



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Departamento:
Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Programa de acreditación:
PROINCE

Programa de Investigación¹:

Código del Proyecto:
C251

Título del proyecto
Tratamiento de las Variables Contextuales Asociadas a los Requisitos del Software

PI Dependencia Compartida: ☐
Elija un elemento.

PI Interdepartamental: ☐
Elija un elemento.

Informe Final

Director:
Gladys N. Kaplan
Director externo:

Codirector:
Gabriel E. Blanco

El presente documento se propone relevar las actividades acontecidas a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación, con especial foco en las transferencias producidas a los efectos de difundir los resultados alcanzados. Esto se enmarca en las Políticas de la Secretaría de CyT UNLaM, bajo el lema de que el conocimiento científico es conocimiento comunicado. En la práctica científica habitual, este es transferido mediante distintos tipos de producciones: publicaciones en eventos científicos, libros, capítulos de libros, entre otras, destacándose particularmente el Artículo Científico/paper.

¹ Los Programas de Investigación de la UNLaM están acreditados con resolución rectoral, según lo indica la Resolución HCS N° 014/15. Acerca de los **Lineamientos generales para el establecimiento, desarrollo y gestión de Programas de Investigación UNLaM**, sugerimos consultar en el Departamento Académico correspondiente a la inscripción del proyecto.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

A. Resumen del proyecto² (Desarrolle en no más de dos páginas.)

Dimensiones mínimas:

- *Problema de investigación:*

En el desarrollo de software, la integridad y consistencia del sistema de software pueden verse afectadas por variables contextuales con valores cambiantes. Este desafío se presenta especialmente en sistemas donde ciertos requisitos no funcionales (RNF) dependen de condiciones externas que pueden variar de manera probabilística. Un claro ejemplo de esta problemática se encuentra en el ámbito agropecuario, donde los sistemas deben cumplir con normativas como las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). Para garantizar el cumplimiento de este RNF, es esencial considerar múltiples factores, como el uso de productos fitosanitarios. Estos deben aplicarse bajo estrictos controles que incluyen la dosificación, las mezclas utilizadas, las condiciones climáticas, el estado del equipo de aplicación y la exposición a los agroquímicos. La variabilidad de estas condiciones exige un tratamiento especial de las variables contextuales para evitar riesgos y asegurar que el software funcione de manera confiable en diferentes escenarios.

En este sentido, el éxito del sistema de software depende de la capacidad de identificar y gestionar estas variables desde las primeras etapas del desarrollo. Durante la Ingeniería de Requisitos (IR), es fundamental definir y analizar en profundidad las condiciones del contexto para prever su impacto en la ejecución del software. Solo con un conocimiento temprano y preciso de estos factores es posible diseñar un sistema robusto que cumpla con los requisitos exigidos, garantizando su eficacia y confiabilidad en entornos dinámicos y cambiantes.

- *Metodología:*

Esta investigación combina análisis de casos reales, identificación de requisitos a partir de escenarios, desarrollo de mecanismos de detección de omisiones y análisis prospectivo de escenarios futuros, lo que sugiere un enfoque cualitativo con aplicaciones.

Se empleó un caso real, el Sistema de Gestión de ATM (cajeros automáticos), para identificar y analizar los requisitos funcionales y no funcionales. A través de la extracción de requisitos desde escenarios y la Especificación de Requisitos del Software (ERS), se identificaron omisiones en los requisitos. Para abordar este problema, se diseñó un mecanismo de detección de frases incompletas, evitando la verificación de escenarios realizada con la técnica de Inspecciones y no resueltos en el Léxico Extendido del Lenguaje (LEL).

El análisis se expandió al estudio de escenarios futuros, permitiendo la adaptación del mecanismo de análisis de variables contextuales para aplicarlo antes de la extracción de requisitos. Además, se llevó a cabo un segundo caso de estudio en un Sistema Agropecuario, con dos enfoques: el análisis de variables contextuales y la colaboración con otras universidades para desarrollar un mecanismo de detección de escenarios de seguridad.

² Actualizar todos los ítems en el **Banco de datos de actividades de CyT del SIGEVA UNLAM** (del Director y de los integrantes del Proyecto), en especial “Antecedentes y Producciones y Servicios”. Ver:  www.youtube.com/@cytunlam 



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

- *Grado de ejecución de los objetivos planteados:*

Los objetivos propuestos en la presentación del proyecto se describen a continuación junto a la descripción de su ejecución:

Objetivo:

“Mejorar la comprensión y completitud de los requisitos del software utilizando las variables contextuales para completar la ERS y detectar requisitos omitidos”.

