



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Departamento de Sistemas Informáticos y Computación

Tesis Doctoral depositada en cumplimiento parcial de los requisitos para el
grado de Doctor en Informática

**Reconfiguración Dinámica e Incremental de
Arquitecturas de Servicios Cloud
Dirigida por Modelos**

Miguel Ángel Zúñiga Prieto

Director:

Dr. Emilio Insfrán Pelozo

Valencia, abril de 2017

Tesis Doctoral

© **Miguel Ángel Zúñiga Prieto**, todos los derechos reservados.

Este trabajo ha sido financiado por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación del Ecuador, la Universidad de Cuenca Ecuador y el proyecto Value@Cloud (MINECO TIN2013-46300-R).

Contenido

Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Desarrollo incremental de servicios cloud	2
1.2 Reconfiguración dinámica de arquitecturas en el desarrollo incremental de servicios cloud	3
1.3 Planteamiento del problema.....	5
1.4 Objetivos e hipótesis	8
1.5 Contexto de la investigación	9
1.6 Metodología de investigación	10
1.6.1 Experimento	12
1.7 Estructura de la tesis	14
Capítulo 2. Marcos y espacios tecnológicos.....	17
2.1 Ingeniería basada en modelos	18
2.1.1 Meta-Object Facility.....	18
2.1.2 Desarrollo de software dirigido por modelos	20
2.1.3 Object Constraint Language	24
2.1.4 Transformaciones de modelos	24
2.2 Arquitectura de software orientada a servicios.....	26
2.2.1 Elementos.....	28
2.2.2 Principios de diseño	29
2.2.3 Abstracción de la capa de servicios	30
2.2.4 Beneficios de SOA	31
2.2.5 Servicios Web.....	34
2.2.6 Service-Oriented Architecture Modeling Language (SoaML).....	37
2.2.7 Reconfiguración dinámica.....	39
2.3 Computación cloud	41
2.3.1 Modelos de servicio cloud.....	42
2.3.2 Modelos de despliegue de servicios cloud	43
2.3.3 Plataformas de computación cloud	44
2.3.4 Soporte al aprovisionamiento y despliegue	47

2.3.5	Aplicaciones cloud (<i>servicios cloud</i>).....	48
2.3.6	SOA y computación cloud.....	50
2.4	El lenguaje SPEM2 para definir procesos software	51
2.5	Espacios tecnológicos.....	52
2.5.1	Eclipse.....	55
2.5.2	Eclipse Modeling Framework (EMF)	55
2.5.3	El lenguaje de transformación ATL.....	56
2.5.4	Acceleo	57
2.5.5	Microsoft XML Document Transformation	57
2.6	Resumen	58
Capítulo 3.	Estado del arte.....	60
3.1	Enfoques de desarrollo y migración	61
3.1.1	Enfoques basados en middleware	61
3.1.2	Infraestructuras cloud computing.....	62
3.1.3	Enfoques para el desarrollo de aplicaciones cloud.....	63
3.1.4	Enfoques de migración de sistemas a entornos cloud.....	64
3.1.5	Discusión.....	65
3.2	Lenguajes de especificación en entornos cloud	68
3.2.1	Lenguajes de especificación.....	68
3.2.2	Discusión.....	73
3.3	Reconfiguración dinámica de arquitecturas de software	75
3.3.1	Reconfiguración dinámica de aplicaciones basadas en servicios	76
3.3.2	Reconfiguración dinámica de aplicaciones cloud.....	76
3.3.3	Discusión.....	78
Capítulo 4.	Reconfiguración dinámica e incremental de arquitecturas orientadas a servicios.....	80
4.1	Lenguaje de especificación de arquitecturas para la integración incremental de servicios cloud	81
4.1.1	Requisitos	81
4.1.2	Definición.....	83
4.2	Vista general del método DIARy.....	86

4.3	Descripción de las actividades del método	88
4.3.1	Especificación de la integración del incremento.....	88
4.3.2	Implementación del incremento	93
4.3.3	Despliegue y reconfiguración dinámica	102
4.4	Conclusiones	106
Capítulo 5.	Herramientas de soporte a DIARy	108
5.1	Vista general de la aproximación tecnológica.....	109
5.2	Aproximación tecnológica de soporte a la actividad de <i>Especificación de la integración del incremento</i>	111
5.2.1	Metamodelo <i>Modelo Extendido de Arquitectura</i>	112
5.2.2	Editor del ADL para la Integración Incremental	112
5.3	Aproximación tecnológica de soporte para la actividad <i>Implementación del incremento</i>	114
5.3.1	<i>Metamodelo Artefactos Cloud</i>	115
5.3.2	Editor de Artefactos Cloud.....	116
5.4	Aproximación tecnológica de soporte para la actividad <i>Despliegue y reconfiguración dinámica</i>	119
5.4.1	Metamodelo Recursos Cloud	120
5.4.2	Metamodelo Configuraciones de Entornos Cloud	124
5.4.3	Editor de Configuraciones de Entornos Cloud.....	126
5.4.4	Editor de Recursos Cloud.....	127
5.5	Motor de transformación	128
5.5.1	Motor de generación de modelos	128
5.5.2	Motor de generación de código.....	134
5.6	Conclusiones	148
Capítulo 6.	Aplicación del método DIARy.....	149
6.1	Ejemplo de aplicación del método DIARy.....	150
6.2	Especificación de la integración del incremento.....	152
6.3	Implementación del incremento.....	156
6.4	Despliegue y reconfiguración dinámica.....	161
6.5	Conclusiones	170

Capítulo 7. Validación empírica del método DIARy	173
7.1 Introducción.....	174
7.2 Planificación del experimento.....	174
7.2.1 Objetivo del experimento	174
7.2.2 Definición del contexto.....	175
7.2.3 Selección de variables	178
7.2.4 Hipótesis.....	181
7.2.5 Otros factores a ser controlados.....	181
7.3 Preparación y ejecución del experimento	182
7.4 Análisis de datos	185
7.4.1 Análisis cualitativo.....	186
7.4.2 Análisis cuantitativo.....	190
7.5 Amenazas a la validez	191
7.5.1 Validez interna.....	192
7.5.2 Validez externa	192
7.5.3 Validez de constructo.....	193
7.5.4 Validez de las conclusiones.....	194
7.6 Conclusiones	194
Capítulo 8. Conclusiones y trabajos futuros.....	196
8.1 Conclusiones	197
8.1.1 Definición de un método de reconfiguración dinámica de arquitecturas de servicios cloud	197
8.1.2 Definición de una aproximación tecnológica de soporte.....	200
8.1.3 Validación del método mediante experimentos	201
8.2 Difusión de resultados.....	202
8.3 Becas.....	204
8.4 Trabajos futuros.....	205
Bibliografía	208
Apéndice A – Guías del método DIARy.....	222
A.1 Guía para la Especificación de la Integración de Incrementos	223
Apéndice B – Material del experimento	224

- B.1 Encuesta pre-ejercicio: Proceso de Reconfiguración Dinámica e Incremental de Arquitecturas de Servicios – DIARy..... 225
- B.2 Boletín 227
 - B.2.1 Anexo I: Sistema de Reservas – Modelo de Arquitectura Actual 238
 - B.2.2 Anexo II: Hoja de Respuestas de la Tarea 1 – Modelo de Arquitectura del Incremento 239
- B.3 Encuesta sobre el proceso de Reconfiguración Dinámica e Incremental de Arquitecturas de Servicios – DIARy 241