	04:00	00:08	00:05	1,78		
4	27	61,5	05:47	00:12	00:05	2,28	48	03:40	00:08	00:04	1,78		
Promedio				00:18	00:08	2,26					00:11	00:10	1,30
Desvío Estándar				00:04	00:02	0,29					00:09	00:10	0,58

5 Conclusiones

Las inspecciones requieren esfuerzo humano y tiempo, pero son una de las técnicas de aseguramiento de calidad más efectiva en la Ingeniería de Software [4,5]. Se ha elaborado una propuesta de inspección aplicable al modelo LEL, debido a que este modelo suele presentar problemas serios de completitud según estudios estadísticos [15,16] y de ambigüedad por el uso del lenguaje natural [13,14]. Una propuesta preliminar de este proceso fue expuesta en [22], a la cual se le han adicionado varios pasos para ampliar el espectro de defectos a identificar, principalmente omisiones y ambigüedades de diversa gravedad. El proceso presentado no solo guía en la identificación de defectos, sino también en la corrección del modelo inspeccionado.

A través de mapas conceptuales se ha podido detectar: omisión de símbolos, omisión total o parcial de nociones e impactos, ambigüedad gramatical, ambigüedad por términos redundantes, por oraciones compuestas, por no cumplir los principios de circularidad y vocabulario mínimo, y símbolos no relevantes, entre otros.

Aplicando este proceso de inspección, se realizó un experimento controlado sobre un mismo modelo LEL, cuyos resultados se expusieron en [23], mostrando un nivel homogéneo de detección de defectos y tiempos insumidos entre los inspectores. En este artículo se mostraron resultados de nuevas inspecciones aplicadas sobre distintos modelos LEL. Dichos resultados parecen ser alentadores dada la cantidad de defectos detectados por símbolo (contienen en promedio alrededor de 4 oraciones), los tipos de defectos y la gravedad de los mismos en tiempos relativamente razonables. En principio, el proceso propuesto podría considerarse más eficaz que el basado en checklist cuando se dispone de inspectores con poca experiencia en realizar inspecciones. Es necesario realizar nuevas repeticiones de las inspecciones con mapas conceptuales y ampliar la cantidad de inspecciones con checklist para precisar estos resultados preliminares.

Por otro lado, existe una variante de inspección basada en procedimientos y formularios [24], que también se aboca a la revisión guiada de este mismo modelo. Esta variante no califica los defectos por grado de severidad, las ambigüedades son tratadas como un subtipo de omisión, y detecta omisiones relativamente simples, necesitando para algunas detecciones bastante esfuerzo humano. Los mapas conceptuales dado su impacto visual y jerarquización facilitan muchas de estas detecciones. Se ha comenzado a tipificar los defectos y su gravedad en la inspección mediante formularios con el fin de poder estudiar comparativamente ambas variantes de inspección. Se espera además, a partir de estos estudios comparativos, incluir nuevos pasos para la detección de otros defectos en el proceso presentado.

Referencias

1. Davis, C.J., Fuller, R.M., Chiarini Tremblay, M., Berndt, D. J.: Communication Challenge Requirements Elicitation and the use of the repertory Grid Technique. *Journal of Computer Information Systems*. 46(5), pp.78-86 (2006)
2. Leite, J.C.S.P, Doorn, J.H., Kaplan, G.N., Hadad, G.D.S., Ridao, M.N.: Defining System Context using Scenarios. In: J.C.S.P. Leite, J.H. Doorn (eds.) *Perspectives on Software Requirements*, pp.169-199. Kluwer Academic Publishers. Springer US (2004)
3. Leite, J.C.S.P, Doorn, J.H., Hadad, G.D.S., Kaplan, G.N.: Scenario Inspections,

