

# Requerimientos No funcionales para aplicaciones Web

Silvana del Valle Rojo, Alejandro Oliveros

INTEC – UADE, Lima 717, CABA, Argentina  
{Sdelvallerojo, aoliveros}@uade.edu.ar

**Abstract.** Las necesidades particulares del desarrollo de aplicaciones Web ha favorecido la aparición de nuevos enfoques, herramientas o técnicas en la Ingeniería de Software, afectando en distinta medida las áreas específicas de los procesos de desarrollo. La principal contribución de este trabajo es establecer el importante retraso que sufre el tratamiento de los Requerimientos No Funcionales en el desarrollo de aplicaciones Web. Las propuestas metodológicas, para el desarrollo de aplicaciones Web, contemplan la aplicación de Ingeniería de Requerimientos con distinto grado de profundidad y proponen el uso de diferentes técnicas. Este trabajo ofrece una revisión del estado de arte del concepto de Requerimientos No Funcionales dentro de la literatura existente en la Ingeniería de Requerimientos; establece como bases conceptuales que los Requerimientos No Funcionales son requerimientos de calidad y son restricciones y, sobre esta base, se desarrolla un estudio comparativo de seis propuestas metodológicas de desarrollo de aplicaciones Web, para determinar como en el tratamiento de los RNF, buscando dar respuestas a los interrogantes: *¿Cómo se obtienen los NFR en las aplicaciones Web?*, *¿Qué métodos se disponen?*

**Keywords:** Ingeniería de Requerimientos, Requerimientos No Funcionales, Procesos de desarrollo, Aplicaciones Web.

## 1 Motivación

El crecimiento en el uso de aplicaciones Web de los últimos años fue acompañado con el surgimiento de metodologías para su desarrollo. Escalona y Koch [1], concluyen que la mayoría de estos enfoques están orientados 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.

La Ingeniería de Requerimientos proporciona numerosas técnicas y herramientas sin embargo estas no son aplicadas habitualmente 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 existente, etc. La dificultad para identificar, evaluar y tipificar los RNF se relaciona con la falta de consenso en definiciones y esquemas de clasificación en la literatura existente sobre ellos. Esta dificultad se agrava si el enfoque utilizado para el desarrollo de la aplicación Web carece de lineamientos, técnicas y/ o herramientas específicas de soporte al proceso de requerimientos.

En este trabajo se buscará dar respuestas a los siguientes interrogantes:

- 1- *¿Se contemplan los Requerimientos No Funcionales en las metodologías de aplicaciones Web?*
- 2- *¿Utilizan técnicas de la Ingeniería de Requerimientos para el tratamiento de los Requerimientos No Funcionales?*

- 2 Silvana del Valle Rojo, Alejandro Oliveros  
 3- ¿Cómo es el tratamiento de los Requerimientos No Funcionales en el ciclo de vida de desarrollo?

## 2 Requerimientos no funcionales

### 2.1 Conceptos y clasificaciones de los RNF

La bibliografía existente presenta una gran diversidad de enunciados y conceptos para definir RNF, Este término es utilizado desde hace años en la comunidad de la Ingeniería de Requerimientos, sin embargo no hay consenso para establecer “qué son”. Tampoco hay unificación de criterios para los procesos de elicitación, especificación o validación de los mismos.

En las definiciones de la literatura relacionada a los RNF se utilizan una variedad de términos para referirse a estos, con significados poco precisos que dan lugar a la ambigüedad sobre su alcance o lo que representan. Las clasificaciones propuestas para RNF también presentan discrepancias conceptuales.

En la Tabla 1 se reproducen definiciones de RNF y en la columna “¿Qué son?” se registran los términos o atributos que cada definición asigna a los RNF. En la Tabla 2 resumimos los esquemas de clasificación analizados y extraídos de trabajos relacionados a esta problemática [4], [13] y [14].

