

## Elicitación y Especificación de Requerimientos No Funcionales para aplicaciones Web

Silvana del Valle Rojo, Alejandro Oliveros

INTEC – UADE, Lima 775, CABA, Argentina

sdelvallerujo@uade.edu.ar, aoliveros@gmail.com

**Abstract.** La noción de Requerimientos No Funcionales (RNF) de los sistemas software no es homogénea. Hay falta de consenso en las respuestas a preguntas como: ¿Qué son? ¿Cómo se clasifican dentro del contexto de desarrollo de software? y ¿Cómo se clasifican en el desarrollo de aplicaciones Web? Ingeniería de Requerimientos proporciona numerosas técnicas y herramientas para identificar, describir, validar y gestionar requerimientos, pero frecuentemente estas no son aplicadas en el desarrollo de aplicaciones Web. La madurez del proceso de Ingeniería de Requerimientos parece ser insuficiente para desarrollar este tipo de aplicaciones. Superar esa insuficiencia en el tratamiento adecuado de los RNF demanda nuevos enfoques o evolución de los actuales. Este trabajo presenta lineamientos específicos para la aplicación de Ingeniería de Requerimientos Web al tratamiento de los RNF. Presenta procesos de Elicitación y Especificación de RNF Web (de calidad y restricciones) que utilizan plantillas diseñadas específicamente para la captura y especificación de RNF. Finalmente se presenta la aplicación de los conceptos y procesos propuestos en un proyecto real.

**Keywords:** Requerimientos No Funcionales, Aplicaciones Web, Calidad del Software, Elicitación de RNF Web, Especificación de RNF Web.

### 1 Introducción

El crecimiento de las aplicaciones Web fue acompañado con el surgimiento de metodologías para su desarrollo. La mayoría de estos enfoques está orientada a las actividades de diseño dentro de su ciclo de vida y contemplan en menor escala, o no incluyen, las tareas de ingeniería de requerimientos, testeo y administración de la calidad [1]. La Ingeniería de Requerimientos proporciona numerosas técnicas y herramientas sin embargo no son utilizadas regularmente en el desarrollo de aplicaciones web.

En el proceso de elicitación los Requerimientos No Funcionales (de ahora en más RNF) pueden presentarse junto a los requerimientos funcionales a través de diversas formas (políticas de negocio o externas al negocio, paradigmas de programación, tecnología de autorización, infraestructura disponible, etc.) Identificar, evaluar y tipificar los RNF se dificulta por la falta de consenso en las definiciones y esquemas de clasificación en la literatura existente sobre RNF. Además se agrava cuando el

enfoque utilizado para el desarrollo de la aplicación Web carece de lineamientos, técnicas y/ o herramientas específicas de soporte al proceso de requerimientos.

Este trabajo parte de la revisión de los conceptos que definen a los RNF dentro de la literatura existente en la Ingeniería de Requerimientos, se expone la discrepancia de consenso sobre su significado y se establecen las bases conceptuales para considerar a los RNF como requerimientos de calidad y restricciones. Luego se revisa el tratamiento de los RNF en las metodologías de desarrollo Web. Posteriormente se presentan los procesos que proponemos para la Elicitación y Especificación de RNF Web (de calidad y restricciones) y las plantillas diseñadas para dar soporte a los mismos [14]. Finalmente se presenta la validación de la aplicación de los conceptos y procesos propuestos en un proyecto real.

## 2 Requerimientos No Funcionales. Conceptos y Clasificaciones

En la comunidad de la Ingeniería de Requerimientos no hay consenso sobre “qué son” los RNF y tampoco en cuanto a cómo se capturan, especifican o validan.

La literatura utiliza una variedad de términos en las definiciones de RNF y con significados poco precisos, que dan lugar a la ambigüedad sobre su alcance o lo que representan. En [12], [13], [14] se realizó una revisión del estado del arte de la noción de los RNF. En las definiciones de RNF se utilizan los términos *atributo*, *restricción*, *característica*, *propiedad* y *calidad*. Algunas definiciones no mencionan ejemplos lo que dificulta precisar el significado del término, por lo que estos pueden ser interpretados como un concepto diferente si se considera cada definición en forma aislada.

Se analizaron ocho propuestas de clasificación de los RNF [3], [6] y [7]. Se identificaron discrepancias conceptuales: en algunas se proponen árboles o categorías de conceptos que en otras se muestran en forma separada. Los enfoques son heterogéneos en cuanto a la cantidad de niveles de cada estructura, los conceptos agrupados en cada categoría o característica, el concepto de calidad y los atributos de calidad dentro de la estructura y la forma de agruparlos.

### 2.1 Conceptos a aplicar en este trabajo

El soporte conceptual lo conforman las definiciones de Cysneiros [4], que considera a los RNF como requerimientos de calidad y como restricciones.

