



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Tecnológico Nacional de México

Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico

Tesis de Doctorado

Modelo de Orquestación Dinámica de Software
como Servicio para Procesos de Negocios en la
Nube Computacional

presentada por

MC. Sergio Fabián Ruiz Paz

como requisito para la obtención del
grado de

Doctor en Ciencias de la Computación

Director de tesis

Dr. René Santaolaya Salgado

Cuernavaca, Morelos, México. Diciembre de 2019.



"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

ESC\FORDOC09

Cuernavaca, Mor.,
Asunto:

13/noviembre/2019
ACEPTACIÓN DEL
TRABAJO DE TESIS
DOCTORAL

DR. JUAN GABRIEL GONZÁLEZ SERNA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS COMPUTACIONALES
PRESENTE

Los abajo firmantes, miembros del Comité Tutorial de la Tesis Doctoral del alumno **M.C. SERGIO FABIÁN RUIZ PAZ**, manifiestan que después de haber revisado su trabajo de tesis doctoral titulado **"Modelo de Orquestación Dinámica de Software como Servicio para Procesos de Negocios en la Nube Computacional"**, realizado bajo la dirección del **DR. RENÉ SANTAOLAYA SALGADO**, el trabajo se **ACEPTA** para proceder a su impresión.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
"Conocimiento y tecnología al servicio de México"

DR. RENÉ SANTAOLAYA SALGADO
CENIDET

DRA. OLIVIA GRACIELA FRAGOSO DÍAZ
CENIDET

DR. JUAN GABRIEL GONZÁLEZ SERNA
CENIDET

DR. MÁXIMO LÓPEZ SÁNCHEZ
CENIDET

DR. FRANCISCO JAVIER ÁLVAREZ RODRÍGUEZ
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

C.c.p.: M.E. Guadalupe Garrido Rivera / Jefa del Depto. de Servicios Escolares
Dr. Gerardo Vicente Guerrero Ramírez / Subdirector Académico
Expediente



"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

ESC\FORDOC010

Cuernavaca, Morelos, 27/noviembre/2019

**M.C. SERGIO FABIÁN RUIZ PAZ
CANDIDATO AL GRADO DE DOCTOR
EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
PRESENTE**

Después de haber sometido a revisión su trabajo final de tesis titulado "Modelo de Orquestación Dinámica de Software como Servicio para Procesos de Negocios en la Nube Computacional", y habiendo cumplido con todas las indicaciones que el jurado revisor de tesis le hizo, le comunico que se le concede autorización para que proceda a la impresión de la misma, como requisito para la obtención del grado.

Reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
"Conocimiento y tecnología al servicio de México"*

**DR. JUAN GABRIEL GONZÁLEZ SERNA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS COMPUTACIONALES**



Dedicatoria

"Look up at the stars and not down at your feet"
-Stephen Hawking

Para ti madre eterna,
Infinitamente mi amor y formación.
Guardaré este gran momento para festejarlo el día de nuestro gran encuentro.

Zaira, André y Diego mi amada familia,
Su amor, tiempo y apoyo tradujeron mi cansancio y temores en esfuerzo, decisión y dedicación
para el desarrollo de esta investigación.

Agradecimientos

A las instituciones CONACYT, Tecnológico Nacional de México campus Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (TecNM/Cenidet) que hicieron posible mis estudios de doctorado así como la realización de este proyecto de investigación.

Al Dr. René Santaolaya Salgado, director de este proyecto de tesis, por su dirección, acompañamiento, apoyo, paciencia y aporte de conocimiento que convirtieron una idea de investigación en un interesante aporte científico en el área de Ingeniería de Software aplicada al ambiente de Nube Computacional.

A la Dra. Olivia Graciela Fragoso Díaz, al Dr. Juan Gabriel Gonzáles Serna, al Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez, al Dr. Máximo López Sánchez, por sus valiosas participaciones y contribuciones que enriquecieron y maduraron este proyecto de investigación.

A la Lic. Guadalupe Patricia Armas León por su valiosa contribución de conocimiento que me ayudó en el aprendizaje y perfeccionamiento del idioma inglés.

Verónica y Yadira por su infinito amor y apoyo incondicional, fortaleciéndome cada día como hermano, hijo y persona.

Lucia y Armando por estar siempre conmigo con su cariño y guía familiar.

Gloria y Gregorio por hacerme sentir como un hijo y ayudarme en los momentos difíciles.

A la Familia Cordoba Inzunza por su hermandad que me acompaña en todo momento.

A Esmeralda, Andrés, Idalid, Cristian, Magdalena, David, porque con su amistad crearon un espacio de paz para mí y mi familia e hicieron de Cuernavaca un lugar para vivir.

Al Sr. Gabriel, Nancy, Antonio y Gabriel por recibirnos en Cuernavaca y compartirnos parte de su hogar.

Eduardo, Ariel, Ángel y Elena por su invaluable apoyo y amistad.

La Nube Computacional se ha convertido en un nuevo paradigma tecnológico que está siendo ampliamente utilizado por la industria de las tecnologías de información y telecomunicaciones, debido a la facilidad que aporta en la oferta de servicios sobre demanda, elasticidad, flexibilidad y suministro de recursos de cómputo.

El Software como Servicio de la Nube Computacional (SaaS), es el tipo de software que resulta hoy día un medio importante para el desarrollo de tareas de los procesos de negocios, propiciando impactos positivos en clientes así como ventajas competitivas de negocios a proveedores y desarrolladores de servicios.

Para la fabricación o personalización del SaaS de forma efectiva, es importante que los proveedores controlen de manera correcta las características de calidad de éstos como son: reuso, composición, adaptabilidad y elasticidad de servicios atómicos o microservicios así como los servicios de software compuesto.

Uno de los problemas presentados en el SaaS es que éste no cumpla en tiempo y forma o no alcance a producir los resultados deseados por el cliente en tiempo de ejecución. Una de las causas principales es el grado de disponibilidad con el que cuentan los servicios atómicos que forman parte de su flujo de trabajo para ejecutarse correctamente.

El proyecto descrito en este documento, presenta un modelo de orquestación dinámica de servicios, cuyo objetivo es verificar, en tiempo de ejecución, la disponibilidad real de los servicios atómicos o microservicios del flujo de trabajo que componen al SaaS, y que permita reconstruirlo con aquellos servicios atómicos que cumplan con la disponibilidad necesaria para efectuar en tiempo y forma los requerimientos del cliente. Para lograrlo, el modelo identifica servicios atómicos que puedan presentar problemas debido a su grado de disponibilidad y los sustituye por réplicas del servicio u otros servicios atómicos candidatos que cumplan con los requerimientos del servicio original, alterando el flujo de trabajo del SaaS para apoyar su ejecución exitosa.

Con fines de probar su efectividad, el modelo fue implementado en lenguaje Java y probado en un ambiente de nube simulado mediante la herramienta WorkflowSim dando, como resultado, flujos de trabajo de SaaS cumpliendo en tiempo y forma con los requerimientos del cliente.

En base a las pruebas realizadas, el modelo de orquestación dinámica de servicios mostró un desempeño favorable tanto en la identificación de servicios atómicos que forman parte del flujo de trabajo correspondiente al SaaS ejecutado por un cliente, como en la identificación, búsqueda, selección y orquestación de servicios atómicos disponibles en tiempo de ejecución para el flujo de trabajo, apoyando con esto la ejecución exitosa del SaaS, logrando alcanzar la meta de valor para el cliente del servicio.

Cloud Computing has become a new technological paradigm that is being widely used by the information and telecommunication technologies industry, due to the ease it provides in the supply of services on demand, elasticity, flexibility and supply of computing resources.

Nowaday the Software as a Service (SaaS), the Cloud Computing, is the type of software used as an important means for the development of business processes tasks, giving positives impacts on customers as well competitive business advantages for providers and developers of services.

In order to attain an effective manufacturing and personalization of SaaS, suppliers must certainly guarantee to the quality features of the services they provide, for instance: reuse, composition, adaptability and elasticity of both atomic services or microservices and compound software service.

A common SaaS drawback is not yielding the expected results in a timely and correct fashion or meeting the customer expectations. One of the main causes of the failure is the low availability degree, leading to the inadequate execution of the atomic services of the workflow comprising the SaaS.

Current research work deals with a model for dynamic orchestration of services. The aim of the model is to verify during the runtime, the actual availability of the atomic services, or microservices, of the workflow comprising the SaaS, and to allow reconstruct it with those atomic services with the enough availability level in order to achieve achieve the consumer's requirements in a timely manner. To achieve this, the model identifies atomic services that may present failures due to their low availability degree and to replace them with atomic services clones or to search for another atomic services which present the same level of service as the original one, all this in order to modify the workflow and achieve success of SaaS.

In order to demonstrate the model effectiveness, it was implemented in Java programming language and later run in a simulated cloud environment by means WorkflowSim tool, yielding workflows, comprising the SaaS that meet the consumer's requirements in a timely and correct fashion.

According to the conducted tests, the model for the services dynamic orchestration showed an appropriate performance with regard the two aspects: first, to identify atomic services comprising the a workflow that correspond to the specific SaaS executed by the customer; and second, to identify, search, selection and orchestrate the atomic service available for the workflow during its execution time. Consequently, the model shall assist the successful completion of the SaaS, and that in turn will assist in reaching the goal value required by the customer.

Índice

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES	1
1.1. INTRODUCCIÓN	2
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	4
1.4. HIPÓTESIS	4
1.5. VARIABLES	5
1.6. HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS	5
1.7. OBJETIVO	5
1.8. JUSTIFICACIÓN	5
1.9. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	7
1.9.1. ALCANCES	7
1.9.2. LIMITACIONES	8
1.10. PRODUCTO-BENEFICIO	8
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	10
2.1. NUBE COMPUTACIONAL.....	11
2.2. MODELOS DE LA NUBE COMPUTACIONAL.....	11
2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA COMPUTACIÓN EN LA NUBE	12
2.4. MODELOS DE DESPLIEGUE DE LA NUBE COMPUTACIONAL.....	12
2.5. SERVICIALIZACIÓN	13
2.6. PILARES DE LA NUBE COMPUTACIONAL	13
2.7. CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DE SOFTWARE COMO SERVICIO	13
2.8. ATRIBUTOS DE CALIDAD EN EL MODELO SAAS	14
2.9. MÉTRICAS PARA CADA ATRIBUTO DE CALIDAD EN SOFTWARE COMO SERVICIO	15
2.10. COMPORTAMIENTO DEL SOFTWARE COMO SERVICIO	17
2.11. DIFERENCIAS ENTRE SAAS, SOA Y SERVICIOS WEB	18
2.12. ANOMALÍAS EN SERVICIOS	19
2.13. FLUJO DE TRABAJO (WORKFLOW) EN SOFTWARE COMO SERVICIO.....	19
2.14. ORQUESTACIÓN DE SERVICIOS EN NUBE COMPUTACIONAL	20
2.15. MEDICIÓN	21
2.16. MÉTRICAS DE SOFTWARE	21
2.17. SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN.....	22
2.18. BALANCEO DE CARGAS	24
CAPÍTULO 3: TRABAJOS RELACIONADOS.....	26
CAPÍTULO 4: MODELO DE ORQUESTACIÓN DINÁMICA	32
4.1. FLUJO DE VALOR DEL MODS	35
4.2. BPMN DEL MODS	38
4.3. PROCESOS DEL MODELO.....	39
4.3.1. MODULO ANALIZADOR	40
4.3.2. MODULO COREÓGRAFO	43
4.3.3. MODULO ORQUESTADOR.....	53
4.3.4. MODULO RE-COMPOSICIÓN.....	57
CAPÍTULO 5: PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	60
5.1. AMBIENTE DE NUBE	61
5.2. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE PRUEBA	62
5.2.1. ESPECIFICACIÓN DEL CASO DE PRUEBA MOD-01-03.1	63
5.2.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL CASO DE PRUEBA MOD-01-03.1	64
5.2.3. ESPECIFICACIÓN DEL CASO DE PRUEBA MOD-01-03.2.....	64
5.2.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL CASO DE PRUEBA MOD-01-03.2	66
5.2.5. ESPECIFICACIÓN DEL CASO DE PRUEBA MOD-01-03.3.....	68

Índice

5.2.6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL CASO DE PRUEBA MOD-01-03.3.	71
5.2.7.	ESPECIFICACIÓN DEL CASO DE PRUEBA MOD-01-03.4.	75
5.2.8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL CASO DE PRUEBA MOD-01-03.4.	78
CAPÍTULO 6: CONCLUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS		81
APÉNDICE A: TRABAJOS RELACIONADOS (EXTENSO)		90
A.1.	OBJETIVO QUE SE PERSIGUE	91
A.2.	ORQUESTACIÓN	91
A.3.	PROCESO	91
A.4.	AMBIENTE	91
A.5.	ENTRADA AL PROCESO	92
A.6.	APORTACIÓN	92
A.7.	PRODUCTO RESULTADO	92
A.8.	UTILIDAD	93
A.9.	CONCLUSIONES	94
APÉNDICE B: PRUEBAS		109
B.1.	PLAN DE PRUEBAS (MOD-01-01)	110
B.2.	ESPECIFICACIÓN DEL PLAN DE PRUEBAS	111
B.3.	ESPECIFICACIÓN DEL DISEÑO DE PRUEBAS (MOD-01-01)	112
B.4.	REPRESENTACIÓN DETALLADA DE RESULTADOS	116

Índice

Figuras

Figura 1. Modelo de orquestación dinámica de servicios atómicos (MODS).....	33
Figura 2. Diagrama del flujo de valor del MODS.....	37
Figura 3. BPMN del MODS.....	39
Figura 4. Modelo del Analizador del MODS.....	40
Figura 5. Flujo de valor del módulo Coreógrafo	43
Figura 6. Disponibilidad por Histórico de Comportamiento.....	44
Figura 7. Servicios atómicos con funcionalidad y calidad requerida	44
Figura 8. Servicios atómicos con probabilidad de uso	45
Figura 9. Proceso de revisar disponibilidad por histórico de comportamiento.....	46
Figura 10. Proceso de búsqueda y selección de servicios candidatos.....	50
Figura 11. Disponibilidad requerida de servicios atómicos.....	50
Figura 12. Proceso de búsqueda y selección de servicios candidatos.....	52
Figura 13. Orquestación de servicios atómicos para la re-composición de servicios	53
Figura 14. Servicios atómicos fallidos.....	53
Figura 15. Conjunto de servicios atómicos aceptados	54
Figura 16. Servicios disponibles: (a) Servicios clones, (b) servicios alternativos.....	54
Figura 17. Servicios atómicos candidatos disponibles	55
Figura 18. Proceso de selección de servicios sustitutos aceptados	56
Figura 19. Re-composición de servicios.....	57
Figura 20. Identificación de servicios a intercambiar en cola de tareas	58
Figura 21. Ambiente simulado de Nube para pruebas del MODS.....	61
Figura 22. Componente MODS desplegado como servicio.....	61
Figura 23. Contexto de aplicación Montage en el ambiente de pruebas.....	62
Figura 24. Salida en pantalla de los servicios atómicos encontrados en el flujo de trabajo	63
Figura 25. Salida en pantalla de entrada incorrecta del archivo DAX de Montage.....	63
Figura 26. Intervalo de confianza con el índice actual y lo requerido	67
Figura 27. Comparativa de los resultados obtenidos de los servicios atómicos identificados	72
Figura 28. Precisión del MODS en la detección del comportamiento de servicios atómicos.....	74
Figura 29. Desempeño del MODS en la ejecución de servicios atómicos.....	75
Figura 30. Índice de precisión del MODS con media muestral del 8.5%.....	79
Figura 31. Índice de precisión del MODS con media muestral de 21%.....	80
Figura 32. Relación entre el tiempo de entrega y el costo asociado por los cambios.....	83
Figura 33. Fragmento del Archivo DAX de Montage 100	119
Figura 34. Flujo de Trabajo de la aplicación Montage DAX 100.....	120
Figura 35. Salida en pantalla del listado detallado de servicios atómicos del flujo de trabajo	121
Figura 36. Resultado de WorkflowSim con sobrecarga sin fallas.....	150
Figura 37. Listado generado por el MODS para el ambiente con sobrecarga sin fallas	151