Definición de Requerimientos No Funcionales	¿Qué son?
<b>Anton:</b> “Describen aspectos del comportamiento de un sistema, capturando las propiedades y restricciones bajo las cuales un sistema debe operar”.	<i>Propiedades Restricciones</i>
<b>Davis:</b> “[Son] atributos requeridos del sistema, incluyendo portabilidad, confiabilidad, eficiencia, la ingeniería humana, capacidad de prueba, compresión y capacidad de modificación”.	<i>Atributos</i>
<b>Kotonya y Sommerville:</b> “[Son] requerimientos que no se refieren específicamente a la funcionalidad de un sistema. Se imponen restricciones sobre el producto que se está desarrollando y el proceso de desarrollo, y que especifican restricciones externas que el producto debe cumplir”.	<i>Restricciones</i>
<b>Mylopoulos, Chung y Nixon:</b> “[...] Requerimientos globales en el desarrollo o los costos operativos, performance confiabilidad, mantenibilidad, portabilidad, robustez, etc. [...] No hay una definición formal o una lista completa de Requerimientos No Funcionales [...]”	<i>No define</i>
<b>Ncube:</b> “[Son las] propiedades de comportamiento que las funciones especificadas deben tener, tales como performance, usabilidad”.	<i>Propiedades</i>
<b>Robertson and Robertson:</b> [Es una] “propiedad, o cualidad, que el producto debe tener, como una apariencia, o una propiedad de la velocidad o precisión”.	<i>Propiedades Calidad</i>
<b>Wieggers:</b> “[Es una] descripción de una propiedad o característica que un sistema de software debe mostrar o una restricción que se debe respetar, que no sea el comportamiento observable del sistema”.	<i>Propiedades Restricciones</i>
<b>Van Lamsweerde:</b> “[...] Tipos de problemas: problemas funcionales asociados con los servicios a ser proporcionados, y los problemas no funcionales relacionados con la calidad del servicio - como seguridad, precisión, performance, etc.”.	<i>Calidad</i>

<b>Paech, Kerkow:</b> “El término "Requerimiento no-funcional" es utilizado para delinear requerimientos enfocándose en "lo bien" que el software hace algo en contraposición a los requerimientos funcionales, que se centran en el "qué" hace el software”.	(*)
<b>Landes, Studer:</b> “Dicho de otro forma, NFR constituyen las justificaciones de las decisiones de diseño y restringen la forma en la cual la funcionalidad requerida puede ser realizada”.	(*)
<b>Estándar IEEE 610:</b> Distingue requerimientos de diseño, requerimientos de implementación, requerimientos de interfaz, requerimientos de performance y los requerimientos físicos.	<i>No define</i>
<b>Estándar IEEE 830-1998:</b> Define las categorías de funcionalidad, interfaces externas, performance, atributos (portabilidad, seguridad, etc.), y las limitaciones de diseño. Los requerimientos del proyecto (por ejemplo, calendario/tiempo, costo, o los requerimientos de desarrollo) están explícitamente excluidos.	<i>No define</i>
<b>Jacobson, Booch y Rumbaugh:</b> “un NFR es un requerimiento que especifica propiedades del sistema, tales como restricciones de implementación y de ambiente, performance, dependencias de plataforma, mantenimiento, capacidad de extensión y confiabilidad. Un requerimiento que especifica restricciones físicas sobre un requerimiento funcional”.	<i>Restricciones</i>
<b>SCREEN Glossary:</b> “[Un RNF es] un requerimiento de un servicio que no tiene que ver con la funcionalidad, sino que describe atributos, restricciones, consideraciones de performance, diseño, calidad del servicio, consideraciones de ambiente, fallas y recuperación”.	<i>Atributos Restricciones Calidad</i>
<b>Wikipedia:</b> [RNF: Requerimientos que especifican los criterios que se pueden utilizar para juzgar el funcionamiento de un sistema, en lugar de comportamientos específicos].	(*)
<b>Cysneiros:</b> “[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”.	<i>Calidad</i>
<b>Cysneiros:</b> “[los RNF] definen restricciones globales sobre el sistema, subsistema, sobre un requerimiento funcional, el proceso de desarrollo o sobre el proceso de despliegue... lo cual implica que estos surgen de todas partes del sistema y sus interacciones”.	<i>Restricciones</i>

**Tabla 1.** Definiciones de Requerimientos No Funcionales

Las definiciones de la Tabla 1 utilizan los términos *atributo*, *restricción*, *característica*, *propiedad*, *calidad*, para decir “que son” RNF. Algunas definiciones no mencionan ejemplos que aporten claridad o precisión al significado del término usado, por lo que estos pueden ser interpretados como un concepto diferente si se analiza cada definición en forma aislada. Indicamos con (\*) aquellas definiciones que consideramos las más imprecisas y ambiguas tales como, Landes, Studer se refieren a... “*las justificaciones de las decisiones de diseño*”, Paech, Kerkow los describen como...“*el término que es utilizado para delinear requerimientos enfocándose en lo bien que el software hace algo*”, Wikipedia los define como... “*los criterios que se pueden utilizar para juzgar el funcionamiento de un sistema*”.