**Requerimientos No Funcionales como requerimientos de calidad.** Los RNF “son requerimientos de calidad, que representan restricciones o las cualidades que el sistema debe tener tales como: precisión, usabilidad, seguridad, rendimiento, confiabilidad, performance entre otras [...]” [4].

Al considerar a los RNF como requerimientos de calidad, se contemplarán las seis características del estándar de calidad internacional ISO/IEC 9126 [8], ya que incluye los atributos mencionados en las definiciones de Cysneiros en [4].

**Requerimientos No Funcionales como restricciones:** Los RNF “son las restricciones globales sobre el sistema, un requerimiento funcional, el proceso de desarrollo o sobre el proceso de despliegue [...]” [4].

Este trabajo se enfoca en las “restricciones del proceso de desarrollo” para evaluar el nivel de completitud y de especificación de los procesos para desarrollar aplicaciones web, dado que la no completitud de los mismos hace que se descuiden aspectos relevantes para el tratamiento de los RNF. Se consideran las siguientes restricciones de proceso de desarrollo:

*Alcance del proceso de desarrollo:* se vincula con las fases del ciclo de vida que considera el proceso. Puede ser *completo* o *parcial*, según contemple y describa fases para todo el ciclo de vida de desarrollo o no.

*Nivel de detalle de la especificación del proceso:* relacionada con el nivel de detalle de la especificación del proceso, las actividades, las técnicas utilizadas en cada fase y los productos generados en las mismas. Puede ser *completo*, si describe las actividades, las técnicas a ser aplicadas y los productos que deben ser producidos en cada fase; o *parcial*, si describe las actividades a ser aplicadas en cada fase, pero no describe técnicas a utilizar ni ofrece detalles o plantillas de los productos que deben ser producidos en cada fase.

## 2.2 RNF en las metodologías de desarrollo de aplicaciones Web

En [12], [13], [14] se analizaron los siguientes procesos de desarrollo Web: Web Site Design Method (WSDM), Hypermedia Flexible Process Modeling (HFPM), UML-Based Web Engineering (UWE), Web Modeling (WEBML), Navigational Development Techniques (NDT), Design-driven Development Process (DDDP). Se hizo un análisis comparativo de los seis enfoques con tres puntos de vista: a) Tipos de RNF identificados en cada metodología; b) Técnicas de elicitación, especificación y validación de la IR que utilizan para el tratamiento de los RNF y c) RNF identificados por cada metodología y el ciclo de vida. Este último buscaba establecer la fase o fases del ciclo de vida de desarrollo de software en las que son tratados los RNF.

Los resultados del estudio de las metodologías de aplicaciones Web permiten apreciar que estas metodologías:

- Consideran a los RNF pero sin consenso en su significado.
- Carecen de técnicas para la elicitación de RNF y no hay consenso sobre como especificarlos ni lineamientos de como validarlos.
- Algunos de ellos disponen de herramientas para tratar a los RNF pero son particulares del proceso metodológico al que soportan.
- Sus procesos de desarrollo no brindan técnicas que soporten el tratamiento de los RNF a lo largo del ciclo de vida.
- No hay consenso en cuanto a la fase del ciclo de vida de desarrollo en que se identifican los RNF.
- Ninguno de los enfoques de desarrollo de aplicaciones Web estudiados menciona las técnicas que utilizan para elicitar RNF durante la fase de captura de requerimientos. Si bien algunas, como UWE, WebML, mencionan el uso de Checklist durante la captura de requerimientos, no indican que estos se apliquen para capturar RNF [14].

- Solamente dos enfoques mencionan artefactos para documentar RNF. WebML propone generar una “Lista de Requerimientos No Funcionales”. NDT ofrece un *Patrón para describir los Requerimientos No Funcionales*, para que estos puedan ser incluidos en el documento de especificación de requerimientos del software

### 3 Elicitación y Especificación de RNF Web

En las aplicaciones Web la Ingeniería de Requerimientos (IR) enfrenta un escenario diferente al habitual: stakeholders no disponibles, multidisciplinariedad, alta volatilidad de requerimientos, ambientes operacionales no predecibles, poca o escasa experiencia del equipo de desarrollo con las tecnologías web y la importancia particular de aspectos de calidad como la usabilidad, seguridad y performance [5].

Las características propias de las aplicaciones Web, hacen que la elicitación de RNF (por ejemplo restricciones de arquitectura, restricciones de proceso de desarrollo y los aspectos de calidad tales como la usabilidad, performance, seguridad, entre otras,) cobren un papel relevante para la aplicación de la IR en la Ingeniería Web.

En la Figura 1 se representan los procesos propuestos para la captura y documentación de RNF para aplicaciones Web. El proceso de validación de la IR está fuera del alcance de este trabajo.