Índice

Tablas

Tabla 1. Atributos de Calidad en el modelo SaaS.....	14
Tabla 2. Trabajos relacionados en calidad de servicios.....	27
Tabla 3. Comparación de trabajos relacionados en calidad de servicios.....	27
Tabla 4. Trabajos relacionados en monitoreo de infraestructura.....	27
Tabla 5. Comparación de trabajos relacionados en monitoreo de infraestructura.....	28
Tabla 6. Trabajos relacionados en monitoreo de servicios.....	28
Tabla 7. Comparación de trabajos relacionados en monitoreo de servicios.....	29
Tabla 8. Trabajos relacionados en orquestación de servicios.....	30
Tabla 9. Comparación de trabajos relacionados en orquestación de servicios.....	30
Tabla 10. Estados para AFD_R de un WSDL.....	41
Tabla 11. Estatutos para AFD_R de un WSDL.....	41
Tabla 12. Estados para AFD_R de un Stub.....	41
Tabla 13. Estatutos para AFD_R de un Stub.....	42
Tabla 14. Estados para AFD_S de un DAX.....	42
Tabla 15. Estatutos para AFD_R de un DAX.....	42
Tabla 16. Estados para AFD_R de un WSDL.....	58
Tabla 17. Estatutos para AFD_R de un WSDL.....	58
Tabla 18. Estados para AFD_R de un Stub.....	59
Tabla 19. Estatutos para AFD_R de un Stub.....	59
Tabla 20. Estados para AFD_S de un DAX.....	59
Tabla 21. Estatutos para AFD_R de un DAX.....	59
Tabla 22. Lista de servicios revisados por el MODS a partir del histórico de comportamiento.....	65
Tabla 23. Resultado emitido por WorkflowSim sin el uso del MODS en un ambiente sin fallos.....	65
Tabla 24. Resultado emitido por WorkflowSim en un ambiente con fallos.....	65
Tabla 25. Resultado del MODS con media muestral de 8.5% en fallos.....	66
Tabla 26. Índice de precisión de MODS para el caso MOD-01-03.2.1.....	66
Tabla 27. Ambiente simulado utilizando el MODS con media muestral del 21%.....	68
Tabla 28. MODS con revisión dinámica en ambiente sin sobrecarga.....	69
Tabla 29. Ejecución del simulador sin el uso del MODS.....	69
Tabla 30. Índice de precisión del MODS para caso de prueba MOD-01-03.3.2.1.....	70
Tabla 31. Ambiente simulado con sobrecarga sin el uso del MODS.....	70
Tabla 32. Listado de servicios atómicos aceptados y sustitutos emitidos por el MODS.....	70
Tabla 33. Grado de Satisfacción para la elección del servicio atómico mDiffFit.....	71
Tabla 34. Recuperación de fallos utilizando el MODS en ambiente simulado.....	71
Tabla 35. Resultados de servicios atómicos al utilizar el MODS.....	73
Tabla 36. Índice de precisión del MODS en un ambiente de nube con sobrecarga.....	73
Tabla 37. Resultado del simulador WorkflowSim en un ambiente controlado sin el uso de MODS.....	76
Tabla 38. Resultado del simulador WorkflowSim en un ambiente controlado con el uso de MODS.....	77
Tabla 39. Resultado del simulador WorkflowSim sin el uso del MODS en un ambiente con fallos.....	77
Tabla 40. Resultado del MODS en la revisión con histórico de comportamiento.....	78
Tabla 41. Listado generado por el MODS en la revisión dinámica de servicios atómicos fallidos.....	78
Tabla 42. Atributos estáticos y dinámicos del servicio atómico mDiffFit.....	79
Tabla 43. Trabajos relacionados.....	93
Tabla 44. Conceptos utilizados en casos de prueba.....	111
Tabla 45. Nomenclatura utilizada para los documentos de los casos de prueba.....	111
Tabla 46. Módulos a revisar en los casos de prueba.....	112
Tabla 47. Casos de prueba.....	112
Tabla 48. Resultado completo de lista de servicios revisados por MODS.....	121
Tabla 49. Atributos dependientes e independientes para el caso de prueba MOD-01-03.3.2.1.....	148
Tabla 50. Atributos dependientes e independientes requeridos.....	148
Tabla 51. Atributos dependientes para el grado de satisfacción del servicio.....	149

Índice

<i>Tabla 52. Valores de satisfacción por atributos dependientes.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 53. Atributos independientes para el grado de satisfacción del servicio</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 54. Valores de satisfacción por atributos independientes.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 55. Índice de precisión prueba 2.....</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 56. Índice de precisión prueba 3.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 57. Índice de precisión prueba 4.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 58. Índice de precisión prueba 5.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 59. Índice de precisión prueba 6.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 60. Índice de precisión prueba 7.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 61. Índice de precisión prueba 8.....</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 62. Índice de precisión prueba 9.....</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 63. Índice de precisión prueba 10.....</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 64. Resultados del caso de prueba MOD-01-03.4.....</i>	<i>153</i>

Tabla de Abreviaturas

AC	Ancho de la Clase
AFD	Autómata Finito Determinista
API	(Application Programming Interface) Interrfaz de Programación de Aplicaciones
BPMN	(Business Process Model and Notation) Modelo y Notación de Procesos de Negocios
CFR	Cobertura de Recuperación a Fallos
CFT	Cobertura de Tolerancia a Fallos
COS	Cobertura de Escalabilidad
CPU	(Central Processing Unit) Unidad Central de Procesamiento
CRM	(Customer Relationship Management) Gestión de Relaciones con Clientes
CV	Cobertura de la Variabilidad
DAX	Directed Acyclic Graph in XML
ERP	(Enterprise Resource Planning) Sistema de Planificación de Recursos
FC	Funcionalidad Común
FS	Frecuencia del Servicio
HaaS	(Hardware as a Service) Hardware como Servicio
IaaS	(Infrastructure as a Service) Infraestructura como Servicio
IaaSO	(Infrastructure as a Service Orchestration) Orquestación de Infraestructura como Servicio
MODS	Modelo de Orquestación Dinámica aplicado a Servicios atómicos
NC	Número de Clases
NFC	No Funcionalidad Común
NIST	(National Institute Of Standards and Technology) Instituto Nacional de Estándares y Tecnología
PaaS	(Platform as a Service) Plataforma como Servicio
PS	Precisión del Servicio
QoS	(Quality of Service) Calidad del Servicio
ROS	Robustez de Servicios
RS	(Recommendation Systems) Sistemas de Recomendación
RU	Utilización de Recursos
SaaS	(Software as a Service) Software como Servicio
SaaSO	(Software as a Service Orchestration) Orquestación de Software como Servicio
SLA	(Service Level Agreement) Acuerdo de Nivel de Servicio
SOA	(Service Oriented Architecture) Arquitectura Orientada a Servicios
SOPA	(Simple Object Access Protocol) Protocolo Simple de Acceso a Objetos
TB	Comportamiento en el Tiempo
TC	Tiempo que tarda en Contestar un servicio al consumidor
TR	Tiempo de Respuesta
UDDI	(Universal Description, Discovery and Integration) Descripción Universal, Descubrimiento e Integración

Tabla de Abreviaturas

Vm	(Virtual Machine) Máquina Virtual
WFaaS	(Workflow as a Service) Flujos de Trabajo como Servicios
WSDL	(Web Service Description Language) Lenguaje de Descripción de Servicios Web
XML	(Extensible Markup Language) Lenguaje de Marcado Extensible

Capítulo 1: Antecedentes

Se presenta a continuación los antecedentes, que definen el desarrollo de esta investigación, los cuales consisten de los siguientes puntos:

- Introducción
- Planteamiento del problema
- Hipótesis
- Objetivo
- Justificación
- Alcances y limitaciones
- Producto-Beneficio

1.1. Introducción

En un medio de modernidad tecnológica y ante la necesidad de soluciones en un contexto de globalización, los servicios de la Nube Computacional (Nube)¹ se convierten en una gama de soluciones tecnológicas para que los clientes puedan utilizar y ofertar servicios informáticos ya sean éstos públicos o privados, gratuitos o con algún costo determinado por un modelo de pago por uso.

La Nube logra su funcionalidad a partir de tres pilares importantes: internet, centros de datos distribuidos y virtualizaciones. Logrando con éstos, ofrecer a la industria, instituciones, organizaciones, empresas pequeñas, medianas, y de gran escala, así como a cientos de miles de usuarios particulares; ofertar y utilizar servicios informáticos ya sean públicos o privados, gratuitos o de pago; con la finalidad de cumplir sus objetivos, mejorar su productividad, reducir costos, mejorar sus servicios, entre otros beneficios, en un modelo “de pago por uso”, facilitando con ello, el acceso bajo demanda. Todo sin la preocupación de que los servicios tengan que ser instalados en el ambiente local del usuario, eliminando el costo y esfuerzo por instalación, mantenimiento y actualizaciones.

Los servicios se encuentran disponibles en la Nube. Es decir que, los datos, las aplicaciones y el mismo hardware se reparten en cientos de miles de servidores pertenecientes a los proveedores de servicios, de tal forma que el usuario sólo accede a ellos para poderlos utilizar. El acceso está controlado por las políticas y el tipo de Nube al que se quiere acceder.

Los servicios que se ofertan en la Nube van desde software y bases de datos, hasta recursos de hardware tales como: espacio para almacenamiento temporal o permanente, tiempo de procesamiento en servidores así como una capacidad de cómputo distribuida utilizando los recursos de todos los dispositivos conectados en la Nube.

La Computación en la Nube para poder responder de manera efectiva a los usuarios, se divide en tres modelos de servicio: Software como Servicio (SaaS), Plataforma como Servicio (PaaS) e Infraestructura como Servicio (IaaS).

El modelo de Software como Servicio (SaaS), es la aplicación o aplicaciones que el usuario utiliza, vía Internet, conectándose por medio de un navegador web para realizar tareas específicas. Dicha aplicación o aplicaciones se ejecutan en servidores reunidos por la Nube.

El modelo de Plataforma como Servicio (PaaS) permite a los usuarios poder conectarse a la nube para acceder a los servicios de forma fácil mediante el despliegue de plataformas, canales de distribución y formas de pago. Así también, permite al usuario desplegar sus propias aplicaciones desarrolladas.

El modelo de Infraestructura como Servicio (IaaS) es la parte más baja del modelo, se conoce también como Hardware como Servicio (HaaS). Ésta permite el almacenamiento, poder de procesamiento y capacidad de cómputo como servicios estandarizados en la Nube.

La Nube como se menciona en [1] “está creando la marca de nuevos modelos de negocio”, ya que muchas aplicaciones dirigidas a procesos de negocios están migrando poco a poco al SaaS de la Nube. Tal es el caso de aplicaciones de planificación de recursos

¹ A partir de este punto, se utilizará el término “Nube” para referirse a la Nube Computacional

Antecedentes

empresariales (ERP) y gestión de relación de clientes (CRM) que ya están dominando el mercado de SaaS.

El Software como Servicio está evolucionando la manera en como los clientes pueden acceder de forma gratuita o con algún costo al SaaS e incluso a comercializarlo. Éste software es un tipo de servicio que por los beneficios que proporciona al cliente, poco a poco se ha ido convirtiendo en uno de los servicios de mayor utilización en la Nube. Así mismo, como se describe en [2], [3] y [4], el SaaS es uno de los servicios más productivos y se tiene pronosticado, para los próximos años, un crecimiento considerable por el impacto en la economía y solución a problemas de negocios.

Para dar atención a los consumidores, el modelo SaaS de la Nube presenta la siguiente funcionalidad: Una aplicación (SaaS) es ejecutada por un cliente, en un entorno de Internet, mediante un navegador Web. Por la característica y arquitectura que presenta el servicio en ejecución, normalmente desencadena un conjunto de llamadas a otros servicios (servicios atómicos, o microservicios, e incluso servicios compuestos), los cuales han sido previamente definidos en el flujo de trabajo que representa a un proceso de negocios, por el proveedor de servicios en el modelo PaaS, ya sea del mismo proveedor o de otros proveedores de servicios. Como se menciona en [5], [6] y [7] el modelo SaaS junto con el apoyo de PaaS da la posibilidad al consumidor de servicios de personalizar fácilmente las aplicaciones, ajustándolas a sus procesos de negocios sin afectar la infraestructura común. Es decir, la personalización de servicios por el consumidor es respetada por el proveedor, aún y con las nuevas actualizaciones que se tengan gracias a la arquitectura de los dos modelos, lo que también da beneficios al proveedor para realizar más actualizaciones con menos riesgos en las aplicaciones de los clientes y costos de adopción mucho más bajos. Sin embargo, esta posibilidad trae consigo grandes desafíos para lograr realizarse en un ambiente tan dinámico como el que pretende manejar la Nube. Por ejemplo la complejidad para el control de los diferentes factores asociados a la composición de nuevos servicios o ajuste de servicios por parte del consumidor, como son: poca intervención y un manejo transparente en la personalización del servicio por parte del consumidor, la complejidad de arquitectura y comunicación que presentan los servicios del proveedor o de los diferentes proveedores, y la infraestructura necesaria para el funcionamiento adecuado de los servicios.

La complejidad actual del SaaS propiciada tanto por lo descrito anteriormente como por la necesidad por cubrir la creciente demanda ante un proceso dinámico en lo social, en la economía, tecnología y cultura de usuarios de la Nube, ha traído consigo desafíos importantes para asegurar que las aplicaciones desplegadas en el modelo de Software como Servicio cumplan satisfactoriamente las necesidades de los clientes.

Actualmente existen diferentes problemáticas asociadas al SaaS que impactan a sus consumidores en la confianza y adopción total de la Nube como medio tecnológico para la realización de tareas y resolución de problemas. Un problema en particular presentado a los consumidores de servicios que no se ha podido resolver por completo es asegurar el cumplimiento, en tiempo y forma, de las tareas de los servicios utilizados por el cliente para lograr sus objetivos. Esta problemática puede estar dada por tres causas principales: La primera de ellas es por factores dependientes al flujo de trabajo definido para la aplicación, donde los servicios atómicos que forman parte de éste se encuentran en múltiples máquinas y estos pueden estar ejecutándose y comunicándose con otros servicios debido al nivel de granulación que puedan presentar para lograr la funcionalidad necesaria que

Antecedentes

lleve a la realización de la solicitud de un cliente. La segunda causa, es por las dependencias complejas entre los servicios para su comunicación, lo que conlleva a que los servicios se puedan comunicar de forma serial o paralela. Es decir, la ejecución de servicios dependientes e independientes al servicio final del cliente. Y la tercera causa, es por el comportamiento que presenta cada servicio por algunos factores independientes a él, tales como: ancho de banda, heterogeneidad de los servicios, latencia de servidores, infraestructura de los servicios (disponibilidad de CPU, memoria, almacenamiento permanente), software malicioso y concurrencia entre servicios.

En este proyecto de tesis, se propone un modelo de orquestación dinámica de servicios atómicos, el cual es ubicado en el modelo de PaaS. Este modelo tiene la finalidad de apoyar en la ejecución adecuada de los servicios atómicos que forman parte del flujo de trabajo del SaaS correspondiente a un proceso de negocios en el modelo de SaaS, al orquestar dinámicamente todos aquellos que cumplen con la disponibilidad necesaria para su correcta ejecución. Acoplándose con ello, al ambiente dinámico que presenta la Nube para la ejecución en tiempo y forma del SaaS, en el momento de prestar sus servicios al cliente, permitiendo con ello asegurar el cumplimiento de la meta de valor del proceso de negocios que éste representa, así como las ventajas competitivas que se logren alcanzar en el modelo de negocios.