En la Tabla 2 se reproducen los datos básicos de siete esquemas de clasificación de los RNF. Se observa heterogeneidad de enfoques en cuanto a cantidad de niveles que tiene cada estructura, conceptos agrupados en cada categoría o característica, concepto de calidad y atributos de calidad dentro de la estructura y la forma de agruparlos.

4 Silvana del Valle Rojo, Alejandro Oliveros

Esquema de Clasificación	Categorías o características propuestas
Clasificación de Requerimientos No Funcionales – <b>Mamani</b> .	- Calidad - Alcance - Operación
Clasificación de Requerimientos No Funcionales – <b>Sommerville</b>	- Requerimientos del Procesos - Requerimientos de Producto - Requerimientos Externos
Árbol de Características de la Calidad del Software – <b>Boehm</b>	- Portabilidad - Utilidad - Mantenibilidad
Taxonomía de Requerimientos No Funcionales- <b>Cysneiros</b>	- RNF Dinámicos - RNF Estáticos
Estándar IEEE 810	- Requerimientos de Interfaz externa - Requerimientos de Performance - Restricciones de diseño - Atributos del Sistema
Estándar de calidad internacional ISO/IEC 9126-1	- Funcionalidad - Confiabilidad - Usabilidad - Eficiencia - Mantenibilidad - Portabilidad
Esquema introducido por <b>Roman</b>	- Requerimientos de Interfaz. - Requerimientos de Performance - Requerimientos de Operación. - Requerimientos del ciclo de vida - Requerimientos económicos. - Requerimientos políticos.
FURPS+: desarrollado en Hewlett-Packard, por <b>Grady y Caswell</b>	- Funcionalidad. - Usabilidad - Confiabilidad - Performance - Soportabilidad (Soportability)

**Tabla 2.** Esquemas de Clasificación de Requerimientos No Funcionales

## 2.2 Conceptos a aplicar en este trabajo

A continuación se presentan las bases conceptuales de este trabajo. Se parte de las definiciones de Cysneiros [6], que considera a los Requerimientos No Funcionales como *requerimientos de calidad* y como *restricciones*.

### 2.2.1 Requerimientos No Funcionales como requerimientos de calidad:

Para Cysneiros [6] 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 [...]*”

5 Silvana del Valle Rojo, Alejandro Oliveros

Kappel *et al* [5] mencionan a los requerimientos de calidad como aquellos que describen el nivel de calidad del servicio y especifican propiedades relevantes que debe reunir el sistema en términos de las características del estándar de calidad internacional ISO/IEC 9126 [16]. Para ellos la *usabilidad, performance y seguridad* son los aspectos críticos para las aplicaciones Web.

En la Tabla 3 se registran los conceptos de Cysneiros, Kappel *et al* e ISO/IEC 9126, con la finalidad de poner el marco de atributos de calidad comparables para aplicar en este trabajo.

Consideramos a los Requerimientos No Funcionales como *requerimientos de calidad* y para ellos se contemplarán las seis características del estándar de calidad internacional ISO/IEC 9126 [16]. Este estándar incluye los atributos mencionados en las definiciones de Cysneiros en [6] y Kappel en [5] y aporta dos características no consideradas por ellos: la Mantenibilidad y la Portabilidad.

	Cysneiros [6]	Kappel [5]	ISO/IEC 9126-1 [16]
Características o atributos de calidad	Precisión (a)		
	Usabilidad	Usabilidad	Usabilidad
	Seguridad (a)	Seguridad (a)	
	Rendimiento (b)		
	Confiabilidad		Confiabilidad
	Performance (b)	Performance (b)	
			Portabilidad
			Eficiencia
			Funcionalidad
			Mantenibilidad

(a) Sub-característica de la Funcionalidad

(b) Sub-característica de la Eficiencia

**Tabla 3.** Requerimientos No Funcionales como requerimientos de Calidad

### 2.2.2 Requerimientos No Funcionales como restricciones:

Para Cysneiros [6] los RNF “*son las restricciones globales sobre el sistema, un requerimiento funcional, el proceso de desarrollo o sobre el proceso de despliegue [...]*”

No hay ejemplos específicos expresados por Cysneiros o unicidad de criterio en la bibliografía existente de otros autores, para definir a las “restricciones globales del sistema”, las “restricciones sobre un requerimiento funcional”, las “restricciones de proceso de desarrollo” y las “restricciones del proceso de despliegue”. 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 incompletitud de los mismos hace que se descuiden aspectos relevantes para el tratamiento de los RNF.