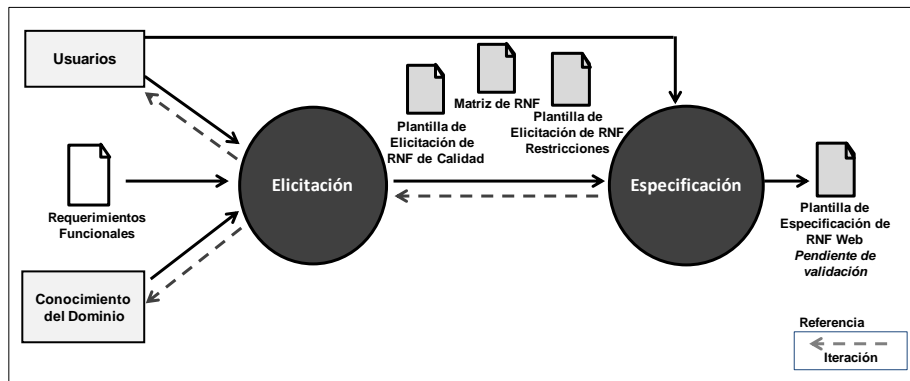


Fig. 1. Procesos de Elicitación y Especificación de RNF Web.

El proceso no es lineal, la Elicitación y la Especificación interactúan entre sí para la captura de conocimiento, análisis, descripción de RNF y negociaciones con los stakeholders.

Para adquirir el conocimiento relevante del dominio del problema relacionado con los RNF el ingeniero de requerimientos dispone de un conjunto de preguntas que brindan las *Plantillas de Elicitación de RNF*. Con las respuestas obtiene una serie de requerimientos candidatos que vuelca en la *Matriz de RNF* siguiendo un *Patrón para escribir RNF*. Si identifica requerimientos en conflicto o que necesitan un estudio de factibilidad técnica les asigna los estados “Negociación” o “Análisis” respectivamente. Itera el proceso de Elicitación y las negociaciones con los Stakeholders hasta que

todos los RNF de la matriz tienen alguno de los estados “Pospuestos”, “Rechazados” o “Pendiente de Validación”.

El producto del proceso de especificación es la *Planilla de especificación de RNF Web* que contiene todos los RNF registrados en la matriz de RNF con estado “Pendiente de Validación”.

En lo que sigue se presenta un resumen de los procesos propuestos en base al siguiente template [9]:

**Objetivo** del proceso

**Entradas** del proceso

**Actividades** que deben llevarse a cabo en el proceso

**Técnicas/Herramientas** que se utilizan en el proceso

**Productos** documentos o productos generados en el proceso

**Interacción** procesos de la IR con los cuales se relaciona

Por último se describen las plantillas que soportan los procesos propuestos. La descripción detallada de los procesos y plantillas se encuentran en [14].

### 3.1 Proceso de Elicitación

La complejidad de los requerimientos en el desarrollo de aplicaciones Web demanda herramientas y técnicas acordes a la naturaleza de los mismos. En particular los RNF necesitan ser identificados, clasificados y analizados para recién ser documentados apropiadamente. El proceso de elicitación propuesto es el siguiente:

**Objetivo:** Adquirir el conocimiento del dominio de problema relacionado a los RNF de la aplicación Web.

**Entradas:** Clientes, Usuarios, Otros Stakeholders del Dominio. Requerimientos Funcionales. Conocimiento del Dominio.

#### Actividades

1. Identificar todas las fuentes de conocimiento de requerimientos:

- 1.1. Definir dominio de la aplicación y objetivos.
- 1.2. Identificar y clasificar Stakeholders claves.
- 1.3. Revisar los Requerimientos Funcionales identificados.
- 1.4. Aplicar Plantillas de Elicitación de RNF de Calidad y Restricciones.
- 1.5. Preparar entrevistas y realizar cuestionarios.

2. Adquirir el conocimiento:

- 2.1. Realizar las entrevistas y cuestionarios.
- 2.2. Consolidar la información.

3. Decidir sobre la relevancia del conocimiento para dominio del Problema.

Completar la Matriz de RNF.

4. Comprender la importancia del conocimiento y su impacto sobre los requerimientos del software.

- 4.1. Conciliar las necesidades de los stakeholders
- 4.2. Identificar relaciones entre necesidades de Calidad y las Restricciones

**Técnicas/Herramientas:** Plantilla de Elicitación de RNF de Calidad, Plantilla para Elicitación de RNF Restricciones, Cuestionarios, Entrevistas.

**Productos:** Plantilla de Elicitación de RNF de Calidad, Plantilla para Elicitación de RNF Restricciones, Matriz de RNF.

**Interacción:** Proceso de Especificación de RNF Web.

### 3.2 Proceso de Especificación

El proceso de especificación interactúa con el proceso de Elicitación cuando se requiere mayor detalle o más información sobre el dominio de la aplicación y es afectado por este ante la presencia de un cambio en el dominio del problema.