1.2. Definición del Problema

El problema radica en que el servicio (SaaS) que representa a un proceso o sistema de negocio utilizado por el consumidor de servicios puede fallar en tiempo de ejecución de manera inesperada, ocasionando que éste no cumpla en tiempo y forma o no llegue a producir los resultados esperados al momento de ser utilizado por el cliente de la Nube Computacional. Una de las causas de esta problemática se debe a que los servicios atómicos o microservicios, definidos por el proveedor en el flujo de trabajo, los cuales representan en su totalidad la aplicación final del usuario tal como se describe en [8], llegan a presentar, en un momento dado, comportamientos inadecuados ocasionados por factores dependientes a cada servicio, tales como: alto costo, tiempo excesivo de procesamiento, baja capacidad de respuesta por llamadas al servicio, mala reputación; así como también factores independientes a ellos tales como: saturación del ancho de banda, alta latencia de servidores, throughput, baja disponibilidad de los servicios. Este tipo de comportamientos en el SaaS, como se menciona en [9], [10], [11], [12], [13] son el principal desafío tanto para proveedores e investigadores, puesto que impactan significativamente en el grado de disponibilidad que presentan los servicios atómicos. La disponibilidad está relacionada directamente con el grado en el que un servicio puede ser utilizado. Tal como se menciona en [14] la disponibilidad es una de las principales características del modelo SaaS y uno de los principales objetivos a cumplir en el Acuerdo de Nivel del Servicio (SLA).

1.3. Pregunta de Investigación

¿Cómo se podría asegurar el funcionamiento del Software como Servicio en términos de rendimiento y confiabilidad en el ambiente dinámico de la Nube Computacional?

1.4. Hipótesis

Antecedentes

H1: Al orquestar dinámicamente los servicios atómicos o microservicios que componen al Software como Servicio, el cual representa un proceso de negocios, considerando los factores estáticos, dinámicos y de comportamiento para su correcto funcionamiento se disminuirían las fallas de ejecución del servicio al momento de ser utilizado por los consumidores de servicios en la Nube Computacional.

H0: La orquestación dinámica de servicios atómicos o microservicios, realizada a partir de factores estáticos, dinámicos y de comportamiento, que componen al Software como Servicio que representa un proceso de negocios no disminuye las fallas de ejecución del servicio al momento de ser utilizado por los consumidores de servicios en la Nube Computacional.

Ha: Los algoritmos comunes de tolerancia a fallas aplicados a los servicios atómicos o microservicios que componen al Software como Servicio, que representa un proceso de negocios, reducen las fallas de ejecución de este tipo de servicios al momento de ser utilizados por los consumidores de servicios en la Nube Computacional.

1.5. Variables

- **Variable independiente (x):** El modelo de orquestación dinámica de servicios atómicos o microservicios que componen al Software como Servicio, que representa un proceso de negocios, considerando los factores estáticos, dinámicos y de comportamiento para su correcto funcionamiento.
- **Variable independiente (z):** Métodos de tolerancia a fallas.
- **Variable dependiente (y):** La disminución de fallas del Software como Servicio utilizados por los consumidores de servicios en la Nube Computacional.

1.6. Hipótesis Estadísticas

H1: $x \rightarrow y \neq 0$

H0: $x \rightarrow y = 0$

Ha: $z \rightarrow y \neq 0$

1.7. Objetivo

Asegurar el funcionamiento del Software como Servicio en términos de rendimiento y confiabilidad al garantizar la disponibilidad razonable de cada uno de los servicios atómicos, o microservicios, que integran al SaaS, mediante un modelo de orquestación que en tiempo de ejecución identifique los servicios atómicos que lo integran, realice una validación de disponibilidad de cada uno de ellos, recomiende la sustitución de aquellos con bajo nivel de disponibilidad por servicios atómicos funcionalmente equivalentes y que estén disponibles en el momento de uso y por último realice su integración en una nueva orquestación del SaaS.

1.8. Justificación

Para poder atender a una gran cantidad de consumidores, los proveedores despliegan servicios, normalmente compuestos de varios otros servicios atómicos, o microservicios, e incluso de otros servicios compuestos disponibles en el modelo PaaS, para modelos de negocios a pequeña, mediana y gran escala sobre algún dominio de contexto. Todo esto, bajo un esquema ya sea de un servicio compuesto también conocido

Antecedentes

en la Nube como flujo de trabajo (*Workflow*), el cual es previamente definido por el proveedor de servicios para cada servicio que es publicado en el modelo SaaS, o mediante la escalabilidad de servicios ya existentes a partir de la identificación de servicios atómicos que cumplan con los requerimientos funcionales, formando un servicio compuesto o flujo de trabajo a partir de necesidades específicas del consumidor.

Hoy en día, uno de los principales desafíos de la Nube para los proveedores de servicios, es lograr que ésta se pueda regular fácilmente ante los diferentes cambios o problemas presentados en los servicios que ahí se publican al momento de ser ofertados a los clientes. Para esto, es importante el desarrollo de herramientas manuales o automatizadas que ayuden a que la gestión de servicios sea una tarea sencilla para el proveedor de servicios, permitiendo que éste se pueda concentrar en algunos otros aspectos más importantes de seguridad. Por tanto, estas herramientas deberían ser capaces de informar al gestor de servicios sobre inestabilidades o posibles problemas presentados en la Nube, así como realizar correcciones automáticas de tal forma que la Nube se pueda normalizar de forma manual o automática.

Cuando un servicio falla, las consecuencias son variadas e impactantes tanto para el usuario o consumidor como para la Nube. Desde el punto de vista del usuario la consecuencia más impactante está asociada al factor económico, al tiempo invertido para lograr los objetivos establecidos en su proceso de negocio y a la insatisfacción con el servicio, mermando la apreciación de calidad y confianza hacia la Nube, impactando con ello en su poca o nula adopción. Desde el punto de vista de la Nube, las consecuencias más importantes son; por un lado, el esfuerzo dedicado por el proveedor de servicios para reparar el problema y normalizar la Nube, en el caso de no contar con herramientas automatizadas en la administración y control de los servicios ofertados y desplegados, afectando su reputación frente al usuario, y por el otro lado, el poco o nulo despliegue de beneficios que se pueden tener con ella, tales como: escalabilidad, seguridad, bajo costo, reducción de inversión, facturación y medición en modo pago por uso, entre otras.

El mayor esfuerzo dedicado por el proveedor de servicios para reparar el problema, se da en la identificación de la causa principal que originó la anomalía en la llamada a un servicio en el modelo de SaaS. El esfuerzo dedicado para encontrar el problema va aumentando a razón de las diferentes llamadas realizadas por un servicio atómico a otros servicios, dado las dependencias presentadas por su nivel de suficiencia, para cumplir con su actividad en el flujo de trabajo que compone al servicio final llamado por el consumidor. Es decir, el esfuerzo por identificar el camino o los caminos de llamadas a servicios atómicos que propiciaron un comportamiento inadecuado en el flujo de trabajo de un servicio final del cliente, exige contar con el conocimiento necesario del flujo de trabajo de los servicios desplegados y por el otro lado al esfuerzo por parte del proveedor para aplicar el mantenimiento, de forma manual o con herramientas, del servicio o los servicios atómicos que fallaron.

Dado este problema en particular presentado en el SaaS, muchos han sido los esfuerzos de los proveedores de servicios para garantizar el correcto funcionamiento de éstos en el modelo de SaaS. Por un lado el aseguramiento de las características del modelo en el proceso de desarrollo de los servicios dentro del modelo PaaS, tales como: pago por uso, reusabilidad, calidad de servicio, administración de datos por el proveedor, escalabilidad, servicios personalizables, multi-tenencia, configurabilidad, disponibilidad. Asegurando con ello, que los servicios funcionarán correctamente dentro del modelo;

certificando de cierta forma la calidad del servicio desarrollado para un contexto específico. Sin embargo, estas características no aseguran el funcionamiento correcto de los servicios en la interacción con otros servicios en un contexto de composición o escalamiento para nuevos servicios que se ajusten a las necesidades de nuevos clientes, ya que los datos controlados de los factores dependientes e independientes a cada servicio en un tiempo determinado pudiera no adaptarse a los nuevos requerimientos, impactando en comportamientos inadecuados o la insatisfacción del consumidor.

Por otro lado, debido a la cambiante naturaleza de estos factores de la Nube, trabajos encaminados a asegurar el correcto funcionamiento de los servicios que forman parte de un servicio compuesto a partir de la definición de flujos de trabajos, en donde se seleccionan servicios atómicos que cumplan con las tareas necesarias para lograr los objetivos de un servicio de un consumidor, considerando factores dependientes e independientes del servicio; no se aseguraría que al momento de ser ejecutado el servicio por la llamada de un consumidor, funcione correctamente, dado que el estado actual de algunos factores independientes de los servicios atómicos que lo conforman, puedan resultar obsoletos en un momento dado.

Por lo que surge la necesidad de asegurar que en tiempo de ejecución, el servicio cuente con el grado de disponibilidad necesaria y que cumpla con ciertas características de desempeño a partir de la infraestructura disponible, de las características que ofrezca el servicio y de las necesidades específicas del consumidor.

1.9. Alcances y Limitaciones

1.9.1. Alcances

En este proyecto de tesis se desarrolló un modelo de orquestación dinámica que permite a los servicios, que representan procesos de negocios (SaaS) en la Nube Computacional, cumplir en tiempo y forma con los resultados esperados al momento de ser utilizados por los consumidores de la Nube. Para lograrlo, el modelo realiza las siguientes acciones:

- Identifica los servicios atómicos que forman parte del flujo de trabajo (*Workflow*) que compone al SaaS, el cual ha sido desplegado y ejecutado por un consumidor de servicios en la Nube.
- Realiza una revisión de los valores asociados a los factores dependientes, independientes y de comportamiento de cada uno de los servicios atómicos que forman parte del flujo de trabajo del SaaS ejecutado por el consumidor de servicios.
- Identifica el grado de disponibilidad de cada servicio atómico que forma parte del flujo de trabajo del SaaS, ejecutado por el consumidor de servicios, a partir de los valores asociados a los factores dependientes, independientes y de comportamiento.
- Identifica los servicios que puedan presentar fallas a partir de su grado de disponibilidad y confiabilidad así como los servicios con las condiciones necesarias para ejecutarse correctamente. Genera listas para los servicios atómicos fallidos, sustitutos y correctos.

Antecedentes

- Orquesta los servicios atómicos seleccionados por factor de impacto con base en su grado de disponibilidad y factores de comportamiento que éstos presentan, intercambiando los servicios fallidos por servicios sustitutos.
- Realiza la re-composición del flujo de trabajo con los servicios atómicos que presentan el grado de disponibilidad y confiabilidad necesaria para asegurar la correcta ejecución del SaaS.

El modelo de orquestación dinámica, para establecer el grado de disponibilidad y confiabilidad necesario, contempla la revisión de los factores dependientes, independientes y de comportamiento presentados a continuación:

- Factores dependientes del servicio: costo, tiempo de procesamiento, capacidad de respuesta por llamadas al servicio, reputación.
- Factores independientes de servicios: ancho de banda, latencia de servidores, rendimiento de servicios sobrecargados (throughput), disponibilidad de servicios, número de peticiones re-entrantes de servicios.
- Histórico de comportamiento de los servicios: confiabilidad, tiempo de respuesta, frecuencia de uso, frecuencia de fallas, costo.

Para probar la efectividad del modelo de orquestación dinámica, fue implementado como un componente de software en el lenguaje de programación Java.

1.9.2. Limitaciones

- Debido a la falta de infraestructura real de Nube y por la necesidad de un ambiente controlado para experimentos fiables, se utilizó un ambiente simulado de Nube Computacional para realizar las pruebas del modelo de orquestación dinámica realizado en este proyecto de investigación.
- El ambiente simulado de Nube se realizó con la herramienta *WorkflowSim* debido a las características que proporciona para la realización de una Nube Computacional apegada a un ambiente real, al extender al simulador *CloudSim*, así como por la capa superior que ofrece para la gestión de flujos de trabajo. *CloudSim* así como *WorkflowSim* están ampliamente posicionados como herramientas de simulación en investigaciones científicas enfocadas a cubrir necesidades presentadas en la Nube.
- Para fines de probar la efectividad del modelo de orquestación dinámica en esta investigación se toma como entrada el flujo de trabajo sintético generado de la aplicación *Montage*.
- No se utiliza para este proyecto de investigación:
 - Ambientes reales de Nube.
 - Software como Servicio con flujos de trabajos reales.

1.10. Producto-Beneficio

Como producto de este proyecto de tesis se obtiene un modelo de orquestación dinámica, aplicado al SaaS, sensible a factores de comportamiento, de los servicios atómicos por dominio que lo integran, que se encargue de monitorear y recolectar la información, en tiempo de ejecución, del sistema de fuerzas presentado en los servicios atómicos del flujo de trabajo asociado al SaaS de clientes, como son: factores

Antecedentes

dependientes de los servicios tales como costo, tiempo de procesamiento, capacidad de respuesta por llamadas al servicio, reputación; factores independientes de los servicios tales como ancho de banda, latencia de servidores, rendimiento de servicios sobrecargados (*throughput*), disponibilidad de servicios, número de peticiones re-entrantes de servicios; ciertas mediciones importantes de apreciación de calidad del servicio de un dominio en la selección de servicios como son confiabilidad, tiempo de respuesta, frecuencia de uso, frecuencia de fallas, costo del servicio; para que a partir del emparejamiento de esta información se genere el ajuste del flujo de trabajo previamente definido, asegurando el correcto funcionamiento del SaaS y el cumplimiento de los objetivos del cliente.

Capítulo 2: Marco Teórico y Conceptual

En este capítulo se describen los elementos teóricos y conceptuales en los que se fundamenta esta investigación. Se describe el modelo de Nube Computacional explicando sus alcances y funcionamiento, las técnicas empleadas para lograr su control y dinamismo así como las mediciones y técnicas empleadas para valorar su despliegue, rendimiento y puesta en marcha.

Marco Teórico y Conceptual

A continuación se describen aspectos importantes de la Computación en la Nube y algunos elementos teóricos relacionados con ésta, con el objetivo de dar a conocer su ambiente, comportamiento, los modelos que la conforman así como elementos que participan para el control y funcionamiento adecuado de ésta, dando pie a un entendimiento contextual de este trabajo.

2.1. Nube Computacional

A continuación se presenta la definición formal que hace el Instituto Nacional de Normas y Tecnología [15], por sus siglas en inglés NIST, en su publicación especial 800-145:

“La Nube Computacional es un modelo que permite cómodo acceso, por medio de la red, a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo: redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden, rápidamente, ser provisionados y puestos al servicio con un esfuerzo mínimo de gestión o interacción por el proveedor de servicios”.

2.2. Modelos de la Nube Computacional

La Nube Computacional se divide en tres modelos fundamentales para que pueda desplegar los diferentes tipos de servicios y obtener su importancia como un nuevo paradigma de computación.

NIST [15] define los tres modelos fundamentales de la Computación en la Nube de la siguiente manera:

Software como Servicio (SaaS por sus siglas en inglés)

Son las aplicaciones, del proveedor de servicios, ofrecidas al consumidor de servicios que corren sobre una infraestructura de la Nube. Las aplicaciones son accesibles desde diferentes dispositivos cliente a través de una interfaz ligera, como un navegador web (por ejemplo: el correo electrónico basado en la web) o una interfaz de programa. El cliente no administra o controla la infraestructura base de la Nube tales como: redes, servidores, sistemas operativos, medios de almacenamiento, o incluso capacidades de aplicaciones individuales, con excepción de la configuración de ajustes específicos en aplicaciones específicas de usuarios.

Plataforma como Servicio (PaaS por sus siglas en inglés)

Es la capacidad ofrecida al cliente, la cual está desplegada encima de la infraestructura de la Nube. Es desplegada para la creación de aplicaciones utilizando lenguajes de programación, librerías, servicios y herramientas soportadas por el proveedor. El cliente no administra o controla la infraestructura de la Nube como: redes, servidores, sistemas operativos, almacenamiento, pero tiene el control sobre las aplicaciones implementadas y posiblemente sobre ajustes en la configuración sobre el entorno de alojamiento de la aplicación.