LOGRADO: se pudo mejorar la comprensión y completitud de los requisitos al generar un mecanismo de análisis de variables contextuales en requisitos funcionales y no funcionales. Al ejecutar este mecanismo se pudo ratificar que el principal problema de la baja calidad de los requisitos de software se debe a la incompletitud de sus descripciones. Este mecanismo propuesto permitió detectar omisiones y ambigüedades y de esta manera incorporar información faltante observando una mejora significativa en la completitud de los requisitos.

Los sub Objetivos:

- 1) *Crear mecanismo de identificación de las variables contextuales para ser incluidos en los modelos previos a la ERS (LEL y escenarios)*
 - a. **LOGRADO:** se analizaron los requisitos con un método GQM (Goal, Question, Metric). El mismo mecanismo fue aplicado a los escenarios futuros analizando en todo momento su relación con el LEL.
- 2) *Analizar la facilidad de la identificación en la extracción de los requisitos desde los EF.*
 - a. **LOGRADO:** se analizaron diferentes ERS de la industria. Se extrajeron los requisitos de los escenarios para determinar el momento donde se podía aplicar el mecanismo de análisis de variables contextuales. En vez de modificar la extracción se determinó que era más seguro adelantarlos a los escenarios y de esta manera garantizar que ambos modelos (escenarios y ERS) se mantuvieran consistentes.
- 3) *Identificar variables asociadas con los requisitos desde la ERS usando DT y PLN.*
 - a. **INCOMPLETO:** se realizaron algunas pruebas, pero no se pudo abordar el tema por cuestiones de tiempo. Se espera continuar con este objetivo específico en el próximo proyecto.
- 4) *Crear una representación de las variables contextuales asociadas a los requisitos para ser incorporada en la ERS.*
 - a. **LOGRADO:** se decidió utilizar las características de los requisitos (Conciso, Necesario, Verificable, Completo, Consistente, No ambiguo, Trazable y Modificable) y asociar las variables contextuales a ellas, incorporando a esta clasificación tres más (Autónomo, Indivisible, Punto de vista) que surgieron del análisis realizado.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

- **Resultados:**

Los resultados obtenidos han sido muy satisfactorios. Para describirlos se han dividido en tres ítems. Los dos primeros corresponden a la construcción de un mecanismo de detección de variables contextuales en los requisitos y luego, aplicado a los escenarios. El tercer ítem es un resultado colateral del análisis realizado en las diferentes ERS donde surgió la necesidad de contar con especificaciones de requisitos más flexibles, que permitan agrupar los requisitos de diferente manera sin perder información.

1) Variables contextuales en los requisitos

Del análisis de los casos se construyó un método para evaluar las *características* de los requisitos y determinar su grado de comprensión. Para ello se utilizó un método cuantitativo GQM (Gold Question Metric) que a través de preguntas permite evaluar internamente cada requisito. De esta manera se analizan las variables contextuales que permiten determinar información adicional no visibilizada en su construcción. Para probar el método propuesto se utilizaron especificaciones tomadas directamente de la industria, las cuales fueron consideradas correctas por sus autores. En todos los casos, muchos de estos requisitos presentaron serios problemas de descripción. Para analizar cada característica se definió una pregunta asociada, como se puede observar en la Tabla 1:

Características	Preguntas	Peso en la fórmula
Correcto	(P1) ¿está dentro del alcance del Objetivo del Sistema?	RTA: NO=1
Conciso	(P2) ¿Es de fácil comprensión? (se puede comprender en una primera lectura)	RTA: NO=1
Necesario	(P3) ¿Puede ser reemplazado por otra funcionalidad?	RTA: SI=1
Verificable	(P4) ¿Están los parámetros/valores que permiten aplicar un método cuantificable?	RTA: NO=1
Completo	(P5) ¿Están los datos necesarios para implementar el requisito?	RTA: NO=1
Consistente	(P6) ¿Existe alguna contradicción en el propio requisito?	RTA: SI=1
Autónomo	(P7) ¿Alcanza con analizar este requisito solo? (sin conocer otros requisitos)	RTA: NO=1
Indivisible	(P8) ¿La realización del requisito corresponde a una única funcionalidad del software?	RTA: NO=1
Punto de Vista	(P9) ¿Esta escrito desde la perspectiva correcta?	RTA: NO=1
No ambiguo	(P10) ¿Puede tener más de una interpretación?	RTA: SI=1
Trazable	(P11) ¿Se comprende el origen del requisito?	RTA: NO=1
Modificable	(P12) ¿Es posible de ser modificado forma fácil, completa y consistente?	RTA: NO=1