- Requirements Engineering Journal, 10(1), pp.1-21. Springer-Verlag, Londres (2005)
4. Gilb, T., Graham, D.: Software Inspection, Addison-Wesley Publishing Company (1993)
 5. Laitenberger, O., Debaud, J.M.: An Encompassing Life-Cycle Centric Survey of Software Inspection. *Journal of Systems and Software*, 50(1), pp.5-31 (2000)
 6. Fagan, M.E.: Design and Code Inspections to reduce Errors in Program Development, *IBM Systems Journal*, 15(3), pp.182-211 (1976)
 7. Kantorowitz, E. Guttman, A., Arzi, L.: The Performance of the N-Fold Inspection Method, *Requirements Engineering Journal*, Vol.2, Springer-Verlag Londres, pp.152-164 (1997)
 8. Porter, A.A., Votta Jr., L.G.: Comparing Detection Methods for Software Requirements Inspections: A Replication Using Professional Subjects. *Empirical Software Engineering*, 3(4), pp.355-380 (1998)
 9. Regnell, B., Runesom, P., Thelin, T.: Are the perspectives really different? Further experimentation on scenario-based reading of requirements. *Requirements engineering with use cases – a basis for software development*. Technical Report 132, Lund University, pp.141-180 (1999)
 10. Antonelli, L., Rossi, G., Leite, J.C.S.P., Oliveros, A.: Deriving requirements specifications from the application domain language captured by Language Extended Lexicon. In: 15th Workshop on Requirements Engineering, Buenos Aires (2012)
 11. Ben Achour, C., Rolland, C., Maiden, N.A.M., Souveyet, C.: Guiding Use Case Authoring: Results of an Empirical Study. In: *International Symposium On Requirements Engineering*, Limerick, Irlanda, IEEE Computer Society Press, pp.36-43 (1999)
 12. Hadad, G.D.S., Migliaro, A., Grieco, N.: Derivar casos de uso de un glosario. In: XIV Congreso Argentino de la Ciencia de la Computación, La Rioja, pp.722-734 (2008)
 13. Berry, D.M., Kamsties, E.: Ambiguity in Requirements Specification. In: J.C.S.P. Leite, J.H. Doorn (eds.) *Perspectives on Software Requirements*, pp.7-44. Kluwer Academic Publishers. Springer US (2004)
 14. Fatwanto, A.: Software Requirements Specification Analysis Using Natural Language Processing Technique. In: *Intl Conference on Quality in Research*, pp.105-110 (2013)
 15. Litvak, C.S., Hadad, G.D.S., Doorn, J.H.: Correcciones semánticas en métodos de estimación de completitud de modelos en lenguaje natural. In: 16th Workshop on Requirements Engineering, pp.105-117. Montevideo, Uruguay (2013)
 16. Hadad, G., Litvak, C., Doorn, J., Ridaio M.: Dealing with Completeness in Requirements Engineering. In: Mehdi Khosrow-Pour (ed), *Encyclopedia of Information Science and Technology*, 3rd ed., pp.2854-2863. IGI Global, EEUU (2015)
 17. Hadad, G.D.S., Doorn, J.H., Kaplan, G.N.: Creating Software System Context Glossaries. In: Mehdi Khosrow-Pour (ed) *Encyclopedia of Information Science and Technology*, 2ªed., Vol.II, pp.789-794. IGI Global, Information Science Reference, EEUU (2008)
 18. Novak, J., Cañas, A.: The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them. Technical Report, Florida Institute for Human and Machine Cognition (2008)
 19. Ontoria, A, Ballesteros, A, Cuevas, G, Giraldo, L, Gómez, J.P, et al.: *Mapas conceptuales: una técnica para aprender*. Editorial Narcea. Madrid (1992)
 20. Gallego, D., Ongallo, C.: *Conocimiento y Gestión*. Pearson Prentice-Hall, Madrid (2004)
 21. Hadad, G., Sebastián, A.: Proceso de Inspección del Léxico Extendido del Lenguaje basado en Mapas Conceptuales. Serie Documentos de Trabajo, N° 315, Universidad de Belgrano. ISSN:1850-2512 (2017) <http://repositorio.ub.edu.ar/handle/123456789/8436>
 22. Sebastián, A., Hadad, G.: Mejoras a un Modelo Léxico mediante Mapas Conceptuales. In: XXI Congreso Argentino de Ciencia de la Computación, Buenos Aires, pp.526-535 (2015)
 23. Sebastián, A., Hadad, G.D.S.: Experimento Controlado en la Inspección de un Léxico mediante Mapas Conceptuales. In: III Congreso Argentino de Ingeniería, Chaco (2016)
 24. Kaplan, G., Hadad, G., Doorn, J., Leite, J.: Inspección del Léxico Extendido del Lenguaje. In: 3rd Workshop on Requirements Engineering, Río de Janeiro, pp.70-91 (2000)