Consideraremos las siguientes restricciones de proceso de desarrollo:

- 6 Silvana del Valle Rojo, Alejandro Oliveros
- *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.

### 3 NFR en las metodologías de desarrollo de Aplicaciones Web

#### 3.1 Introducción

Escalona y Koch [1], comparan diez metodologías de desarrollo Web, destacando las técnicas de Ingeniería de Requerimientos y tipos de requerimientos que encaran y con respecto a los RNF mencionan qué metodologías detectan.

En Rojo [18] se presenta el análisis completo de los enfoques de desarrollo WSDM, HFPM, UWE, WebML, NDT, DDDP los que identifican y tratan a los RNF. En este análisis busca determinar cuál es el concepto que estas metodologías tienen de los distintos tipos de RNF y las técnicas de detección, especificación, validación y gestión de requerimientos que aplican las mismas para los requerimientos en general y los RNF en particular.

En lo que sigue se presenta el análisis en torno a tres preguntas para cada enfoque:

- A. *¿Qué tipos de Requerimientos No Funcionales identifica?*: Se detallan los diferentes tipos de Requerimientos No Funcionales que se identifican en las diferentes fases del ciclo de vida del enfoque metodológico.
- B. *¿Qué técnicas de análisis y administración de requerimientos emplea?*: Se detallan las técnicas de elicitación, especificación, validación y administración de requerimientos que menciona y emplea cada enfoque en la fase de requerimientos.
- C. *¿En qué fase del ciclo de vida se identifican los RNF?*

#### 3.2 Tipos de Requerimientos No Funcionales en cada enfoque

Para determinar los tipos de RNF que son identificados y tratados en cada enfoque de desarrollo de aplicaciones Web, se aplicó el concepto de RNF como requerimientos de calidad y restricciones. En las tablas siguientes los enfoques metodológicos se presentan en orden cronológico lo que permite ver la evolución e importancia que fueron adquiriendo los diferentes tipos de RNF en el entorno de la Web.

##### 3.2.1 Los Requerimientos No Funcionales como requerimientos de calidad:

La Tabla 4 presenta las seis características de calidad del estándar ISO/IEC 9126 y otras características, mostrando cuáles de ellas son consideradas por cada proceso metodológico.

A partir de la Tabla 4 se concluye:

7 Silvana del Valle Rojo, Alejandro Oliveros

- WebML es el enfoque que más requerimientos de calidad considera: cuatro de ISO/IEC 9126 y dos adicionales. En contraposición UWE es el que menos atributos de calidad considera.
- La *usabilidad*, *performance* y *seguridad*, son las características de mayor presencia, en tanto que la confiabilidad no es tratada por ninguna de las metodologías estudiadas.
- *Reutilización*, *fiabilidad*, *disponibilidad* y *escalabilidad* son las características no mencionadas explícitamente en el estándar ISO/IEC 9126; es importante destacarlas para su futuro análisis.

	Atributos de calidad ISO/IEC 9126-1						Otros				
	Usabilidad	Performance (1)	Seguridad (2)	Confiabilidad	Mantenibilidad	Portabilidad	Adaptabilidad (3)	Reutilización	Fiabilidad	Disponibilidad	Escalabilidad
WSDM	✓		✓		✓						
HFPM	✓	✓						✓			
UWE	✓		✓								
WebML	✓	✓	✓		✓					✓	✓
NDT	✓					✓			✓		
DDDP	✓	✓	✓				✓				

(1) Subcaracterística de la Eficiencia

(2) Subcaracterística de la Funcionalidad

(3) Subcaracterística de la portabilidad

Tabla 4. Requerimientos No Funcionales de calidad y las metodologías Web

### 3.2.2 Los Requerimientos No Funcionales como restricciones

Esta sección está enfocada principalmente en las restricciones del proceso de desarrollo propuestas y definidas en la sección 2.2. También se identificaron y se agruparon otras restricciones a fin de obtener la visión global de las todas restricciones tratadas por cada enfoque. La Tabla 5, presenta el resumen de este análisis.

De la Tabla 5 se pueden extraer varias conclusiones. WebML ofrece un enfoque que cubre todas las fases del ciclo de vida de desarrollo y además el brinda un nivel de detalle completo para cada fase. WSDM, HFPM, UWE, DDDP si bien presentan un proceso de desarrollo completo, el nivel de definición de cada proceso es parcial, esto implica que carecen de lineamientos específicos de las actividades o la aplicación de técnicas, o el detalle de los productos esperados como resultado de cada fase. NDT tiene un proceso de desarrollo parcial, acotado solamente a las fases de relevamiento y análisis de requerimientos. Aunque el nivel de detalle de la definición del proceso es completa.