Tabla 1 - Base del método GQM aplicado a requisitos y escenarios

Los análisis de las ERS dieron como resultado que el problema con mayor frecuencia está relacionado con la completitud, arrojando que un 31.90% de los requisitos tienen este problema. Le sigue en importancia la ambigüedad, luego la autonomía, la consistencia y la indivisibilidad y finalmente, el punto de vista y lo conciso.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

La característica autónoma se da con mayor frecuencia cuando existen modelos previos a la ERS los cuales tienen los requisitos empotrados, ya que la secuencia en el cual aparecen en el modelo suele ser el mismo que en la ERS.

Estos resultados corroboran que siguen existiendo en la industria especificaciones con serios problemas de comprensión y completitud.

2) Variables contextuales en los escenarios

En los casos analizados los requisitos son extraídos desde los Escenarios Futuros. Por tal motivo, se estudió la posibilidad de adelantar el mecanismo propuesto en el primer punto a los escenarios y así asegurar una mejor calidad de los requisitos extraídos. En este contexto se analizaron tres caminos posibles: 1) detectar las omisiones en los requisitos y modificar directamente la especificación, 2) corregir los requisitos en la especificación y luego actualizar los escenarios y 3) asegurar la completitud de los escenarios antes de extraer los requisitos. El primer camino introduce inconsistencia entre los modelos construidos. El segundo, provoca un importante re-trabajo ya que se debe modificar la especificación y luego, todos los escenarios involucrados pudiendo dejar errores en el camino. El tercer camino, el seleccionado para continuar con el mecanismo, asegura la consistencia entre los modelos con un mínimo de trabajo adicional.

De esta manera, el conjunto de preguntas especificadas en 1) se aplicaron directamente a los episodios, restricciones y excepciones de los escenarios. Estas preguntas pueden ser respondidas por el ingeniero, el cliente-usuario o ambos. Luego de aplicar este procedimiento, los requisitos obtenidos aumentaron significativamente su comprensión y ambos modelos mejoraron su completitud. Además, se detectaron episodios y restricciones nuevas. Se pudo observar un descenso en los defectos encontrados en general, y en particular se corroboró que la Completitud sigue siendo el problema más significativo de estos modelos.

3) Especificación jerárquica de requisitos

El análisis realizado sobre las ERS requirió reorganizar las mismas desde diferentes puntos de vista para determinar si era posible comprender los requisitos cuando tenían otro tipo de agrupamiento. De esta manera se determinó la rigidez de la especificación y fue necesario generar un mecanismo de especificación diferente. En este contexto surge la posibilidad de especificar los requisitos de manera jerárquica. Se propuso un ID jerárquico unívoco que se compone de diferentes datos provenientes del mismo requisito y del escenario que le dio origen. La desagregación del ID permite organizar el documento por categorías, por orden de ejecución en el dominio, por aspectos no funcionales, etc. generando documentos más flexibles y personalizados que mejoran la legibilidad del documento, el análisis de los requisitos, la priorización, facilita la trazabilidad y la gestión del cambio. Los resultados obtenidos con esta propuesta son:

- Se mejoró la comprensión de cada requisito en particular y en su conjunto.
- Permitió dividir fácilmente los requisitos en categorías.
- Se pudo construir una visión funcional del nuevo software.
- Se visibilizó la concurrencia de los requisitos.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

- Permitió un reordenamiento de los requisitos por diferentes aspectos sin pérdida de información.
- Se eliminaron las duplicaciones de requisitos dejando registro de su origen.
- Permitió alertar sobre posibles omisiones y faltantes.
- Mejoró la validación de la ERS.

Por otro lado, al examinar las ERS jerárquicas, se observó que existe una relación directa entre el ID de los requisitos que describen las funciones generales y las dependencias entre los requisitos, lo que permitiría crear información muy valiosa de manera semi automática a partir de esta ERS jerárquica. Este último punto no fue corroborado en el presente proyecto por cuestiones de tiempo.