Infraestructura como Servicio (IaaS por sus siglas en inglés)

Es la capacidad ofrecida al cliente para la disposición de: procesamiento, almacenamiento, redes y otros recursos fundamentales de informática. El cliente es capaz de desplegar y ejecutar software arbitrariamente, el cual puede incluir sistemas operativos y aplicaciones. El cliente no administra o controla la infraestructura base de la Nube pero

Marco Teórico y Conceptual

tiene el control sobre los sistemas operativos, almacenamiento y aplicaciones de desarrollo; y posiblemente un control limitado en la selección de componentes de una red (por ejemplo servidores de seguridad).

2.3. Características de la Computación en la Nube

Las características esenciales que se presentan en la Nube Computacional son [15]:

- **Autoservicio sobre demanda.** Los consumidores pueden, de forma unilateral, suministrar capacidades computacionales, tales como: tiempo de servidor y almacenamiento en la red, como se requiera de una forma automática sin requerir interacción con cada proveedor de servicio.
- **Amplio acceso a la red.** Todas las capacidades están disponibles en la red y pueden ser accedidas a través de mecanismos estándares que promueven el uso de plataformas heterogéneas, ligeras o pesadas (por ejemplo: teléfonos móviles, tabletas, laptops, y estaciones de trabajo).
- **Agrupación de recursos.** Los recursos informáticos del proveedor son agrupados para servir a múltiples usuarios utilizando un modelo multiusuario con diferentes recursos físicos y virtuales asignados dinámicamente y reasignados de acuerdo a la demanda del cliente. Se presenta una sensación de independencia en la que el cliente generalmente no tiene el control o conocimiento sobre la ubicación exacta de los recursos proporcionados, pero puede ser capaz de especificar la ubicación en un nivel más alto de abstracción (por ejemplo: país, estado, o centro de datos). Ejemplos de recursos incluyen medios de almacenamiento, capacidad de procesamiento, memoria y ancho de banda de red.
- **Elasticidad rápida.** Las capacidades se pueden proporcionar en forma rápida y elástica. En algunos casos automáticamente, de modo que se puede escalar rápida y fácilmente. Normalmente, las características disponibles de distribución dan la sensación al consumidor de ser ilimitadas y pueden ser adquiridas en cualquier cantidad y en cualquier momento.
- **Servicios medidos.** El sistema de la Nube automáticamente controla y optimiza los recursos usados al aprovechar la capacidad de dosificación en un cierto nivel de abstracción adecuado para el tipo de servicio (ejemplo: almacenamiento, procesamiento, ancho de banda, y cuentas de usuario activas). Los recursos usados pueden ser monitoreados, controlados y reportados, proporcionando transparencia tanto al proveedor como al cliente del servicio utilizado.

2.4. Modelos de Despliegue de la Nube Computacional

La forma en como la Nube despliega y opera su infraestructura es por medio de los siguientes cuatro modelos [16]:

Nubes Privadas

La infraestructura de la Nube es ofrecida para uso exclusivo de una única organización que comprende múltiples clientes (por ejemplo: Unidades de Negocio). Puede ser de la organización, administrada y operada por la organización, algún tercero o alguna combinación de éstos, y ésta puede existir dentro o fuera de las instalaciones.

Nubes Públicas

Marco Teórico y Conceptual

La infraestructura de la Nube es ofrecida para el uso abierto al público en general. Esta puede ser de propiedad, administrada y operada por una empresa, instituciones académicas, organizaciones de gobierno o alguna combinación de ellas. Esta se encuentra en las instalaciones del proveedor de la Nube.

Nubes Comunitarias

La infraestructura de la Nube es ofrecida para uso exclusivo de una comunidad específica de clientes o de organizaciones que comparten ciertas preocupaciones (por ejemplo: necesidades de seguridad, políticas o consideraciones de cumplimiento). Puede ser de propiedad, administrada y operada por una o más organizaciones, algún tercero, o alguna combinación de éstos, y ésta puede existir dentro o fuera de las instalaciones.

Nubes Híbridas

La infraestructura de la Nube es una composición de dos o más infraestructuras de Nubes distintas (privadas, comunitarias o públicas) que pertenecen a entidades únicas, pero están unidas por tecnología estandarizada o propietaria que permite que los datos y aplicaciones sean portables.

2.5. Servicialización

Este es un concepto muy útil en la Nube y se puede ver de dos maneras [1]:

- Como la manera de definir interfaces para compartir recursos.
- Como la manera de ofrecer servicios de redes sociales, análisis de Big Data y servicios de Internet Móvil.

2.6. Pilares de la Nube Computacional

Los tres pilares que dan soporte y existencia a la Nube son:

- **Centros de Datos.** Es un sistema utilizado para alojar sistemas de computadoras y componentes asociados tales como sistemas de telecomunicaciones y almacenamiento. Generalmente, incluyen fuentes redundantes de alimentación y copias de seguridad, conexiones, comunicaciones de datos redundantes, controles medioambientales y dispositivos de seguridad [16].
- **Virtualización.** Es una de las tendencias clave dentro de los Centros de Datos privados o públicos y está considerada como una de las tecnologías que está contribuyendo a cambiar los entornos de TI.

El término virtualización se refiere a la abstracción de los recursos de computación (CPU, medios de almacenamiento, red, memoria, sistema operativo, colección de aplicaciones, y bases de datos) de las aplicaciones y usuarios finales que consumen el servicio. En la práctica, la virtualización oculta las características físicas de los recursos informáticos de sus usuarios [16].

- **Internet.** Es la red informática mundial, descentralizada, formada por la conexión directa entre computadoras mediante un protocolo especial de comunicación [17].

2.7. Características del Modelo de Software como Servicio

Marco Teórico y Conceptual

Con el objetivo de entender mejor este modelo de la Nube y situarnos sobre las funcionalidades que éste presenta, las cuales son de gran interés en este proyecto de tesis, a continuación se describen sus características, según [18].

- **Reusabilidad**

En términos de la Ingeniería de Software la reusabilidad es la disponibilidad de elementos de software para servir en la construcción de muchas aplicaciones diferentes. En la Nube Computacional, volver a utilizar distintos tipos de servicio basados en internet es fundamental. En el caso del modelo de SaaS, el software es un elemento importante de reuso para la entrega rápida de productos a consumidores de servicios vía internet.

- **Administrador de Datos por el Proveedor**

En el modelo de SaaS, los servicios son desplegados por el proveedor de servicios a los consumidores en un esquema de uso de servicio sobre demanda. El proveedor de servicios es el responsable de la instalación de los servicios y de la administración de los datos de sus servicios. Por tanto, los datos producidos por los consumidores de servicios son almacenados en centros de datos del proveedor de servicios y administrados por él mismo.

- **Personalización de Servicios**

Es la capacidad de los servicios para ser modificados por consumidores de servicios en base a los requerimientos individuales. Esta característica permite a los proveedores de servicios conocer las diferentes necesidades de cada usuario.

- **Disponibilidad**

Los servicios en la Nube deben estar disponibles en cualquier momento para que el consumidor de servicios pueda acceder a ellos desde un navegador web vía internet. Debido a esta característica, los vendedores de SaaS enfocan su atención en lograr tener mayor disponibilidad de servicios.

- **Escalabilidad**

El proveedor de servicios es el responsable de escalar los recursos acorde a las solicitudes de los consumidores sin notificárselos.

- **Pago por Uso**

Los gastos del SaaS son estimados, no por la compra de servicios en propiedad sino, por el uso del servicio. Es decir, el costo del servicio por el número de invocaciones realizadas o por la duración en que un servicio es utilizado.

2.8. Atributos de Calidad en el Modelo SaaS

Los atributos de calidad que se establecen para el modelo SaaS y que deben ser cumplidos son: la eficiencia que pueda presentar el servicio y la confiabilidad que éste pueda ofrecer a sus consumidores. Por tanto, estos atributos se extienden, con la finalidad de cubrir las características del SaaS en la Nube, hacia la definición de atributos tales como: reusabilidad, eficiencia, confiabilidad, escalabilidad, disponibilidad.

A continuación, se muestran en la Tabla 1 los atributos de calidad presentes en cada una de las características principales del modelo SaaS [18]:

Tabla 1. Atributos de Calidad en el modelo SaaS

Característica del Modelo SaaS	Atributo
--------------------------------	----------

Marco Teórico y Conceptual

Reusabilidad	Reusabilidad
Personalización de Servicios	Reusabilidad
Pago por Uso	Eficiencia
Administración de Datos por el Proveedor	Eficiencia Confiabilidad Escalabilidad
Escalabilidad	Escalabilidad
Disponibilidad	Confiabilidad Disponibilidad

Los atributos de calidad presentados se describen de la siguiente forma [18]:

Reusabilidad. Este atributo mide si las funcionalidades provistas por un servicio son comunes a los requerimientos definidos por los consumidores de servicios.

Disponibilidad. Este atributo mide la proporción del tiempo total que un servicio de SaaS es capaz de ser operable. Típicamente los objetivos de la disponibilidad son especificados en fracción decimal o porcentaje. La disponibilidad debe ser un requisito previo para la ejecución exitosa del SaaS.

Escalabilidad. Este atributo mide la capacidad ya sea de manejar la creciente cantidad de recursos, usados para el SaaS, o la capacidad para ser fácilmente ampliada.

Confiabilidad. Este atributo mide la capacidad en el Software como Servicio de mantenerse operando en cierto tiempo con un determinado nivel de desempeño. Varios aspectos de confiabilidad son importantes dentro de la Computación en la Nube, principalmente la confiabilidad de los mensajes que son intercambiados entre los consumidores y los servicios así como la confiabilidad de los servicios mismos.

Eficiencia. Este atributo mide la cantidad de recursos usados por el Software como Servicio al proporcionar la funcionalidad requerida y el nivel de desempeño en condiciones dadas. Es decir, mide la manera en cómo el SaaS utiliza los recursos de manera adecuada.

2.9. Métricas para Cada Atributo de Calidad en Software como Servicio

Reusabilidad

a) Elemento común funcional

Esta métrica mide el promedio de elementos comunes de cada característica funcional definida en un objetivo de SaaS. Su fórmula está dada por [18]:

$$FC = \left(\sum_{i=1}^n \frac{\text{number of requirements applying } i\text{th functional feature}}{\text{total number of requirements analyzed in the domain}} \right) / n$$

Donde n es el número total de características funcionales. El número de características funcionales está definido en la especificación de requerimientos del software.

b) Elemento comun no funcional

Marco Teórico y Conceptual

Esta métrica mide el promedio de elementos comunes de cada característica no funcional común. Esta métrica es muy similar a la fórmula NF [18]:

$$NFC = \left(\sum_{i=1}^n \frac{\text{number of requirements applying } i\text{th non-functional feature}}{\text{total number of requirements analyzed in the domain}} \right) / m$$

Donde m es el número total de características no funcionales en el dominio.

c) Cobertura de variabilidad

Esta métrica mide cuantos de los puntos de variación incluidos en el dominio se se llevan a cabo realmente en el Software como Servicio, la fórmula está dada por [18]:

$$CV = \frac{(\text{number of variation points realized in the SaaS})}{(\text{number of variation point in the domain})}$$

Eficiencia

a) Utilización de recursos

Esta métrica mide la proporción de la cantidad de recursos asignados a los recursos predefinidos. Los recursos incluyen anchos de banda de red y otros recursos de computación tales como capacidad de almacenamiento, CPU. La fórmula está dada por [18]:

$$RU = \frac{(\text{amount of allocated resources})}{\text{amount of pre - defined resources}}$$

b) Comportamiento en el tiempo

El tiempo de espera se produce en alguna parte del proceso del servicio, tales como el tiempo de llamada de transmisión de datos y el tiempo de preparación para ejecutar una función de un componente de servicio. Esta métrica mide una proporción del tiempo de ejecución por un total de tiempo de invocación. Ésta puede ser calculada como [18]:

$$TB = \frac{(\text{execution time})}{(\text{total service invocation time})}$$

Confiabilidad

La confiabilidad se obtiene a partir de métricas como la estabilidad del servicio y la precisión del servicio según [18].

a) Estabilidad del servicio

Esta métrica mide el grado en el que un servicio opera con la ausencia de fallas o fracasos. Las fallas (*Fault*) indican un comportamiento anormal en el sistema causando una reducción en las capacidades del sistema. Los fracasos (*Failures*) es la incapacidad del sistema para desarrollar la funcionalidad requerida especificada en la calidad del servicio (QoS).

o Cobertura de tolerancia a fallos

Esta métrica mide el radio de ocurrencia de un fallo sin un fracaso. Esta puede ser calculada como sigue:

Marco Teórico y Conceptual

$$CFT = \frac{\text{(number of faults without becoming failures)}}{\text{(total number of faults occurred)}}$$

o Cobertura de recuperación a fallos

Métrica que mide la proporción de remediar un fracaso en un periodo de tiempo específico. Esta puede ser calculada como sigue:

$$CFR = \frac{\text{(number of failures remedied)}}{\text{(total number of failures)}}$$

b) Precisión del servicio

Esta métrica mide el grado de respuesta correcta para una solicitud de un cliente. La respuesta correcta significa que el servicio ofrece lo que quiere un consumidor de servicios dentro de un periodo de tiempo específico. El periodo de tiempo se define en el acuerdo de nivel de servicio (SLA). Esta métrica puede ser calculada como:

$$SA = \frac{\text{(number of correct responses)}}{\text{(total number of requests)}}$$

Escalabilidad

a) Cobertura de escalabilidad

Esta métrica mide la cantidad promedio de recursos asignados entre la cantidad de recursos solicitados. La fórmula está dada por [18]:

$$cos = \left(\sum_{i=1}^k \frac{\text{amount of allocated resources of ist request}}{\text{total amount of request resources of ist request}} \right) / k$$

Donde k es el número total de solicitudes para extender los recursos utilizados.

Disponibilidad

a) Robustez de servicios

Esta métrica mide la relación entre el tiempo total de operación y el tiempo en que el SaaS está disponible para ser invocado. La fórmula está dada por [18]:

$$ROS = \frac{\text{(available time for invoking SaaS)}}{\text{total time for operating SaaS}}$$

2.10. Comportamiento del Software como Servicio

En el modelo de SaaS una empresa oferta aplicaciones a usuarios en un esquema de servicios bajo demanda. Por ejemplo *Amazon Web Services* que proporciona a sus clientes toda una gama de servicios de software, incluso infraestructura con o sin un costo asociado por su uso.

Para comprender el comportamiento de los servicios ante una petición por el usuario, se explica a continuación el escenario necesario para que un servicio atienda a usuarios en la Nube [19]:

Marco Teórico y Conceptual

El SaaS desplegado a los clientes en la Nube, es fabricado, en un contexto denominado composición de servicios en el modelo PaaS, a partir de la integración de un conjunto de servicios más pequeños denominados “servicios atómicos”, o “microservicios”, e incluso de otros servicios compuestos (SaaS), formados a su vez de otro conjunto de servicios atómicos o microservicios, que fueron previamente coreografiados y orquestados por el proveedor de servicios, con infraestructura computacional previamente asignada para la ejecución de cada servicio, dando como resultado la composición final de un proceso de negocios automatizado por el flujo de trabajo (Workflow) de una aplicación (SaaS) para el cliente del servicio.

Cada servicio de software puede actuar como un proveedor de servicios o como un solicitante de servicios. Un proveedor de SaaS expone las funcionalidades de sus servicios a otras aplicaciones a través de intermediarios públicos. Todo esto para que el solicitante de servicios pueda incorporar tanto datos como funcionalidades desde otros servicios. Ambos pueden aprovechar la economía por la escalabilidad en el despliegue y gestión de servicios SaaS.