El proceso de especificación de RNF Web se ejecuta en paralelo con el proceso de Elicitación de RNF Web ya que demanda la participación del usuario durante el análisis y negociación de los RNF en conflicto. El proceso de especificación propuesto es el siguiente:

**Objetivo:** Elaborar la especificación de los RNF de la aplicación Web.

**Entradas:** Matriz de RNF, Plantilla de Elicitación de RNF de Calidad, Plantilla para Elicitación de RNF Restricciones, Clientes, Usuarios, Otros Stakeholders.

**Actividades:**

1. Análisis del conocimiento asociado a los RNF
  - 1.1. Derivar los RNF de Calidad y Restricciones
  - 1.2. Identificar conflictos entre los RNF de Calidad y Restricciones
  - 1.3. Identificar si los RNF requieren análisis de factibilidad técnica
  - 1.4. Identificar los RNF postergados
  - 1.5. Identificar los RNF rechazados
  - 1.6. Actualizar la Matriz de RNF
2. Organizar y documentar los Requerimientos No Funcionales:
  - 2.1. Controlar que los RNF estén en condiciones de ser validados
  - 2.2. Elaborar la Especificación de RNF.

**Técnicas/ Herramientas:** Patrón para Especificación de RNF, Plantilla de Especificación de RNF Web, Matriz de RNF.

**Productos/ Salidas:** Especificación de RNF Web pendiente de Validación.

**Interacción con:** Proceso de Elicitación de RNF Web.

### 3.3 Plantillas que soportan los procesos

Los procesos de Elicitación y Especificación de RNF Web se soportan con plantillas diseñadas a partir de las bases conceptuales establecidas en [14]. Para la Elicitación se diseñaron dos plantillas una para RNF de Calidad y otra para los RNF restricciones.

La Figura 2, muestra la estructura de las planillas de Elicitación de RNF (Calidad y Restricciones). El encabezado contiene: Datos que no pueden ser modificados por el analista tales como *Título*, *Datos de la Planilla (versión y fecha de publicación de la planilla)* y datos que deberán ser completados durante el proceso de Elicitación tales como *Datos de la aplicación Web, del Autor y Control de Versión de la plantilla*.

El cuerpo de la plantilla, contiene ítems que sirven como guía en la captura de RNF de calidad y restricciones, son: *Característica/ Categoría*, *Subcaracterística* de Calidad o una *Subcategoría* de Restricciones, *Tipo de Stakeholder*, los *Intereses a*

considerar para el par Stakeholder/ [subcaracterística, Subcategoría] y las Preguntas para capturar el conocimiento asociado a la subcaracterística/subcategoría.

El ingeniero de requerimientos deberá completar cada ítem de la columna ¿Aplica? introduciendo la marca “✓” si va considerar las preguntas de subcaracterística/ subcategoría durante la Elicitación, caso contrario quedará en blanco. En caso de utilizar un documento y/o herramienta adicional para capturar el conocimiento, deberá mencionarlo en la columna Documento/Herramienta de soporte a la definición.

Plantilla para Elicitación de RNF de Calidad/ Restricciones					Datos de la Plantilla	
Datos de la Aplicación/ Proyecto			Datos de Autor		Control de Versión	
Organización: Nombre: Versión:			Nombre de Autor: Rol:		Versión: Fecha de creación: Fecha de última actualización:	
Característica	Subcaracterística	Tipo de Stakeholder	Intereses a considerar	Temas a considerar / Preguntas	Documento / Herramienta de soporte a la definición	¿Aplica?
Característica/ Categoría	Subcaracterística 1 / Subcategoría 1					<input checked="" type="checkbox"/>
	Subcaracterística N / Subcategoría N					<input type="checkbox"/>

Fig. 2. Estructura de Plantilla de Elicitación de RNF (Calidad- Restricciones)

La Plantilla para la elicitación de RNF de Calidad. Contiene varias características y subcaracterísticas del estándar ISO/IEC 9126-1[8]. Las características seleccionadas se analizaron desde el punto de vista de las aplicaciones Web; lo cual fue una tarea especialmente difícil debido a que los conceptos del estándar ISO/IEC 9126-1 están enfocados particularmente a sistemas tradicionales. Están presentes en la planilla:

**Funcionalidad:** Precisión, Interoperabilidad, Seguridad.

**Confiabilidad:** Madurez, Tolerancia a fallas, Recuperabilidad.

**Usabilidad:** Comprensibilidad, Atractividad.

**Eficiencia:** Tiempo de comportamiento.

**Portabilidad:** Adaptabilidad, Capacidad de instalación.

La característica **Mantenibilidad** y sus subcaracterísticas no fue incluida porque de acuerdo con [10], es un factor asociado a la calidad del proceso de desarrollo.