8 Silvana del Valle Rojo, Alejandro Oliveros

Las otras restricciones encontradas en el análisis de las metodologías fueron agrupadas como: *restricciones de lenguaje* y *restricciones técnicas*. Las *restricciones de lenguaje de modelado* se refieren a que algunos enfoques requieren conocimientos de otros enfoques (HFPM y NDT), en otros casos requieren el lenguaje de modelado UML (UWE, WebML y NDT). Con relación a *restricciones de lenguaje de implementación*, se presentan en los enfoques WSDM, WebML y DDDP. Las *restricciones técnicas* son de representación interna de datos, control de versiones, protocolos de interface (DDDP) y de comunicación y de ambiente de desarrollo (NDT).

La importancia de la Tabla 5, deriva de que disponer de un proceso de desarrollo incompleto o con un nivel de detalle de especificación parcial, impacta directamente en la calidad de los productos intermedios y en la aplicación Web resultante. Por consiguiente un proceso que no contempla la identificación de RNF es incompleto y un proceso que sí los identifica a lo largo de su ciclo de vida, pero no ofrece actividades, técnicas, herramientas para su tratamiento, también lo es.

	Restricciones										
	Restricciones de proceso de desarrollo				Otras						
	Alcance del proceso		Detalle de proceso		Lenguajes			Técnicas			
	Parcial	Completo	Parcial	Completo	Lenguajes de modelado	Lenguaje de implementación	Representación interna de datos	Control de versiones,	Protocolos de interface	Comunicación	De ambiente de desarrollo
WSDM		✓	✓			✓					
HFPM		✓	✓		✓						
UWE		✓	✓		✓						
WebML		✓		✓	✓	✓					
NDT	✓			✓	✓					✓	✓
DDDP		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		

Tabla 5. Requerimientos No Funcionales – Restricciones y las metodologías Web

### 3.2.3 Extensión de la tabla de Escalona y Koch con los diferentes tipos de Requerimientos No Funcionales

El estudio realizado por Escalona y Koch [1], menciona que WSDM, HFPM, UWE, WebML, NDT, DDDP son los enfoques que identifican RNF, sin discriminarlos.

La Tabla 6 presenta los hallazgos de [1] y todos los requerimientos de calidad adicionales y otras restricciones encontradas, a fin de tener una visión global de todos los requerimientos identificados y tratados por cada metodología de desarrollo estudiada.



Atributos de calidad		Restricciones de proceso de desarrollo				Restricciones			
		Alcance del proceso		Detalle de proceso		Lenguajes		Técnicas	
Atributos de calidad ISO/IEC 9126-1		Parcial		Completo		Lenguajes de modelado		Otras	
Otros		Completo		Parcial		Lenguaje de implementación		Representación interna de datos	
Usabilidad		Completo		Parcial		Lenguaje de implementación		Control de versiones,	
Performance (1)		Completo		Parcial		Lenguaje de implementación		Protocolos de interface	
Seguridad (2)		Completo		Parcial		Lenguaje de implementación		Comunicación	
Confibilidad		Completo		Parcial		Lenguaje de implementación		De ambiente de desarrollo	
Mantenibilidad		Completo		Parcial		Lenguaje de implementación			
Portabilidad		Completo		Parcial		Lenguaje de implementación			
Adaptabilidad (3)		Completo		Parcial		Lenguaje de implementación			
Reutilización		Completo		Parcial		Lenguaje de implementación			
Fiabilidad		Completo		Parcial		Lenguaje de implementación			
Disponibilidad		Completo		Parcial		Lenguaje de implementación			
Escalabilidad		Completo		Parcial		Lenguaje de implementación			
WSDM	✓			✓	✓				
HPPM	✓			✓	✓	✓	✓		
UWE	✓			✓	✓	✓	✓		
WebML	✓			✓	✓	✓	✓		
NDT	✓			✓	✓	✓	✓		
DDDP	✓			✓	✓	✓	✓		

(1) Subcaracterística de la Eficiencia

(2) Subcaracterística de la Funcionalidad

(3) Subcaracterística de la Portabilidad

Tabla 6. RNF identificados y tratados por cada metodología de desarrollo Web

De la observación de la Tabla 6 se concluye:

- WebML y DDDP son los enfoques que más RNF de calidad identifican.
- WebML a diferencia de DDDP ofrece un proceso de desarrollo completo en cuanto a alcance y el nivel de especificación del proceso.
- Una mirada integradora posiciona a DDDP como el enfoque que más RNF identifica, a pesar que ofrece un proceso de desarrollo parcial en cuanto a alcance y el nivel de especificación del proceso.