Esto propicia el desencadenamiento de una serie de peticiones para lograr la ejecución efectiva de una aplicación, vista como un servicio, por un usuario que requiera realizar una tarea específica. Los servicios participantes pueden ser de diferentes empresas con diferentes estructuras (por ejemplo: diferentes formatos para exportar o importar datos, API's estándar de la industria del proveedor o API's privadas de otro proveedor) que definan un esquema heterogéneo de servicios y que puedan propiciar comportamientos anormales en el desempeño de un servicio. Cuando esto sucede se producen fallos en el sistema o fallos técnicos que llevan a la pérdida de datos y problemas de usabilidad. Esta es una de las causas principales que han propiciado la poca adopción del modelo de la Nube por parte de usuarios.

2.11. Diferencias entre SaaS, SOA y Servicios Web

Debido a la necesidad que surge por la mayoría de los lectores y por profesionales de tecnologías de la información, así como por el mal uso que muchas veces se le da a estos términos, a continuación se presenta una definición formal de cada uno de ellos y se culminará con la diferencia que existe entre ellos por su naturaleza y manera de operar basándonos en [20].

Software como Servicio (SaaS)

Algunas veces conocido como Software de Suscripción, es un modelo de despliegue que separa el software propietario del usuario; el propietario es un vendedor que aloja el software y permite al usuario ejecutarlo sobre demanda a través de alguna forma de arquitectura del lado del cliente vía internet o intranet. Este nuevo modelo entrega de Software como Servicio, el cual está compuesto de un flujo de trabajo, que representa a un proceso de negocios, formado de un conjunto de servicios atómicos o microservicios, que da de utilidad a su consumidor y los cargos se efectúan en base a un esquema de pago por uso, similar a la manera en como una compañía de servicio eléctrico efectúa cargos por el uso de electricidad.

Arquitectura Orientada a Servicios (SOA)

Es un modelo de construcción de software. SOA promete cambiar fundamentalmente la manera en que construimos el interior de los sistemas, así como la manera interna y

Marco Teórico y Conceptual

externa en que interactúan los sistemas. Los componentes constituyentes del sistema de software son servicios reusables. Una colección de servicios interactúa uno con otro a través de interfaces estándares y protocolos de comunicación.

SOA permite seleccionar partes de software personalizados que puedan alinearse estrechamente con su correspondiente funcionalidad de negocio.

SOA es también un framework consistente para conectar, tanto estática como dinámicamente, software de manera apropiada.

Servicio Web

Son aplicaciones web programables con descripciones de interfaz estándar que proporcionan accesibilidad universal a través de protocolos de comunicación estándar. Los Servicios Web proporcionan un conjunto holístico de lenguajes y protocolos basados en XML ad hoc al estándar de la industria para soportar descripciones de los Servicios Web (usando el Lenguaje de Descripción de Servicios Web [WSDL]), publicación y descubrimiento de los Servicios Web (usando UDDI), transportación de los Servicios Web (usando SOAP).

Diferencias

De manera general podemos culminar en un sentido de ambiente de la Nube con la siguiente diferencia: Software como Servicio es un modelo que permite desplegar servicios de negocios al usuario (SaaS). Tales servicios son construidos y desplegados por medio de diferentes arquitecturas, incluyendo a la Arquitectura Orientada a Servicios SOA. Para poder representar el SaaS ofertado en el modelo de Software como Servicio se utiliza, en algunos contextos, la tecnología de los Servicios Web, dotando con ello de metas, objetivos y capacidades a cada Servicio Web, de acuerdo a los requerimientos necesarios de los servicios y definiendo para cada uno de ellos el grado de granulación necesario para que el modelo Software como Servicio los pueda reutilizar para la generación de nuevos servicios de negocios que se puedan desplegar en la Nube. El modelo de SaaS no depende exclusivamente ni de SOA ni de los Servicios Web pero hasta el momento es la tecnología más común para representar los servicios atómicos que integran al SaaS.

2.12. Anomalías en Servicios

Las anomalías que comúnmente se presentan en servicios pueden estar dadas por [21]:

- La combinación de servicios, generado por la necesidad de construcción de nuevos servicios de negocios, que se acoplen a las necesidades de los clientes.
- La combinación de servicios heterogéneos por un desencadenamiento de petición de servicios causados por esquemas de servicios vistos como proveedores de servicios SaaS o solicitantes de servicios SaaS.
- Por factores externos que puedan influenciar en el desempeño normal de un servicio, por ejemplo: algún error humano durante el mantenimiento, problemas en la infraestructura (servidores, memoria, cpu, etc.), algún servicio que propicie su mal funcionamiento o, por algún software malicioso en el sitio.

2.13. Flujo de Trabajo (WorkFlow) en Software como Servicio

Definición

Un flujo de trabajo, según [9], puede verse como un conjunto de pasos computacionales que requieren, para su ejecución, paquetes de terceros, los cuales pueden ser representados como componentes o funciones de software. Estos flujos de trabajo en la Nube para ser administrados de una forma efectiva se colocan para su ejecución sobre instancias de máquinas virtuales (VMIs por sus siglas en inglés) que son instanciadas por propietarios de máquinas virtuales.

Flujos de Trabajo como Servicios (WFaaS por sus siglas en inglés)

Son procesos de negocios representados en servicios y desplegados para ser ejecutados en la Nube por consumidores de servicios. Estos procesos son también conocidos como Cloud Workflow [22].

2.14. Orquestación de Servicios en Nube Computacional

Una de las claves para explotar y mejorar el rendimiento de la Computación en la Nube es la Orquestación de Servicios, ya que ésta permite la preparación y adaptación efectiva de los servicios tales como: software, procesamiento, espacio de almacenamiento e infraestructura de red en otros utilizados por los clientes de la Nube. Por tal motivo la orquestación puede realizarse en los diferentes modelos de la Computación en la Nube dependiendo de cuales sean los servicios que se requieren considerar y coordinar.

De manera general la orquestación de servicios se puede establecer en dos niveles como se describe en [23]: la Orquestación de Software como Servicio (SaaS) y la Orquestación de Infraestructura como Servicio (IaaS).

Orquestación de Software como Servicio (SaaS)

Consiste en establecer la lógica de negocios y el orden de ejecución de las tareas y puede abarcar la organización de las aplicaciones para definir un modelo transaccional del proceso de múltiples pasos a largo plazo. Ya que los servicios son asociados con los recursos físicos donde estos se ejecutan, la orquestación de SaaS incluye la organización, coordinación y administración del despliegue y configuración automatizado de uno o más componentes interrelacionados necesarios para el aprovisionamiento de servicios en un momento dado. Por lo que es importante analizar una serie de técnicas de gestión de servicios y recuperación de fallas.

Orquestación dinámica de servicios

Consiste en establecer, en tiempo de ejecución, la lógica de composición de los servicios atómicos la cual es representada en un flujo de trabajo que atiende a un proceso de negocios necesario para cumplir con la meta de valor del consumidor que utiliza el servicios [24].

Orquestación de Infraestructura como Servicio (IaaS)

Este tipo de orquestación involucra la creación y manipulación de recursos físicos de la Nube (ej. procesamiento, almacenamiento y red) y consiste en coordinar efectivamente el despliegue de un conjunto de servicios de infraestructura virtualizados con el fin de cumplir los objetivos operacionales y de calidad de los usuarios finales y proveedores de Nube.

Desafíos importantes de SaaS

Marco Teórico y Conceptual

Uno de los desafíos actuales en SaaS según [12] es la asignación dinámica de recursos, garantizando los Acuerdos de Nivel de Servicios (SLA) en los recursos de la Nube para tomar decisiones rentables en la colocación de la carga de trabajo y la coordinación dinámica de recursos que permita optimizar el uso de los recursos de los servicios y al mismo tiempo reducir el tiempo de respuesta global de cada servicio y recurso.

Relación entre orquestación y coreografía

El término orquestación de servicios está muy ligado con el concepto de coreografía de servicios por la relación estrecha que ambos guardan en la composición de servicios específicamente en la colaboración compleja entre servicios. Esta relación se ha presentado desde la Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) hasta el Software como Servicio. Sin embargo, hay una estrecha diferencia entre ambos. La coreografía de servicios, tal como lo describe [23] es una descripción global de la participación de servicios, la cual es definida por el intercambio de mensajes, reglas de interacción y acuerdos entre dos o más servicios. Por otro lado y como se describirá a detalle en la sección continua, la orquestación de servicios como lo define [23] representa un único proceso ejecutable centralizado. Este proceso ejecutable es el responsable para invocar y combinar los servicios.

2.15. Medición

Antes de adentrarnos en las métricas de software, algunos de los aspectos a considerar en la medición, son por un lado, que los elementos de medición pueden ser aplicados en diferentes ámbitos y en diferentes formas, y por otro lado un aspecto importante a considerar, antes de definir tales elementos, es identificar primero qué es lo que se requiere medir. Muchos de los problemas que acompañan a las mediciones son el mal entendimiento del concepto como tal y el desconocimiento o la confusión de lo que se requiere medir en cuestión [25].

A continuación se presentan dos definiciones importantes como son [25]: la medición y la teoría de la medición, que constituirán la base en la forma en cómo se van a estudiar las pruebas de medición establecidas en la ingeniería de software aplicada en la Nube y la manera en cómo se definirán las nuevas métricas aplicadas en la resolución de nuestra investigación.

Medición

Es la asignación de números a los individuos en una forma sistemática como un medio de representar las propiedades de éstos. Los números son asignados a los individuos de acuerdo con un cuidadoso procedimiento prescrito y repetitivo.

Teoría de la Medición

Es una rama de la estadística aplicada, que trata de describir, clasificar y evaluar la calidad de las mediciones, mejorar la utilidad, exactitud y el significado de las mediciones, y propone métodos para desarrollar nuevos y mejores instrumentos de medición.

2.16. Métricas de Software

A continuación se describen aspectos importantes de la métricas de software dentro de la disciplina de Ingeniería de Software con la finalidad de comprender la importancia y la aplicabilidad de las métricas en al aspectos de calidad del software.

Definición

Una métrica de software es un modelo de medición que comprende un conjunto consistente de reglas que proporcionan una indicación cuantitativa de la calidad de algún tipo de representación del software [26].

A diferencia de otras disciplinas, la ingeniería de software no está basada en leyes cuantitativas básicas (medidas absolutas tales como: voltaje, masa, velocidad o temperatura), en su lugar se intenta obtener un conjunto de medidas indirectas que proporcionen una manera sistemática de valorar la calidad. Las métricas proporcionan al ingeniero de software una visión interna en el acto, en vez de a posteriori, permitiéndole descubrir y corregir problemas potenciales antes de que se conviertan en defectos catastróficos [26].

Características Fundamentales de las Métricas de Software

Existe un conjunto de atributos que deberían acompañar a las métricas efectivas del software. Por tanto la métrica obtenida y las medidas que conducen a ello deberían ser [26]:

- **Simple y fáciles de calcular.** Debería ser relativamente fácil aprender a obtener la métrica y su cálculo no debería demandar un esfuerzo o cantidad de tiempo inusuales.
- **Empírica e intuitivamente persuasiva.** La métrica debería satisfacer las nociones intuitivas del ingeniero sobre el atributo del producto en cuestión (ejemplo, una métrica que mide la cohesión de un módulo debería aumentar su valor a medida que crece el nivel de cohesión).
- **Consistente y objetivas.** La métrica siempre debería producir resultados sin ambigüedad. Un tercer equipo debería ser capaz de obtener el mismo valor de métrica usando la misma información del software.
- **Consistentes en el empleo de unidades y tamaños.** El cálculo matemático de la métrica debería emplear medidas que no conduzcan a extrañas combinaciones de unidades. Por ejemplo, multiplicando el número de personas de un equipo por las variables del lenguaje de programación en el programa resulta una sospechosa mezcla de unidades que no son intuitivamente persuasivas.
- **Independientes del lenguaje de programación.** Las métricas deberían basarse en el modelo de análisis, modelos de diseño o en la propia estructura del programa. No deberían depender de los caprichos de la sintaxis o semántica del lenguaje de programación.
- **Un eficaz mecanismo para la realimentación de calidad.** La métrica debería proporcionar, al desarrollador de software, información que le lleve a un producto final de mayor calidad.

2.17. Sistemas de Recomendación

Definición

Son herramientas y técnicas de software que proporcionan sugerencias para que ciertos artículos sean de utilidad para el usuario. Las sugerencias relacionan a varios procesos de toma de decisiones tales como: qué artículos comprar, qué música escuchar, o qué noticia en línea leer [27].

Marco Teórico y Conceptual

Los artículos son, en general, términos usados para denotar qué recomienda el sistema a los usuarios.

Los Sistemas de Recomendación o RS por sus siglas en inglés, normalmente se enfocan en un tipo de artículo en específico, como por ejemplo: CD o noticia, y por consecuencia, su diseño, su interfaz gráfica de usuario y su técnica central de recomendación son todos personalizados al tipo específico de artículo para proporcionar útiles y eficaces recomendaciones al usuario [27].

Razones por las que un proveedor de servicio utilizaría un RS

- Incrementar la cantidad de artículos vendidos.
- Vender más artículos diversos.
- Incrementar la satisfacción del usuario.
- Incrementar la fidelidad del usuario.
- Mejorar el entendimiento de lo que quiere el usuario.

Técnicas de Recomendación

El RS debería poder predecir qué artículo vale la pena recomendar al usuario. Para lograrlo el RS debe ser capaz de predecir la utilidad de algunos de los artículos, o al menos comparar la utilidad de alguno de ellos. Posteriormente, basado en esta comparación, decidir qué artículos recomendar. Para lograr el tipo de recomendación el RS tendría que ajustarse a la recomendación en base al dominio abordado, al conocimiento usado pero sobre todo a lo referente al algoritmo de recomendación empleado.

Existen seis clases de enfoques diferentes de recomendación que se pueden aplicar a los algoritmos de recomendación, los cuales son [27]:

- **Basado en el contenido.** El sistema aprende a recomendar artículos que son similares a los que el usuario ha elegido en el pasado. La similitud de los artículos es calculada en base a las características asociadas con los artículos comparados.
- **Filtrado Colaborativo.** El sistema recomienda a los usuarios activos los elementos que otros usuarios con gustos similares han elegido en el pasado. La similitud en el gusto de dos usuarios es calculado en base a la similitud en la clasificación histórica de los usuarios.
- **Demográfico.** Este tipo de sistema recomienda artículos en base en el perfil demográfico de los usuarios. El supuesto es que las diferentes recomendaciones deberían ser generadas por diferentes nichos demográficos. Muchos sitios Web adoptan soluciones simples y eficaces de personalización basados en la demografía. Por ejemplo, los usuarios son enviados a un sitio web específico de acuerdo a su lenguaje o país.
- **Basado en conocimiento.** Los sistemas basados en conocimiento recomiendan artículos basados en dominios específicos de conocimiento acerca de cómo ciertas características de artículos satisfacen a las necesidades y preferencias de los usuarios y, en última instancia, cómo el artículo es útil para el usuario.
- **Basados en Comunidad.** Este tipo de sistema recomienda artículos en función de las preferencias de los amigos de los usuarios. Esta técnica sigue el epigrama “Dime quiénes son tus amigos y te diré quién eres”. La evidencia sugiere que las personas tienden a confiar más en las recomendaciones de sus amigos que en las

Marco Teórico y Conceptual

recomendaciones de personas similares pero anónimas. Esta observación combinada con el crecimiento de la popularidad de las redes sociales abiertas está generando un creciente interés en los sistemas basados en comunidades o mejor conocidos como sistemas de recomendaciones sociales.

- **Sistemas de Recomendación Híbridos.** Estos RS se basan en la combinación de las técnicas: Basados en el Contenido, Filtrado Colaborativo, Demográfico, Basado en Conocimiento, Basado en Comunidad. Un sistema híbrido combina técnicas de *A* y *B* intentando usar las ventajas de *A* para solucionar las desventajas de *B*. Por ejemplo, el método de Filtrado Colaborativo se presenta el problema de nuevos artículos, ya que ellos nos pueden recomendar artículos que no han clasificado. Esto no limita al enfoque Basado en Contenido ya que la predicción para nuevos artículos es basado en sus descripciones (características) que son fácilmente disponibles. Existen diversas combinaciones de dos o más técnicas mezcladas de cada método creando diversos sistemas híbridos.