La Planilla de Elicitación de RNF Restricciones. Contiene catorce subcategorías de restricciones, que de acuerdo a nuestra experiencia, las consideramos relevantes para el desarrollo de aplicaciones Web debido a que condicionan aspectos de la solución. El lenguaje, ambiente, arquitectura y navegadores están ligados a un contexto técnico relacionado al hardware y software que serán usados para construir acceder y alojar la aplicación. Las siguientes restricciones están presentes en la planilla:

**Proceso de desarrollo:** Alcance, Nivel de detalle.

**Lenguajes de programación.**

**Ambiente:** Implementación, Sistema Operativo, Base de datos, Servidor de Aplicaciones.

**Arquitectura:** Framework, Diseño de Capas, Sistemas Externos, Solicitudes de Mails / Mensajería, Accesibilidad, Librerías / Componentes.

**Navegadores.**

Para el proceso de Especificación se elaboraron tres plantillas.

El *Patrón para especificar RNF* y la *Plantilla de Especificación de RNF Web*. Se diseñaron en base a las prácticas recomendadas en el estándar IEEE 830-1998 [11] para la especificación de requerimientos de software y a las características para producir un buen requerimiento [15]. El Patrón contiene una sección relacionada a la **Identificación y Descripción** del RNF que incluye: *Tipo de requerimiento* (Calidad o Restricción), la *Característica* de Calidad o *Categoría* de Restricción, *Subcaracterística* de Calidad o *Subcategoría* de Restricción *Identificador del RNF*, *Descripción del Requerimiento*. Y otra sección con **Datos Específicos** del RNF que contiene: *Identificador RNF al que está Asociado*, *Estabilidad del RNF*, *Prioridad asignada por el/los Stakeholder/s*, *Versión de la Aplicación Web para la cual el RNF debe ser implementado*. *Documentación de referencia*, *Stakeholder que originó el requerimiento* y *Solicitante* que indica el Nombre de la Persona y/o Área que requiere el RNF.

La Figura 3, muestra la estructura de la *Plantilla de Especificación de RNF Web* que contiene al *Patrón de RNF*.

Plantilla de Especificación de RNF Web										Datos de la Plantilla Versión: 1.0 Fecha: 23-06-2013	
Datos de la Aplicación/ Proyecto					Datos de Autor			Control de Versión			
Identificación y Descripción					Datos específicos						
Tipo	Categoría	Subcategoría	Id. Requerimiento	Descripción del requerimiento	Id. Req. Asociado	Estabilidad	Prioridad	Versión #	Documentación de Soporte/ Versión	Stakeholder	Solicitante
RNF Calidad											
RNF Restricciones											

**Fig. 3.** Estructura de Plantilla de Especificación de RNF Web.

La *Matriz de RNF*. Soporta los procesos de Elicitación y Especificación. La información que se registra en esta matriz durante el proceso de elicitación, da origen a un conjunto de RNF candidatos, los que en el proceso de especificación serán analizados y descriptos correctamente. Los campos que contiene la matriz son: *Identificador del RNF candidato*, *Tipo de requerimiento* (Calidad o Restricción), la *Característica* de Calidad o *Categoría* de Restricción, *Subcaracterística* de Calidad o *Subcategoría* de Restricción, *Descripción del Requerimiento*, *Identificador del RNF al que está asociado*, *Estabilidad del RNF*, *Fecha* en la que fue solicitado, *Origen* del RNF (del cliente, interno u otro), *Stakeholder que originó el requerimiento* y *Solicitante* que indica el Nombre de la Persona y/o Área que requiere el RNF, *Prioridad* asignada por el /los stakeholder/s, *Versión de la Aplicación Web para la cual el RNF debe ser implementado*, *Documentación de referencia*, *Estado* del RNF, *Observaciones*. Los



campos "Estado" y "Observaciones", reflejan la situación de cada RNF durante el proceso de Especificación y la interacción con el proceso de Elicitación. Los estados posibles son: "Negociación" el requerimiento relevado tiene algún conflicto con otros; "Análisis" el requerimiento relevado se encuentra en estudio de factibilidad técnica; "Pospuesto" el requerimiento fue diferido; "Rechazado" el requerimiento fue desestimado, "Pendiente de Validación" el requerimiento puede ser especificado en la Plantilla de Especificación de RNF.

La matriz ofrece además un cuadro (figura 4) y un gráfico (Figura 5) que permiten visualizar el estado General de los Requerimientos durante el proceso de Elicitación y Especificación.