### 3.3 Técnicas de elicitación, especificación, validación y administración para tratamiento de Requerimientos No Funcionales.

Esta sección presenta el resultado del análisis enfocado a establecer que técnicas de elicitación, especificación y validación, se aplican al tratamiento de los RNF.

*Elicitación.* Ninguno de los procesos de desarrollo menciona con exactitud las técnicas de elicitación utilizadas para identificar RNF. Si bien algunos de ellos como UWE, WebML, mencionan el uso de Checklist durante la captura de requerimientos, no señalan que estos se apliquen puntualmente para capturar los RNF.

*Especificación.* WebML y NDT hacen referencia a técnicas para la especificación de Requerimientos No Funcionales. WebML, propone generar una “Lista de Requerimientos No Funcionales”, pero no ofrece lineamientos, ni una estructura de organización para los mismos. NDT, ofrece “Patrón para describir los Requerimientos No Funcionales”, el cual es un template que representa un producto dentro de su proceso.

*Validación.* Cinco de los seis enfoques consideran la validación de requerimientos como una actividad relevante en el proceso de obtención de requerimientos. Sobre los RNF puntualmente se puede observar lo siguiente: HFPM si bien menciona el uso de prototipo, no restringe su aplicación a la fase de Requerimientos. UWE, hace alusión al modelado de Interfaz de usuario a través de prototipos, durante la fase de análisis y diseño. WebML, propone realizar test de aceptación para validar los Requerimientos No Funcionales, detallados en una “Lista de Requerimientos No Funcionales”. NDT, menciona el uso de Revisiones, Auditorias, Matriz de trazabilidad, Prototipos, para validar requerimientos, pero no dice puntualmente cuál de ellas es aplicada para validar los RNF detallados en el “Patrón para describir los Requerimientos No Funcionales” de su proceso. DDDP, propone analizar las restricciones mediante diseño de prototipos durante la fase de exploración de su proceso.

### 3.4 Ciclo de vida y los Requerimientos No Funcionales

En esta sección el análisis de cada enfoque está orientado a establecer en qué fase del Ciclo de Vida se identifica y es tratado cada RNF (Tabla 7), y para cada enfoque metodológico se analiza la influencia en el Ciclo de Vida de las restricciones de proceso (ver Tabla 8.)

Debido a que la estructura de fases que proponen los enfoques metodológicos estudiados difieren notablemente, para poder hacer la comparación en este trabajo se contemplan las fases del ciclo de vida en forma general: Relevamiento, Análisis, Diseño, Implementación y Prueba.

A partir de la Tabla 7 se puede decir que:

- Si bien la mayoría de los atributos de calidad, son identificados durante el relevamiento. La usabilidad, performance y la seguridad son identificadas durante el relevamiento y el diseño.
- La adaptabilidad (subcaracterística de la portabilidad), es identificada en la implementación.
- Todas las restricciones del proceso de desarrollo son identificadas en la fase de relevamiento.

	Atributos de calidad										Restricciones												
	Atributos de calidad ISO/IEC 9126-1										Otros				Restricciones de proceso de desarrollo				Otras				
	Usabilidad	Performance (1)	Seguridad (2)	Confibilidad	Mantenibilidad	Portabilidad	Adaptabilidad (3)	Reutilización	Fiabilidad	Disponibilidad	Escalabilidad	Parcial	Completo	Parcial	Completo	Lenguajes de modelado	Lenguajes de implementación	Representación interna de datos	Control de versiones,	Protocolos de interface	Comunicación	De ambiente de desarrollo	
<b>WSDM</b>	R/D		R/D		D/I							R	R	R		D/I							
<b>HPPM</b>	R/D	R/D/I					R					R	R	R		D							
<b>UWE</b>	R/D		R									R	R		D								
<b>WebML</b>	R/D	R	R/D		R				R	R		R	R	R	D	D/I							
<b>NDT</b>	R/D							R			R			R	D						R	R	
<b>DDDP</b>	R/D	R/D	R/D												D	D/I	I	I	I				

(1) Subcaracterística de la Eficiencia

(2) Subcaracterística de la Funcionalidad

(3) Subcaracterística de la Portabilidad

R: Relevamiento

D: Diseño

I: Implementación

Tabla 7. Los Requerimientos No Funcionales y el Ciclo de Vida

- Las restricciones de lenguaje surgen en las fases de Diseño e implementación.
- Las restricciones técnicas por lo general se identifican en la fase de implementación.