2.18. Balanceo de Cargas

Balanceo de Cargas en una Red

Es el procedimiento principal de red responsable de distribuir el tráfico entrante entre los servidores que alojan el mismo contenido de aplicaciones. Al balancear las solicitudes de aplicaciones a través de múltiples servidores, un balanceo de cargas evita que cualquier servidor de aplicaciones se convierta en un punto de falla, por lo que esto mejora tanto la disponibilidad de la aplicación como la capacidad de respuesta. Por ejemplo cuando un servidor de aplicaciones no está disponible, el balanceo de cargas simplemente dirige todas las nuevas solicitudes de aplicaciones a otros servidores disponibles en el grupo.

El balanceo de cargas también mejora la utilización del servidor y maximiza su disponibilidad. El balanceo de cargas es el método más fácil para escalar la infraestructura de un servidor de aplicaciones. Debido a que la demanda de aplicaciones incrementa, nuevos servidores pueden ser fácilmente agregados al grupo de recursos y el balanceo de cargas iniciará inmediatamente el envío de tráfico al nuevo servidor [28].

Balanceo de Cargas en la Nube

Debido a que la Nube Computacional está creciendo rápidamente y los clientes están demandando más servicios y mejores resultados, el balanceo de cargas en la Nube Computacional se está convirtiendo en un área interesante e importante de investigación [29].

El Balanceo de Cargas, de la Nube Computacional, asegura que todos los dispositivos o procesos desarrollan la misma cantidad de trabajo en iguales cantidades de tiempo [30].

Definición

El Balanceo de Cargas, de la Nube Computacional, es compartir la carga de máquinas virtuales a través de todos los nodos (dispositivos del usuario final) para mejorar los recursos, utilización de servicios y proporcionar alta satisfacción al usuario [30].

Existen diferentes tipos de algoritmos para proporcionar mecanismos eficientes en la asignación de las solicitudes de los clientes a los nodos disponibles de la Nube, con el

Marco Teórico y Conceptual

objetivo de mejorar el desempeño total de la Nube y proporcionar a los usuarios mayor satisfacción y eficiencia en los servicios [29].

Los algoritmos de balanceo de cargas se clasifican, según [29], en:

- **Algoritmos estáticos.** Son lo más apropiados para ambientes estables y homogéneos y pueden producir muy buenos resultados sobre estos ambientes. Sin embargo, usualmente estos no son flexibles y no se pueden adaptar a los cambios dinámicos de los atributos durante el tiempo de ejecución.
- **Algoritmos dinámicos.** Son más flexibles y toman en consideración diferentes tipos de atributos en los sistemas tanto con anticipación como en tiempo de ejecución, por lo que este tipo de algoritmos pueden proporcionar mejores resultados en ambientes dinámicos y heterogéneos.

En la Nube Computacional la principal preocupación involucra asignar eficientemente las tareas a los nodos de la Nube tal que el esfuerzo y procesamiento de la solicitud se realice tan eficientemente como sea posible además de ser capaz de tolerar varias afectaciones de restricciones tales como la heterogeneidad y los altos retrasos de comunicación. Por lo que se presentan diferentes desafíos que deben ser considerados en los algoritmos de balanceo de cargas para la Nube computacional como son [29]:

- Complejidad controlada en los algoritmos que permita la implementación adecuada del algoritmo y su desempeño apropiado.
- Que los algoritmos puedan trabajar especialmente para nodos distribuidos en la Nube Computacional.
- La consideración de factores externos que impacten en el desempeño del balanceo, tales como: la velocidad de los enlaces de red entre los nodos, la distancia entre el cliente y el nodo que procesa su tarea, la distancia entre los nodos involucrados que proporcionan los servicios.
- Tolerar efectivamente los altos retardos en los servicios.

Capítulo 3: Trabajos Relacionados

A continuación se presenta una evaluación de trabajos relacionados con soluciones encaminadas a asegurar que los servicios ofertados en el modelo SaaS, de la Computación en la Nube, logren satisfacer con éxito los resultados esperados por el consumidor de servicios. La elección de trabajos relacionados se definió a partir de cuatro áreas de importancia para desempeño correcto de un Software como Servicio, las cuales son: Calidad del Servicio, Infraestructura de Servicios, Monitoreo de Servicios y Orquestación de Servicios.

Los trabajos relacionados son presentados a continuación y abordados con detalle en el Anexo A.

a) Calidad del Servicio. En el cual, se abordan soluciones encaminadas hacia la implementación efectiva del software como servicio al contemplar atributos de calidad y seguridad que aseguren el funcionamiento correcto de los servicios al momento de ser ofertados en la Nube. Los trabajos revisados son presentados en la Tabla 2:

Tabla 2. Trabajos relacionados en calidad de servicios

Referencia	Nombre del Artículo
[20]	"What's in a Name? Distinguishing between SaaS and SOA"
[31]	"Identification and Analysis of Business and Software Services a Consolidated Approach".
[32]	"Quality Model for Evaluating SaaS Service"
[18]	"A Quality Model for Evaluating Software-as-a-Service in cloud Computing"
[33]	"A Survey on Software as a Service (SaaS) Using Quality Model in Cloud Computing"
[34]	"The Impact of Service Cohesion on the Analyzability of Service-Oriented Software"
[35]	"Business-oriented Enterprise Cloud Services framework"
[36]	"CloudUDDI: An extended UDDI model for cloud services"

Los trabajos presentados en este apartado guardan una relación directa con nuestra propuesta de solución al garantizar que el software como servicio, desplegado en el modelo SaaS, tenga las características deseables para cumplir en tiempo y forma con las tareas del consumidor. Sin embargo, la diferencia notable de las soluciones con nuestra propuesta de solución, es que éstas no realizan un monitoreo, orquestación y recuperación de fallas, en caso de ser necesario, al momento de que el software como servicio es utilizado por el consumidor de servicios para garantizar, en tiempo de ejecución, que éste cumpla en tiempo y forma con las tareas del consumidor tal como lo contempla nuestra solución.

La Tabla 3 muestra una comparativa de los trabajos, aquí presentados, en relación al impacto que tienen las soluciones para garantizar el correcto funcionamiento del SaaS al ser desplegado en el modelo SaaS.

Tabla 3. Comparación de trabajos relacionados en calidad de servicios

Referencias	QoS	Búsqueda y selección de QoS	Requerimientos funcionales	Requerimientos no funcionales	Búsqueda y selección de requerimientos	Automático	En tiempo de ejecución	Cloud
[20]	✓							✓
[31]			✓					
[32]	✓							✓
[18]	✓							✓
[33]	✓							✓
[34]	✓							
[35]			✓	✓				✓
[36]	✓	✓	✓		✓			✓
MOD		✓	✓	✓		✓	✓	✓

b) Monitoreo de Infraestructura. En esta sección se presentan soluciones encaminadas a la identificación y asignación de infraestructura necesaria del software como servicio para asegurar su correcto funcionamiento frente al consumidor del servicio. Los trabajos revisados son presentados en la Tabla 4:

Tabla 4. Trabajos relacionados en monitoreo de infraestructura

Referencia	Nombre del Artículo
------------	---------------------

[37]	“Agent Based Resource Monitoring System in IaaS Cloud Environment”
[38]	“GMonE: A Complete Approach to Cloud Monitoring”
[39]	“A service oriented broker-based approach for dynamic resource discovery in virtual networks”

Los trabajos aquí presentados difieren de nuestra propuesta en el sentido en que sus soluciones van encaminadas a preparar la infraestructura necesaria para que los servicios puedan ser utilizados por los consumidores de servicios. Algunas de ellas, preparan la infraestructura dinámicamente, es decir en tiempo de ejecución, al momento de desplegar el software como servicios que será utilizado por el consumidor de servicios. Nuestra propuesta en cambio, monitorea y selecciona servicios, al momento de ser utilizado el servicio, con la infraestructura necesaria que le permita contar con el grado de disponibilidad y confiabilidad necesaria para poder cumplir en tiempo y forma con las actividades de los consumidores de servicios.

La Tabla 5, muestra la relación que guardan las soluciones presentadas en los trabajos seleccionados que más se apegan a nuestra propuesta de solución.

Tabla 5. Comparación de trabajos relacionados en monitoreo de infraestructura

Referencias	Monitoreo de Infraestructura	Monitoreo Recursos Virtuales	Monitoreo Máquinas Virtuales	Monitoreo Infraestructura para SaaS	Automático	En tiempo de ejecución	Cloud
[37]	✓		✓		✓		✓
[38]	✓			✓	✓		✓
[39]		✓	✓		✓	✓	✓
MOD	✓		✓	✓	✓	✓	✓

c) Monitoreo de Servicios. En esta sección, se analizan las aportaciones de solución en relación al monitoreo de factores que intervienen en el comportamiento del software como servicio, los cuales son: calidad, requerimientos funcionales, requerimientos no funcionales y externos del servicio, así como características específicas de consumidores de servicios y de negocios, encaminados a garantizar el funcionamiento correcto del servicio así como recomendar servicios para satisfacer las necesidades del consumidor. La relación de estas aportaciones con la presentada en esta tesis, se centra en el monitoreo de factores dependientes e independientes de los servicios, con la intención de identificar su comportamiento, al momento de ser utilizados por los consumidores, y aplicar las acciones necesarias para garantizar su correcto funcionamiento. Los trabajos revisados son presentados en la Tabla 6:

Tabla 6. Trabajos relacionados en monitoreo de servicios

Referencia	Nombre del Artículo
[21]	“Root Cause Detection in a Service Oriented Architecture”
[40]	“Cloud Chamber: A Self-Organizing Facility to Create, Exercise, and Examine Software as a Service Tenants”
[41]	“Agent-Based Cloud Computing”
[42]	“A Semantic-Based Software-as-a-Service (SaaS) Discovery and Selection System”
[43]	“Analysis of Web-Scale Cloud Services”
[44]	“Applying Workflow as a Service Paradigm to Application Farming”
[10]	“Workflow Scheduling for SaaS / PaaS Cloud Providers Considering Two SLA Levels”
[9]	“Workflow as a Service in the Cloud: Architecture and Scheduling Algorithms”
[45]	“An Improved Web Service Recommendation and Consumption Approach”
[46]	“Fault Tolerance-Challenge, Techniques and Implementation in Cloud Computing”
[22]	“Intelligent failure prediction models for scientific workflows”

[47]	“Trust Based Recommendation System in Service-Oriented Cloud Computing”
[48]	“A Technique of Analyzing Trust Relationships to Facilitate Scientific Service Discovery and Recommendation”
[49]	“Towards Services Discovery Based on Service Goal Extraction and Recommendation”
[50]	“A Hybrid Collaborative Filtering Approach for Multi-Functional Service Recommendation”

Algunos de los trabajos aquí presentados, que se muestran remarcados en su etiqueta bajo la columna “Referencias” de la Tabla 7, guardan una relación más cercana con la solución que proponemos en esta investigación. Sin embargo, como se puede apreciar a detalle en el apartado del Apéndice A de la subsección (c), las soluciones presentadas en estos trabajos de investigación difieren de nuestra solución en el sentido en que solo van encaminadas a realizar el monitoreo, ya sea de infraestructura o de servicios de software para asegurar la entrega, en algunos casos dinámicamente, de servicios que serán utilizados por el usuario. Por otro lado, algunas otras, logran identificar las fallas en tiempo de ejecución pero no realizan las correcciones necesarias para garantizar que el servicio cumpla en tiempo y forma al momento de ser utilizado por el servicio. Una diferencia importante es que ninguna propone la orquestación de servicios para asegurar el correcto funcionamiento del servicio al momento de ser utilizado por el usuario.

Tabla 7. Comparación de trabajos relacionados en monitoreo de servicios

Referencias	Monitoreo de servicios de software	Monitoreo de infraestructura	Monitoreo de flujos de trabajo	Recomendación de servicios	Detección de fallos	Tolerancia a fallas	Factores dependientes del servicio	Composición de servicios	Orquestación	En tiempo de ejecución	Cloud
[21]	✓		✓		✓						
[40]	✓			✓				✓			✓
[41]	✓	✓		✓							✓
[42]	✓	✓		✓			✓				✓
[43]	✓										✓
[44]	✓		✓					✓			✓
[10]	✓	✓	✓			✓	✓	✓			✓
[9]		✓	✓			✓		✓			✓
[45]	✓	✓		✓			✓				✓
[46]	✓	✓				✓					✓
[22]	✓	✓	✓		✓					✓	✓
[47]	✓			✓						✓	✓
[48]	✓			✓						✓	✓
[49]	✓			✓			✓			✓	✓
[50]	✓	✓		✓							✓
MOD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

d) Orquestación de Servicios. En este apartado se presentan trabajos de investigación con aportes de solución encaminados hacia el uso de técnicas de orquestación aplicadas a servicios (servicios web, servicios atómicos o microservicios, servicios de infraestructura) tanto en ambientes SOA, Nube Computacional y Computación en la Niebla, con el objetivo de presentar una comparativa de estas aportaciones con lo propuesto en esta tesis. La orquestación es el concepto clave del que parte esta investigación para asegurar que el software como servicio cumpla en tiempo y forma al momento de ser utilizado por el consumidor de servicios. Los trabajos revisados son presentados a continuación en la Tabla 8:

Tabla 8. Trabajos relacionados en orquestación de servicios

Referencia	Nombre del Artículo
[51]	“A Monitoring Approach for Policy Enforcement in Cloud Services”
[52]	“Orchestration of Software-Defined Security Services”
[53]	“Dynamic Resource Orchestration for Multitask Application in Heterogeneous Mobile Cloud Computing”
[54]	“A service orchestration architecture for Fog-enabled infrastructures”
[55]	“Control Orchestration Protocol: Unified Transport API for Distributed Cloud and Network Orchestration”
[56]	“Optimizing Microservice-based reliable NFV management & orchestration architectures”
[11]	“Real-Time QoS Control for Service Orchestration”
[57]	“A Novel Method and Environment for Scalable Web Services Orchestration”

En la Tabla 9, se muestra la relación que guardan las soluciones presentadas en los trabajos seleccionados en este apartado. Los trabajos como se describe en el Apéndice A dentro de la subsección (d), tienen una relación directa con la propuesta de solución de esta tesis al utilizar la técnica de Orquestación de Servicios, sin embargo y como se puede apreciar en la Tabla 9, la mayoría de las soluciones están encaminadas a atender la orquestación de la infraestructura necesaria para asegurar que los servicios puedan ejecutarse de forma correcta. Existen pocos trabajos encontrados en la literatura, como los remarcados en su etiqueta bajo la columna “Referencias”, los cuales se basan en la orquestación para la composición del software como servicio, tal como se enfoca nuestra propuesta de solución. Sin embargo y como se puede apreciar en las características presentadas en cada solución, en comparación con nuestra propuesta de solución, éstas sólo se basan la orquestación de servicios para la composición de servicios que serán desplegados en el modelo SaaS, logrando con ello una automatización, tiempos de entrega más rápidos y asegurando la composición con los requerimientos funcionales y no funcionales necesarios para cumplir con los procesos de los consumidores de servicios. Lo que difiere de la propuesta de solución de esta tesis, ya que esta propuesta parte de un software como servicio ya desplegado, utilizando la orquestación de servicios para asegurar, en tiempo de ejecución, que éste cumpla en tiempo y forma con los procesos de los consumidores que lo utilizan.