Tabla de totales	
Total de Requerimientos	3
Clasificación según prioridad	
Necesarios	0
Preferibles	0
Clasificación según estado	
En negociación	1
En análisis	2
Pospuestos	0
Rechazados	0
Pendiente validación	0

Fig. 4. Tabla de Totales (Matriz de RNF)

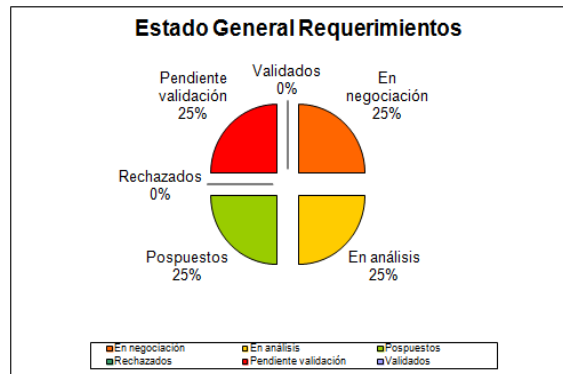


Fig. 5. Estado General de Requerimiento (Matriz de RNF)

## 4 Aplicación del proceso en un proyecto real

En esta sección se presentan los resultados más relevantes de la utilización de los procesos, lineamientos y herramientas definidas para el tratamiento de los Requerimientos No Funcionales de Aplicaciones Web (de calidad y restricciones) en un proyecto real. El caso completo se encuentra desarrollado en [14]. Cabe acotar que no se proporcionan detalles de las actividades relacionadas a la captura y especificación de los requerimientos funcionales ni de las fases siguientes del ciclo de vida involucradas en el desarrollo.

### 4.1 Presentación del dominio

La empresa es un operador en el mercado portuario argentino, gestor de un tercio de los contenedores de exportación e importación. Entre los servicios que brinda se encuentra la *Carga General*, que consiste en la atención de Buques de Carga General y Cargas de Proyectos. La gerencia de operaciones necesitaba reforzar sus sistemas de información con una aplicación que, genere indicadores a partir de los datos obtenidos en la carga y descarga de buques que permitan optimizar los tiempos de carga y descarga de buques.

El **alcance definido para** la aplicación “Indicadores de grúas y barcos” fue proporcionar indicadores calculados a partir del valor promedio de carga de un buque, la cantidad de grúas que trabajan en el buque por hora, el ritmo, la productividad proyectada, la productividad esperada de cada grúa y las demoras que afectan a buques y grúas.

El proyecto requirió 664 horas-persona en ocho semanas. En la implementación participaron como expertos del dominio personal de la organización portuaria, del sector de sistemas de información y del sector infraestructura. El equipo de desarrollo estuvo conformado por los siguientes roles: Project Manager, Ingeniero de Requerimientos, Arquitecto de solución, Diseñador / Desarrollador, Analista Tester e Implementador.

### 4.2 Ejecución del Proceso de Elicitación de RNF Web

El relevamiento estuvo a cargo del Ingeniero de Requerimientos, la captura del conocimiento del dominio del problema relacionado a los RNF se llevo a cabo en paralelo con los RF, mediante siete reuniones presenciales, comunicación por correo electrónico y conferencias telefónicas.

Las entradas del proceso: *el Conocimiento e Información del Personal del Sector de carga y descarga, Personal del Sector de Sistemas, 16 Requerimientos Funcionales, Información del dominio, Personal del Sector de Infraestructura.*

Resultados de las actividades ejecutadas:

- Se identificaron 6 Stakeholder claves y se mapearon los mismos con los tipos de Stakeholders que proponen las Plantillas de Elicitación de RNF.
- Se seleccionaron 9 de las 11 Subcaracterísticas de la Plantilla de Elicitación de RNF de Calidad y 13 de las 14 Subcategorías de la Plantilla de Elicitación de RNF Restricciones.

- Se elaboraron cuestionarios, con las preguntas de las subcaracterísticas y subcategorías seleccionadas.
- Durante la captura de conocimiento se realizó un prototipo en papel de la interface gráfica para celulares.
- Se consolidó la información obtenida en la *Matriz de RNF* versión 1.0, se identificaron 40 RNF candidatos.
- Las diferencias e inconsistencias entre los RNF candidatos quedaron registradas en la *Matriz de RNF* versión 1.0, en la columna “Observaciones”. La conciliación de las mismas se llevó a cabo a través de conferencias telefónicas y correos electrónicos con los Stakeholder claves.
- Las relaciones entre RNF candidatos de calidad y restricciones se reflejaron en la columna “Id. RNF asociado” de la *Matriz de RNF* versión 1.0.

Las salidas: *Plantilla de Elicitación RNF de Calidad 1.0*, *Plantilla de Elicitación RNF Restricciones 1.0*, *Matriz de RNF 1.0 – Versión Inicial* (con un total de cuarenta RNF candidatos).

### 4.3 Aplicación del Proceso de Especificación de RNF

Las entradas del proceso: *el Conocimiento e Información del Personal del Sector de carga y descarga, Personal del Sector de Sistemas, 16 Requerimientos Funcionales, Información del dominio, Personal del Sector de Infraestructura, Matriz de RNF 1.0 – Versión Inicial y Matriz de RNF 1.1 – Versión Intermedia.*

Los resultados de las actividades ejecutadas se documentaron en diferentes versiones de la *Matriz de RNF*.