- B. Informar *cada* producción con filiación UNLaM que derive de la presente investigación (artículo de revista/papers, libro, parte de libro, trabajos en eventos publicados/ponencia, etc.).
Anexar los textos de las producciones en SIGEVA UNLAM.³**

Tipo de Producción	Trabajos en eventos C-T publicados
Título	Evaluación de requisitos de software utilizando GQM
Autor/es	Gladys Kaplan, Gerardo Riera, María Inés Bertín, Gabriel Blanco
Editorial	CACIC 2023
Fecha	Octubre de 2023
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	https://cacic2023.unlu.edu.ar/congreso/papersAceptados.html

Tipo de Producción	Trabajos en eventos C-T publicados
Título	SEMloTICA - Security Scenarios Model-ing for IoT-based Agriculture Solutions
Autor/es	Julio Ariel Hurtado; Leandro Antonelli; Santiago López; Adriana Gómez; Juliana Delle Ville; Giuliana Maltempo; Frey Giovanni Zambrano; Andrés Solís; Marta Cecilia Camacho; Miguel Solinas; Gladys Kaplan; Freddy Muñoz

³ Los archivos deberán estar en formato PDF, a texto completo. Podrán ser publicados en el Repositorio Digital UNLaM, bajo Licencias Creative Commons. Será evaluada la inclusión en el Repositorio aquellas publicaciones que poseen una licencia diferente o declaración de copyright.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Editorial	The second workshop on “Collaboration in knowledge discovery and decision making - Decisioning 2023
Fecha	Junio de 2023
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	https://digital.cic.gba.gob.ar/items/0d2bf0ee-c1b6-4d38-8132-93b9b510231f

Tipo de Producción	Trabajos en eventos C-T publicados
Título	Una propuesta para mejorar la completitud de los requisitos del software
Autor/es	Gladys Kaplan, Gerardo Riera, María Inés Bertín, Gabriel Blanco
Editorial	WICC 2024
Fecha	Abril de 2024
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	chrome-extension://efaidnbmninnbpcajpcgcle-findmkaj/https://wicc2024.unp.edu.ar/images/libros/LibroDeActasWICC2024.pdf

Tipo de Producción	Trabajos en eventos C-T publicados
Título	Especificación jerárquica de requisitos desde escenarios
Autor/es	Gladys Kaplan
Editorial	CACIC 2024
Fecha	Octubre de 2024
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	https://cacic2024.info.unlp.edu.ar/libro-de-actas-cacic-2024-ebook/

Tipo de Producción	Artículos publicados en revistas
Título	Semiotics: An Approach to Model Security Scenarios for IoT-Based Agriculture Software
Autor/es	Julio Ariel Hurtado; Leandro Antonelli; Santiago López; Adriana Gómez; Juliana Delle Ville; Giuliana Maltempo; Frey Giovanni



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024
	Zambrano; Andrés Solis; Marta Cecilia Camacho; Miguel Solinas; Gladys Kaplan; Freddy Muñoz
Editorial	Tecnológicas 2024
Fecha	Abril de 2024
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	https://doi.org/10.22430/22565337.2923

C. Vinculación⁴: Indicar conformación de redes, intercambio científico con actores externos, con otros grupos de investigación; desarrollos; con el ámbito productivo o con entidades públicas, etc. Desarrolle en una página.

Tal como estaba previsto, se realizó un intercambio con la UNLP y luego, se amplió a Universidades de Colombia como la Universidad del Cauca, Universidad Tecnológica de Pereira, Corporación Universitaria Comfacauc, Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, Universidad Nacional de Córdoba y Fundación Universitaria de Popayán. En este intercambio se propuso un método para especificar escenarios de seguridad integrando los puntos de vista de requisitos y arquitectura en el contexto del IoT en soluciones agrícolas. De esta colaboración se obtuvieron dos artículos, uno de ellos fue presentado en un congreso internacional y el otro en una revista científica del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín (Colombia).

D. Otra información. Incluir toda otra información que el Director considere pertinente.

E. Cuerpo de anexos:

- Anexo I:
 - FPI-013: Evaluación de alumnos integrantes. (de corresponder)
 - FPI-014: Comprobante de liquidación y rendición de viáticos. (de corresponder)
 - FPI-015: Rendición de gastos del proyecto de investigación.
 - FPI-038: Formulario de reasignación de fondos en Presupuesto. (de corresponder)
- Anexo II: FPI 017 ⁵ Alta patrimonial de los bienes adquiridos con presupuesto del proyecto.
 - Disposición del Decano y nota de elevación del Director del Proyecto justificando “alta y/o” baja de cada integrante del equipo de investigación.

San Justo, 1 de marzo de 2025

Firma y aclaración Director Proyecto

⁴ Entendemos por acciones de “vinculación” aquellas que tienen por objetivo dar respuesta a problemas, generando la creación de productos o servicios innovadores en articulación con el entramado socioproductivo.

⁵ Solo ante la presentación del Informe Final.