La conclusión general del análisis de la Tabla 7 es que existen RNF que no son identificados en la fase de relevamiento; y el hecho de que surjan tarde en el ciclo de vida, podría afectar la calidad de la aplicación Web resultante.

Otra perspectiva analizada en esta sección, es cómo influyen las restricciones de proceso, en el ciclo de vida de desarrollo. La Tabla 8 refleja la forma en la que cada metodología aborda el tratamiento de los RNF a lo largo del ciclo de vida.

En la Tabla 8 una letra en una casilla indica si el enfoque metodológico de la fila identifica o no RNF en la fase del ciclo de vida de la columna, con el siguiente código de letras:

S: el proceso propone actividades, técnicas y ofrece detalles de los productos a generar para el tratamiento de los mismos.

I: el proceso no propone una descripción suficiente de las técnicas y productos involucrados en su tratamiento.

N: el enfoque metodológico no identifica RNF en la fase del ciclo de vida señalada.

	Relevamiento	Análisis	Diseño	Implementación	Prueba
<b>WSDM</b>	I	I	I	I	N
<b>HFPM</b>	I	I	I	I	N
<b>UWE</b>	I	I	I	I	N
<b>WebML</b>	S	I	I	I	I
<b>NDT</b>	S	S	N	N	N
<b>DDDP</b>	I	I	I	I	N

**Tabla 8.** Influencia de las Restricciones de Proceso en el Ciclo de Vida

Del análisis de la Tabla 8 se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Un solo proceso (WebML) identifica y trata los RNF a lo largo del todo el ciclo de vida de desarrollo. Aunque solamente ofrece técnicas y detalles de los productos que se deben generar para la fase de relevamiento.
- Varios procesos (WSDM, HFPM, UWE, DDDP) identifican y tratan requerimientos no funcionales durante las fases de relevamiento, análisis, diseño e implementación, pero en la fase de prueba no hacen mención al tratamiento de los mismos.
- Un único proceso (NDT) ofrece un nivel de definición del proceso completo para las fases que cubre el alcance de su proceso, pero no cubre todas las fases del ciclo de vida de desarrollo.
- Cinco de los seis enfoques estudiados no ofrecen lineamientos para las actividades de la fase de prueba, lo cual no permite establecer como realizan estos la validación de los RNF identificados en las etapas iniciales del ciclo de vida.

#### 4 Conclusiones y trabajos futuros

El objetivo de este trabajo fue analizar las opciones disponibles para establecer los Requerimientos No Funcionales de las aplicaciones Web. Para ello se realizó un estudio comparativo de las metodologías de desarrollo de aplicaciones Web disponibles. Para cada enfoque el estudio se concentró en el análisis de los tipos de Requerimientos No Funcionales que identifica en sus diferentes fases del proceso y la identificación de qué técnicas propuestas por de Ingeniería de Requerimientos son aplicadas para su tratamiento y gestión.

Se revisaron los conceptos que definen a los Requerimientos No Funcionales dentro de la literatura existente en la Ingeniería de Requerimientos. Se estableció la diversidad de términos utilizados en las definiciones y la poca claridad de significados, que dan lugar a la ambigüedad sobre su alcance o lo que representan los mismos. Se encontraron discrepancias conceptuales en las clasificaciones propuestas para los Requerimientos No Funcionales, que incluyen árboles o categorías de conceptos que se muestran en forma separada en otras definiciones.

Se establecieron las bases conceptuales del enfoque a seguir a partir de lo expuesto por Cysneiros [6], considerando a los Requerimientos No Funcionales como requerimientos de calidad y restricciones. Con esta base se analizaron los procesos de desarrollo de WSDM, HFPM, UWE, WebML, NDT, DDDP en forma completa y se identificaron los tipos de Requerimientos No Funcionales, contemplados por cada uno y las técnicas de Ingeniería de Requerimientos propuestas por estos para su tratamiento. Además se estableció en qué fase/s del ciclo de vida de desarrollo de software son tratados los Requerimientos No Funcionales.

En general los procesos disponibles para atacar los RNF son incompletos ya sea porque no contemplan la identificación de los RNF o porque, aun identificándolos, no ofrece actividades, técnicas o herramientas para su tratamiento a lo largo del ciclo de vida. Es notable la falta de consenso acerca de la fase del ciclo de vida en que se deben identificar los RNF. En particular cabe destacar la ausencia completa de técnicas de elicitación de RNF, posiblemente el aspecto más dificultoso de los RNF.