- Se redactaron 44 RNF a partir de 40 RNF candidatos, siguiendo el *Patrón para especificar RNF*.
- Se completó la columna “Documentación de soporte” de la *Matriz de RNF 1.1*. para permitir la trazabilidad de los RNF con su origen.
- Se identificaron conflictos entre 7 RNF, fueron registrados con estado “En negociación” en la *Matriz de RNF 1.1*.
- Se identificaron 9 RNF que requirieron análisis de factibilidad técnica, fueron registrados con estado “En Análisis” en la *Matriz de RNF 1.1*.
- Se identificaron 4 RNF postergados, fueron registrados con en estado “Pospuesto” en la *Matriz de RNF 1.2*.
- Producto de negociación se rechazaron 4 RNF, fueron registrados con el estado “Rechazado” en la *Matriz de RNF 1.2*.
- Se elaboró la *Plantilla de especificación de RNF Web 1.0*, considerando los 36 RNF en estado “Pendiente Validación” de la *Matriz de RNF 1.2*.
- El listado de RNF fue revisado por los stakeholders referentes en el proyecto, a fin de repasar los motivos por los cuales se rechazaron o postergaron requerimientos y las prioridades establecidas para los mismos, dado que la *Planilla de Especificación de RNF Web 1*, servirá de entrada al proceso de Validación, último proceso de la IR.

Las salidas: *Matriz de RNF 1.2 – Versión Definitiva* (con la trazabilidad de los cuarenta y cuatro RNF candidatos), *Planilla de Especificación de RNF Web 1.0 – Pendiente de validación* (con treinta y seis RNF.)

#### 4.4 Resultados de la utilización del proceso

*Cantidad de RF vs RNF.* Se identificaron 16 RF y 36 RNF (15 de calidad y 21 restricciones). Esto muestra que con herramientas y lineamientos que ayudan al ingeniero de requerimientos los RNF se identifican y documentan.

*RNF de Calidad.* Los RNF relacionados a la Precisión, Seguridad, Madurez y Tolerancia a Fallas y Capacidad de instalación surgieron a partir de las preguntas proporcionadas en las Plantillas de Elicitación de RNF de calidad.

*RNF de Restricciones de Proceso de desarrollo.* Los RNF identificados fueron relevantes en la selección del equipo de trabajo y la organización de las actividades del ciclo de vida de desarrollo de la aplicación Web. Ello se basó en las restricciones establecidas para documentar, codificar, probar e implementar la aplicación, como así también para la gestión de configuración de los productos generados como parte del proceso.

*RNF Restricciones.* Los RNF relacionados a la Arquitectura y el Ambiente, surgieron a partir de las preguntas proporcionadas en las Plantillas de Elicitación de RNF de restricciones.

*Negociación.* La presencia de 7 RNF en estado Negociación, refleja que en el área de los RNF muchas veces existe más de una solución para un problema. Los diferentes RNF en Negociación deben ser expuestos y analizados hasta decidir por el más conveniente para la aplicación Web y la organización.

*Análisis.* Los 9 RNF en Análisis fueron resueltos mediante la interacción entre los procesos de Elicitación y Especificación. El análisis de la factibilidad técnica ayudó a definir las restricciones de arquitectura. Por ejemplo: al codificar el prototipo diseñado para celulares en html5 con Ajax para celulares con Android versión 2.1, permitió elegir una restricción de Arquitectura importante y más económica respecto de la idea de personalizar los desarrollos de interface de acuerdo a los diferentes modelos de celulares con los cuales los usuarios accederán a la aplicación.

*Rechazados y Pospuestos.* Cuando se comenzó con la especificación de RNF se obtuvieron 44 RNF. Durante el proceso 4 RNF fueron Pospuestos y otros 4 fueron Rechazados producto de la negociación con los diferentes Stakeholders.

*Matriz de RNF.* Se elaboraron 3 versiones de este documento a lo largo de la aplicación del proceso. La versión definitiva permite la trazabilidad de cada RNF.

## 5 Conclusiones y Trabajos a Futuro

Se elaboró un enfoque soportado por documentos para la elicitación y especificación de RNF de aplicaciones Web.

Con el enfoque propuesto se desarrollaron los RNF en una aplicación real de un desarrollo de una consultora para una empresa de gran envergadura, con todas las

reglas del servicio comercial de desarrollo de aplicaciones Web para un cliente. La utilización del enfoque propuesto a un caso real permite afirmar que con este proceso es posible la elicitación y especificación de los RNF de aplicaciones Web.