Tabla 9. Comparación de trabajos relacionados en orquestación de servicios

Referencias	Monitoreo de servicios de software	Monitoreo de infraestructura	Monitoreo de flujos de trabajo	Factores dependientes del servicio	Recomendación de servicios	Composición de servicios	Detección de fallos	Tolerancia a fallas	Orquestación de infraestructura	Orquestación de software	Orquestación dinámica	Despliegue de SaaS	Uso del SaaS	Cloud
[51]	✓			✓		✓				✓	✓	✓		✓
[52]		✓							✓		✓			✓
[53]		✓							✓		✓			✓
[54]	✓	✓							✓		✓			✓
[55]		✓							✓		✓			✓
[56]		✓							✓		✓			✓
[11]	✓	✓		✓		✓				✓	✓	✓		✓
[57]	✓			✓		✓				✓	✓	✓		
MOD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓

El objetivo de nuestra propuesta es orquestar servicios atómicos o microservicios para un flujo de trabajo en el modelo PaaS relacionado con un servicio compuesto ofertado en el modelo SaaS que está siendo utilizado por un consumidor, para asegurar el funcionamiento en tiempo y forma del servicio cumpliendo satisfactoriamente con las tareas del consumidor de servicios. Para lograrlo, se realiza un análisis de los diferentes datos del flujo de trabajo del servicio, para determinar problemas que se pudieran presentar en algunos factores dependientes e independientes al servicio o comportamientos del servicio a lo largo de uso que pueda pronosticar que éste no satisfagan las expectativas de ejecución, y a partir de esto, se realiza, en caso de ser necesario, un búsqueda, descubrimiento, selección y agrupación de servicios candidatos que cumplan con los factores necesarios del servicio para finalizar con la orquestación de nuevos servicios que serán utilizados en la reconstrucción del flujo de trabajo del servicio presentado al consumidor.

Capítulo 4: Modelo de Orquestación Dinámica

En este capítulo se presenta formalmente el Modelo de Orquestación Dinámica aplicado a Servicios atómicos (MODS) que integran flujos de trabajo correspondientes a procesos de aplicaciones de negocios en la Nube Computacional.

Modelo de Orquestación Dinámica

El MODS es sensible a factores de comportamiento que presentan los servicios, ya que en su proceso dinámico contempla en tiempo de ejecución el monitoreo y recolección de la información correspondiente a los servicios atómicos del flujo de trabajo asociado con el SaaS que es ejecutado por el cliente. Los factores de comportamiento considerados por el MODS son:

- Factores dependientes de los servicios:** costo, tiempo de procesamiento, capacidad de respuesta por llamadas al servicio, reputación.
- Factores independientes de los servicios:** ancho de banda, latencia de servidores, rendimiento de servicios sobrecargados (throughput), disponibilidad de servicios, número de peticiones re-entrantes de servicios.
- Histórico de comportamiento de los servicios:** confiabilidad, tiempo de respuesta, frecuencia de uso, frecuencia de fallas, costo.

La Figura 1 muestra el proceso que sigue el MODS para orquestar dinámicamente los servicios atómicos, con el fin de asegurar el funcionamiento correcto del flujo de trabajo correspondiente al SaaS.

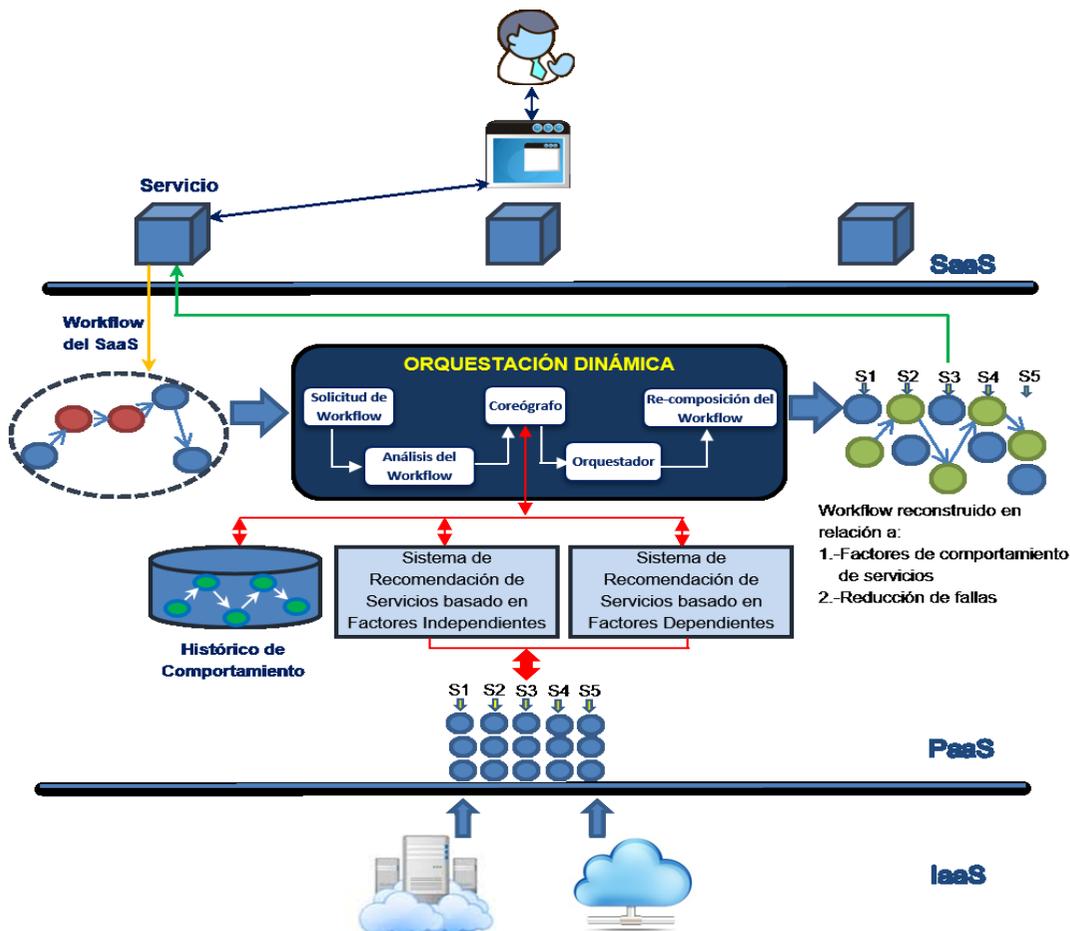


Figura 1. Modelo de orquestación dinámica de servicios atómicos (MODS)

En la parte superior de la Figura 1 se observa la interacción del consumidor de servicios con el SaaS, en el modelo de despliegue de Software como Servicio de la Nube Computacional, para realizar las actividades correspondientes a un proceso de negocios. El

SaaS como se muestra en la Figura 1 está compuesto por un conjunto de servicios atómicos, cada uno con una única responsabilidad atendiendo a necesidades específicas del proceso de negocios, los cuales participan en el flujo de trabajo que ha sido previamente orquestado por el proveedor de servicios en el modelo PaaS, con los recursos necesarios para asegurar su ejecución, y desplegado en forma de aplicación única (SaaS) para atender las necesidades del consumidor de servicios.

En el recuadro azul de la Figura 1, se muestra el núcleo del modelo, el cual se compone de los siguientes 5 módulos principales: Solicitud del Workflow, Análisis del Workflow, Coreógrafo, Orquestador, y Re-Composición del Workflow.

En el proceso de orquestación del MODS, el módulo de Solicitud de Workflow toma como entrada el actual flujo de trabajo correspondiente al SaaS ejecutado por el usuario. El módulo lo analiza para determinar si éste es sintético² o un proceso ejecutable. Una vez identificado, es enviado al módulo de Análisis del Workflow el cual se encarga de identificar los servicios atómicos que lo conforman, la profundidad de cada uno de ellos y los recursos asignados a cada servicio atómico para su ejecución.

Como primer paso, el Coreógrafo, analiza cada servicio atómico del flujo de trabajo para determinar el grado de disponibilidad con el que cuentan cada uno. Para hacerlo, hace una revisión del servicio basado en un histórico de comportamiento determinando, por un lado, la probabilidad que tiene cada servicio de contar con el grado de disponibilidad necesaria, a partir de los valores analizados de los atributos del inciso (c). Por otro lado, los servicios que requieren ser analizados a detalle para corroborar su disponibilidad real.

Como resultado de esta evaluación se genera una lista con los servicios aceptados y los servicios fallidos. Para el caso de los servicios fallidos con probabilidad establecida entre el 70% y 50%, el Coreógrafo los revisará dinámicamente, solicitando a los sistemas de recomendación la información referente a factores de los incisos (a) y (b), para determinar su situación real de disponibilidad.

En caso de no contar con histórico de comportamiento o con un umbral de éste por debajo del 21% de la media muestral para el índice de precisión en la probabilidad de aciertos de los servicios aceptados y fallidos, el Coreógrafo comenzará un análisis de los servicios a partir de los valores independientes recolectados, en tiempo de ejecución, del sistema de recomendación basado en factores del inciso (b). Este sistema de recomendación proporcionará una lista de servicios sustitutos, los cuales serán enviados por el Coreógrafo al sistema de recomendación basado en factores del inciso (a) para determinar si cumplen con los requerimientos necesarios para el flujo de trabajo.

Como segundo punto, el Coreógrafo envía la lista de los servicios aceptados y fallidos junto con los servicios sustitutos al módulo Orquestador.

El módulo Orquestador determinará los servicios atómicos a partir de la carga de trabajo de los recursos disponibles, los recursos asignados a cada servicio, así como el desempeño de los servicios a partir de los recursos asignados, para determinar la probabilidad de falla de cada uno de ellos con el fin de seleccionar los servicios sustitutos que mejor ajusten al actual flujo de trabajo de la aplicación del cliente.

² Sintético.- El concepto, bajo este contexto, se refiere a un Workflow representado en un archivo DAX, generado por la herramienta WorkflowGenerator de Pegasus a partir de ejecuciones reales de la aplicación Montage en un entorno de red para ser utilizado en ambientes de simulación.

El módulo Orquestador a partir de la selección de servicios, genera una lista con los servicios atómicos marcados como aceptados y con servicios sustitutos con mejores condiciones para una ejecución exitosa. Esta lista será enviada al módulo Re-composición del Workflow para la re-construcción del flujo de trabajo que representa al SaaS. Así mismo, el módulo Orquestador genera una lista adicional de servicios atómicos con los servicios aceptados y sustitutos adicionales, con condiciones apropiadas para una ejecución exitosa, con la cual se podrá construir un nuevo flujo de trabajo que podrá servir como sustituto para el SaaS en ejecución.

Por último, el módulo Re-composición del Workflow gestiona la secuencia ordenada, definida en el archivo de composición de servicios, para establecer una nueva versión del flujo de trabajo. Este proceso articulado queda integrado por los servicios atómicos que al momento tienen las mejores condiciones de disponibilidad en tiempo de ejecución.

A continuación se describe formalmente el MODS. Esta representación formal está formada por dos notaciones gráficas generadas con Flujo de Valor y el Modelado y Notación de de Procesos de Negocios (BPMN por sus siglas en inglés que refieren a Business Process Model and Notation). El Flujo de Valor presenta el núcleo del MODS así como las actividades principales de cada uno de los elementos que lo conforman para lograr la meta de valor. El modelo BPMN permite representar la lógica del proceso que lleva a cabo el modelo propuesto, así como la explicación de cada etapa del diagrama expresada con la notación de teoría de conjuntos y ecuaciones asociadas con métricas para cuantificar la calidad de los servicios en términos de disponibilidad. En algunas etapas del modelo se presentan descripciones formales de probabilidad dada la necesidad del modelo por considerar el éxito de algunos servicios para la toma de decisiones.

4.1. Flujo de Valor del MODS

En la Figura 2, se presenta el diagrama de Flujo de Valor que describe la lógica del proceso que lleva a cabo el MODS presentado en este documento de tesis.

El MODS está dividido en 4 módulos: *Analizador*, *Coreógrafo*, *Orquestador* y *Re-Composición*, los cuales son descritos a continuación:

- **Analizador.** Este módulo comprende a su vez los módulos *Solicitud del Workflow* y *Análisis del Workflow* descritos en el capítulo anterior. El módulo es el encargado de revisar en un esquema top-down el documento de composición del SaaS, ya sea de un proceso ejecutable (*Stub*) o una composición sintética para un flujo de trabajo simulado (*DAX*), el cual atiende a un proceso de negocios y que ha sido accedido por un cliente, con el objetivo de obtener el nombre de los servicios atómicos que lo conforma, la dirección donde se encuentran así como la profundidad y los recursos asignados a cada uno de ellos para su ejecución.
- **Coreógrafo.** Es el módulo responsable de revisar los servicios atómicos encontrados en el archivo de composición para determinar su grado de disponibilidad actual. En caso de que alguno de los servicios atómicos en el flujo de trabajo no cuenten con la disponibilidad necesaria, este módulo es el encargado de buscar servicios candidatos, apoyándose de los sistemas de recomendación de servicios atómicos por factores dependientes y por factores independientes así como por el histórico de comportamiento de cada servicio atómico, con el objetivo de que cumplan con las características de calidad y funcionalidad necesaria. Estos

servicios atómicos candidatos serán propuestos para cada servicio que no cumpla con la disponibilidad necesaria en el flujo de trabajo.

- **Orquestador.** Es el módulo encargado de revisar los servicios atómicos candidatos con la finalidad de ajustar los atributos: dependientes, independientes y de comportamiento, basado en el histórico que estos presentan, en conformidad con las necesidades de ejecución del servicio que atiende al proceso de negocios. Se genera información cuantitativa que ayuda en la toma de decisiones para la elección de los servicios atómicos sustitutos a ser utilizados en el proceso de re-composición del flujo de trabajo que represente al servicio del proceso de negocios utilizado por el consumidor.
- **Re-Compositor.** Es el módulo encargado de modificar el flujo de trabajo representado en un archivo de composición del servicio que representa al proceso de negocio y generar el nuevo *Stub* o *DAX* que permitirá la creación del servicio que será presentado al consumidor del servicio.