Los interrogantes que dieron origen al trabajo y sus respuestas son:

1. *¿Se contemplan los RNF en las metodologías de aplicaciones Web?*  
Si. Aunque se carece de consenso en su significado.
2. *¿Utilizan técnicas de la Ingeniería de Requerimientos para el tratamiento de los RNF?*  
La respuesta varía con el tipo de proceso de Ingeniería de Requerimientos. En los enfoques estudiados no hay técnicas específicas para la elicitación de Requerimientos No Funcionales ni lineamientos acerca de la validación. En cuanto a los procesos de especificación no hay consenso.
3. *¿Cómo es el tratamiento de los RNF en el ciclo de vida de desarrollo?*  
Los procesos de desarrollo de los enfoques estudiados no brindan técnicas que soporten el tratamiento de los Requerimientos No Funcionales a lo largo del ciclo de vida. Hay carencia de consenso para establecer en qué fase del ciclo de vida de desarrollo se identifican los Requerimientos No Funcionales. De hecho hay Requerimientos No Funcionales que no son identificados durante la fase de relevamiento y análisis.

Si bien actualmente la Ingeniería de Requerimientos proporciona numerosas técnicas y herramientas para identificar, describir, validar y gestionar requerimientos, estos no son aplicados muy a menudo en la práctica de las organizaciones de desarrollo, particularmente en el desarrollo de aplicaciones Web. La madurez del proceso de Ingeniería de Requerimientos para aplicaciones Web parece ser insuficiente y demanda que surjan nuevos enfoques o se evolucionen de los enfoques existentes para el tratamiento de los Requerimientos No Funcionales en particular.

Por su importancia, las actividades para captura, especificación y validación de los Requerimientos No Funcionales, merece contar con técnicas y lineamientos específicos.

Un trabajo a futuro, a partir de este será proponer un conjunto de técnicas y lineamientos específicos para la aplicación de Ingeniería de Requerimientos Web al tratamiento de los Requerimientos No Funcionales.

14 Silvana del Valle Rojo, Alejandro Oliveros

**5 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., Koch, N.: *Metamodeling the Requirements of Web Systems*. J. Filipe, J. Cordeiro, and V. Pedrosa (Eds): WEBIST 2005/2006, LNBIP 1, pp. 267-280. Springer, Heidelberg (2007).
3. IEEE Standard 610. *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*. Std 610.12-1990, IEEE, New York. (1990).
4. 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).
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. Cysneiros L.M. and Yu E.: *Non-Functional requirements Elicitation*. “Book” Chapter #, pp. 1-24 (2004).
7. Chung, L., Nixon, B.: “*Dealing with Non-Functional Requirements: Three Experimental Studies of a Process-Oriented Approach*” Proc. 17th Int. Con. on Software Eng. Seattle, Washington, April pp: 24-28, 1995.
8. Schwabe D., Rossi G: *Developing Hypermedia Applications using OOADM*. Workshop on Hypermedia Development Process, Methods and Models, Hypertext’98, Pittsburg, USA. (1998).
9. Lange D.B: *An Object-Oriented Design Approach for Developing Hipermedia Information Systems*. Research Report RT00112, IBM Research, Tokyo Research Laboratory, Japón, (1995).
10. Isakowitz, T.; Stohr, E.; Balasubramanian, P.: *RMM: a methodology for structured hypermedia design*. Comm (D.B. 1995). ACM 38, 8; pp. 34-48. (1995).
11. Jacobson I., Booch G., Rumbaugh J.: *The Unified Software Development Process*. Addison Wesley. (1999).
12. Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I.: *The Unified Modeling Language: A User Guide*. Addison Wesley (1999).
13. Glinz, M.: *On-Non-Functional Requirements*. 15<sup>th</sup> IEEE International Requirements Engineering Conference. 21-26. DOI 10.1109/RE.2007.45. IEEE Computer Society, (2007).
14. 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).
15. Sutcliffe, A. “On the Inevitable Interwining of Requirements and Architecture”. *Design Requirements Workshop* (págs. 168-185). Cleveland: Springer. (2007).
16. ISO/IEC 9126-1:2001: Software Engineering - Product Quality - Part 1: Quality Model (2001).
17. Loucopoulos, P.; Karakostas, V.: *System Requirements Engineering*. Copyright© McGraw-Hill Company (UK) Limited –London (1995).
18. 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).