Las plantillas que se proponen han demostrado su utilidad para capturar conocimiento y como guía durante la búsqueda y adquisición del conocimiento relevante del dominio del problema relacionado a los RNF. Las preguntas contenidas en las plantillas de Elicitación de RNF, proveen un marco de referencia para la labor de un ingeniero de requerimientos. La tipificación de RNF de calidad y restricciones propuesta, permite analizar, obtener y documentar un modelo de RNF completo en la fase inicial del ciclo de vida de desarrollo.

El proceso descrito establece el alcance y el nivel de detalle del proceso de desarrollo, lo cual es importante dado que estas restricciones tienen impacto directo en la calidad de los productos intermedios y la aplicación Web resultante.

Contar con un patrón para escribir los RNF, facilita obtener RNF, correctos, factibles, priorizables, no ambiguos, que serán evaluados en el proceso de Validación.

La Planilla de especificación de RNF Web, salida del proceso de especificación, representa un modelo de los RNF de una aplicación Web, el que una vez validado, servirá de entrada a las fases siguientes del ciclo de vida de desarrollo.

La matriz de RNF es una herramienta valiosa más allá de la Elicitación y la Especificación. La versión final, permite la trazabilidad del proceso de captura, análisis, especificación, tiene registro de los RNF candidatos que quedaron pospuestos o rechazados a raíz de la negociación y permite también trazar cada RNF con su origen.

Los trabajos a futuro se enfocarán en la aplicación de los procesos y plantillas definidas en este trabajo en desarrollos de aplicaciones Web, de diferentes tipos, con los enfoques WSDM, HFPM, UWE, WebML, NDT, DDDP.

Se planificó el desarrollo de una herramienta automatizada que soporte los procesos propuestos en este trabajo.

También se planea ampliar el proceso propuesto incorporando la validación de RNF.

## 6 Referencias

1. Escalona, M. J., Koch, N.: Requirements Engineering for Web applications – A Comparative Study. *Journal of Web Engineering*, Vol. 2 No. 3, pp. 193-212 (2004).
2. Escalona, M., J.: Modelos y técnicas para la especificación y el análisis de la navegación en sistemas software – Tesis Doctoral. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Universidad de Sevilla. Avenida Reina Mercedes, S/N 41012. Sevilla. Anexo A Manual de referencia NDT p. 188-236. (2004).
3. Cysneiros, L.M.: Requerimientos No Funcionales desde la Elicitación al Modelo Conceptual. Tesis Doctoral. Departamento de Informática. Politécnica Universidad Católica de Río de Janeiro (2001).
4. Cysneiros L.M. and Yu E.: Non-Functional requirements Elicitation. “Book” Chapter #, pp. 1-24 (2004).

5. Kappel, G., Pröll, B., Reich, S., Retschitzegger, W.: Web Engineering. The Discipline of Systematic Development of Web Applications. G. Kappel, B. Pröll, S. Reich, & W. Retschitzegger (eds). John Wiley & Sons Inc. (2006).
6. Glinz, M.: On-Non-Functional Requirements. 15th IEEE International Requirements Engineering Conference. 21-26. DOI 10.1109/RE.2007.45. IEEE Computer Society, (2007).
7. Chung, L., Leite, J.C. S.: On-Non-Functional Requirements in Software Engineering. A.T.Borgida et al. (Eds.): Mylopoulos Festschrift, LNCS 5600, 363–379. © Springer – Verlag Berlin Heidelberg. (2009).
8. ISO/IEC 9126-1:2001: Software Engineering - Product Quality - Part 1: Quality Model (2001).
9. Loucopoulos, P.; Karakostas, V.: System Requirements Engineering. Copyright© McGraw-Hill Company (UK) Limited –London (1995).
10. Ceri, S. Fraternali, P., Bongio, A., Brambilla M., Comai S., Matera, M.: Designing Data-Intensive Web Applications. Morgan Kaufman. (2003).
11. IEEE, IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications. IEEE Std 830-1998 (Revision of IEEE Std 830-1993).
12. Rojo, S: Requerimientos No Funcionales para aplicaciones Web. Trabajo Integrador para obtener el grado de especialista en Ingeniería de Software. Departamento de Informática. Universidad Nacional de La Plata (2012). [Solicitar al primer autor]
13. Rojo, S., Oliveros, A.: Requerimientos No funcionales para aplicaciones Web. 41 JAIIO ASSE 2012 - 13th Argentine Symposium on Software Engineering (aceptado para su publicación), La Plata, Argentina, (Agosto 2012).
14. Rojo, S: Elicitación y Especificación de Requerimientos No Funcionales para aplicaciones Web. Trabajo de tesis presentado para obtener el grado de Magister en Ingeniería de Software. Departamento de Informática. Universidad Nacional de La Plata (2013).
15. Wiegers, K. E.: Writing Quality Requirements. Process Impact [www.processimpact.com](http://www.processimpact.com). Copyright, (1999).