Modelo de Orquestación Dinámica

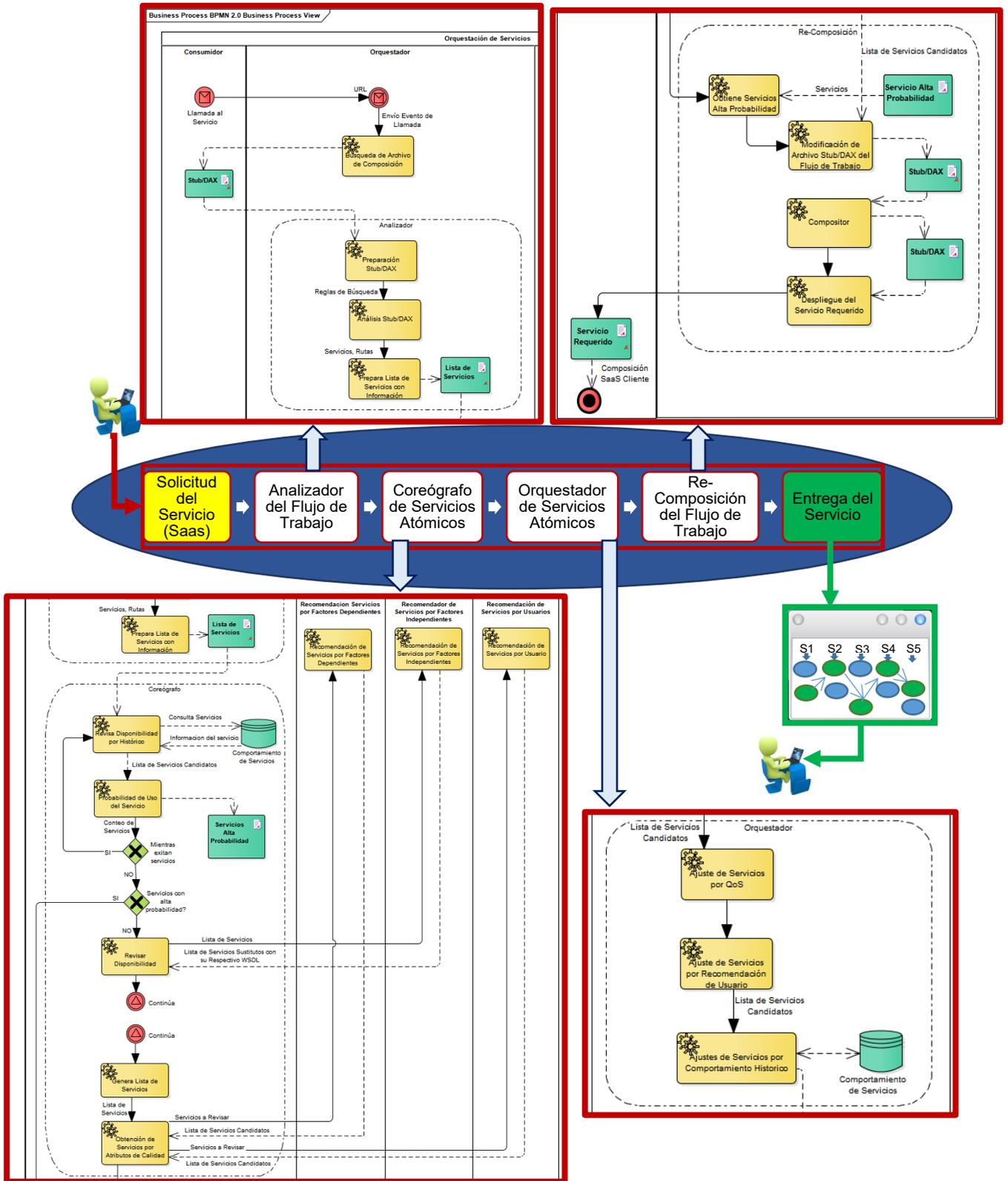
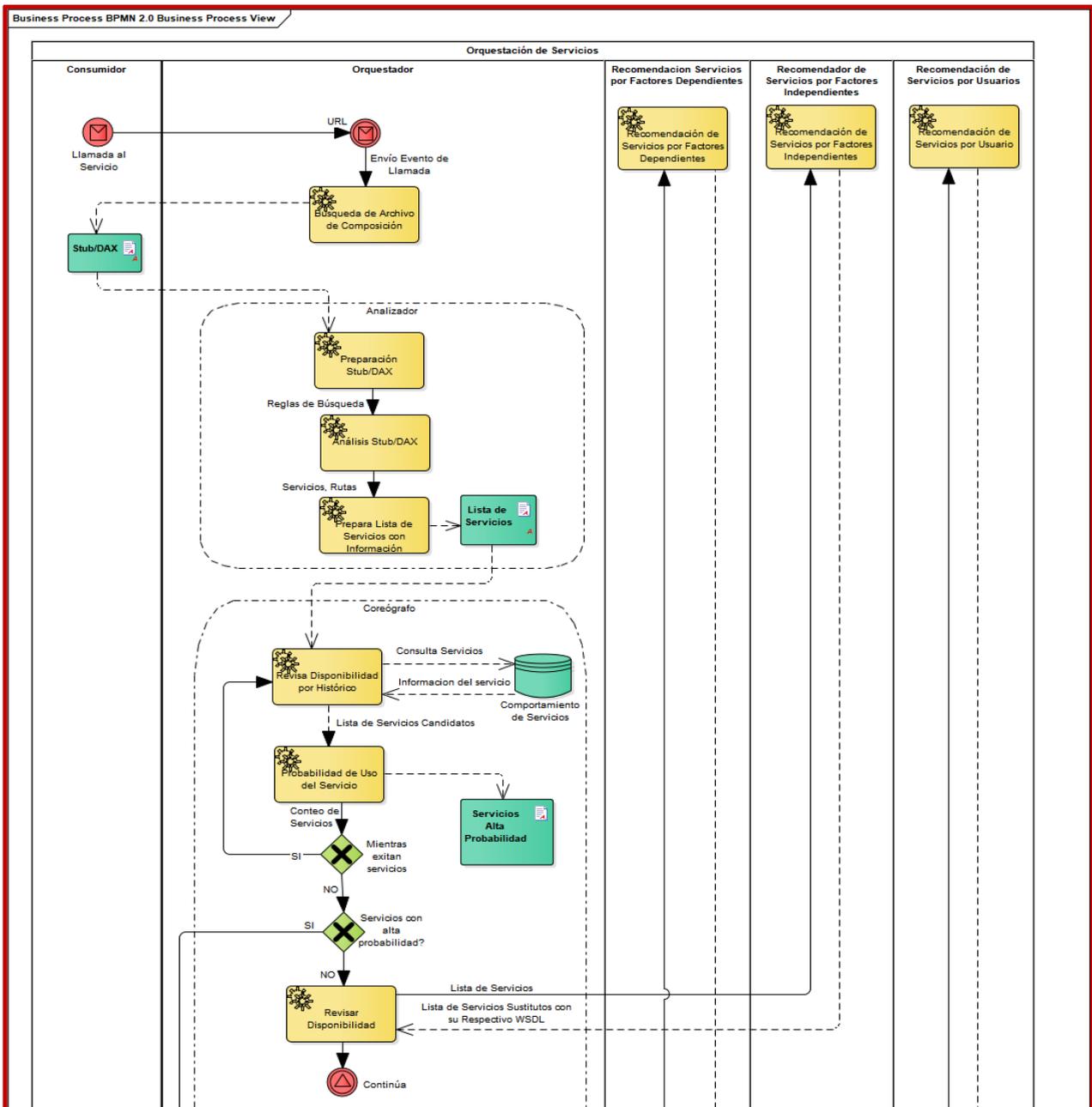


Figura 2. Diagrama del flujo de valor del MODS

4.2. BPMN del MODS

La Figura 3 muestra el Modelado y Notación de Procesos de Negocios (BPMN) que representa la lógica del proceso que lleva a cabo el MODS. El diagrama muestra el proceso desde que MODS identifica el evento de interacción del consumidor de servicios con el SaaS y toma como entrada el flujo de trabajo que representa la composición del servicio, realiza la revisión de cada servicio atómico que compone el flujo de trabajo, identifica los servicios con capacidades de ejecutarse correctamente y servicios que pueden fallar en su ejecución, identifica servicios atómicos sustitutos para cada servicio fallido y orquesta los servicios con capacidades de ejecución alta para re-componer el flujo de trabajo del SaaS que es ejecutado por el consumidor de servicios.



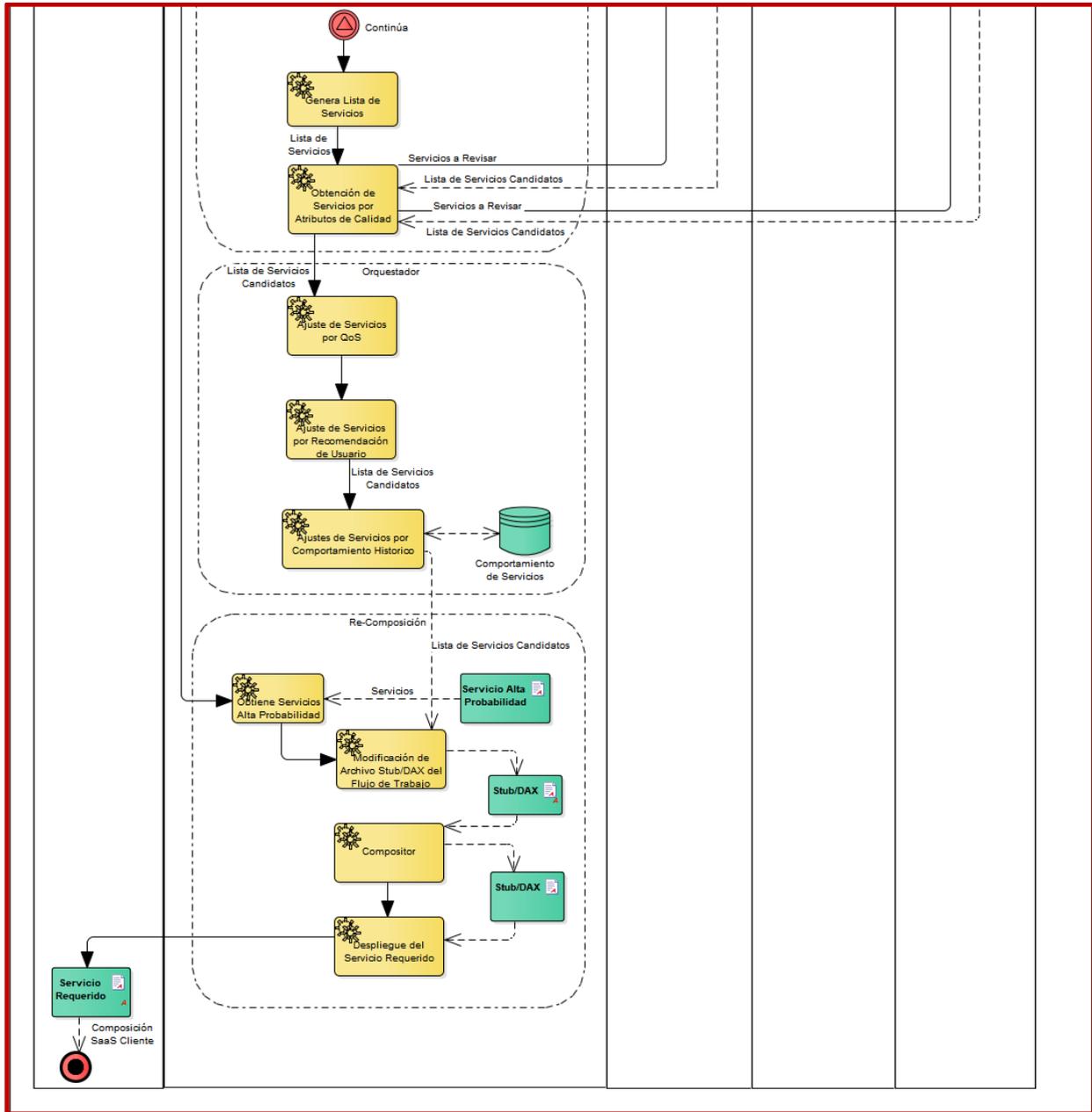


Figura 3. BPMN del MODS

4.3. Procesos del Modelo

A continuación se presenta el modelo formal para cada uno de los módulos, los cuales fueron presentados en el Flujo de Valor, y que forman parte del MODS. Estos modelos expresan la manera en como la orquestación dinámica presentada en el modelo de esta tesis logra apoyar dinámicamente en la ejecución exitosa del SaaS en tiempo de ejecución, al monitorear los servicios atómicos que forman parte del flujo de trabajo que lo definen y orquestar adecuadamente los servicios atómicos con el grado de disponibilidad y confiabilidad necesaria para asegurar su correcta ejecución.

4.3.1. Modulo Analizador

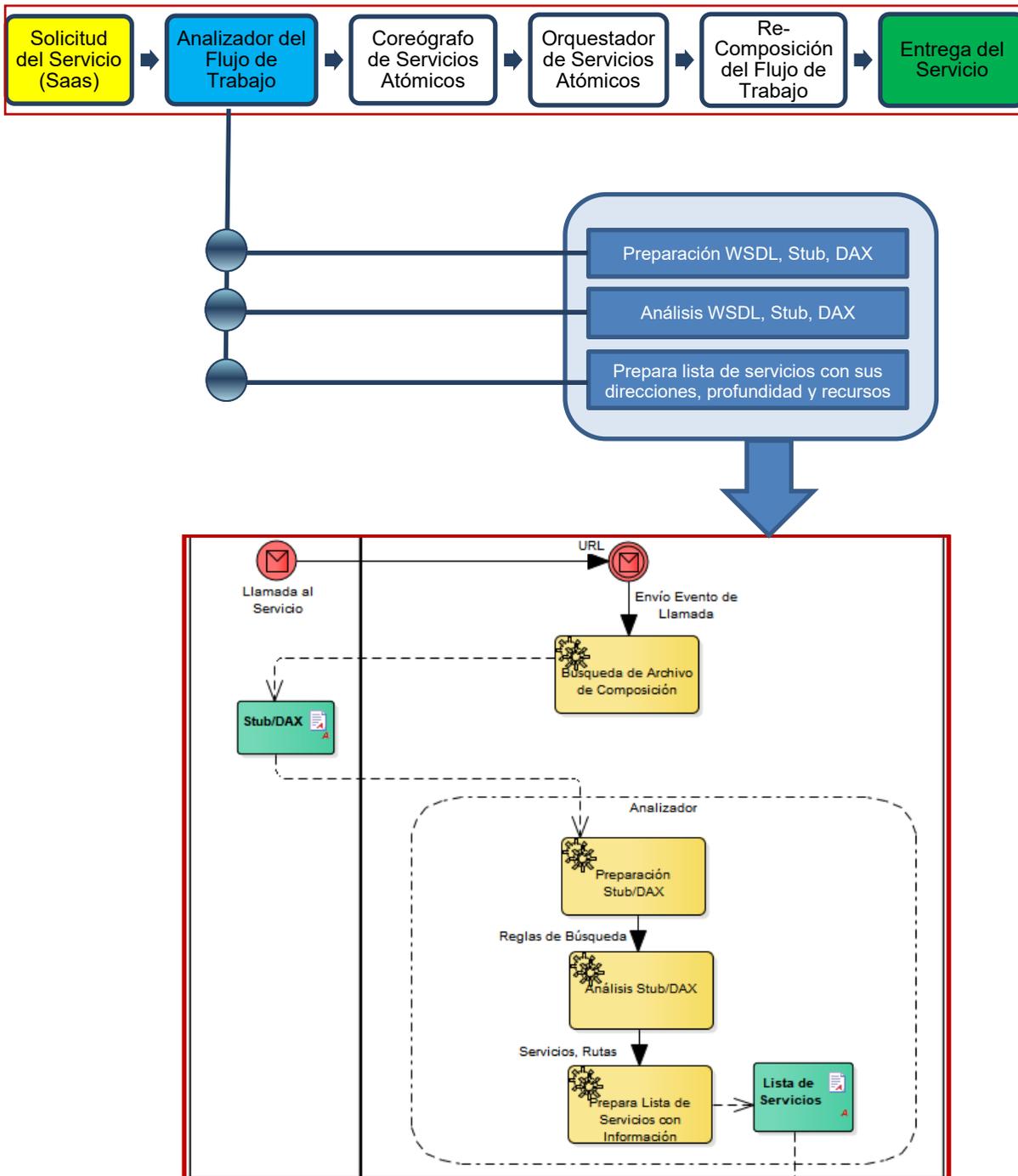


Figura 4. Modelo del Analizador del MODS

Sean las definiciones regulares:

letras → [a – z|A – Z]

digitos → [0 – 9]

simbolo → _

extension → xml|java

Quienes definen la expresión regular que identifica el tipo de archivo de composición (AC) que representa el flujo de trabajo que compone un SaaS de un proceso de negocios:

$$AC \rightarrow (letras|digitos|simbolo)^+ (.|?)^1 (extension)^1 \quad (5.3.1)$$

Archivo de Composición Real

Formalmente, la revisión del archivo de composición real se define por el autómata finito determinista de la ecuación 5.3.2.

$$AFD_R = \langle Q, q_0, F, \Sigma, \delta \rangle \quad (5.3.2)$$

Para archivos de composición WSDL, tal que:

$$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}$$

$$q_0 = \text{"leer archivo xml"}$$

$$F = \{q_4\}$$

$$\Sigma = \{E_1, E_2, E_3, E_4, EOF\}$$

$$\delta = \{((q_0, E_1), q_1), ((q_1, E_2), q_2), ((q_2, E_3), q_3), ((q_3, E_4), q_1), ((q_3, EOF), q_4)\}$$

Tabla 10. Estados para AFD_R de un WSDL

Estado	Descripción
q ₀	Leer archivo xml
q ₁	Obtener nombre del servicio
q ₂	Obtener dirección del servicio
q ₃	Obtener profundidad del servicio
q ₄	Termina lectura de archivo

Tabla 11. Estatutos para AFD_R de un WSDL

Estatuto	Descripción
E ₁	Servicio
E ₂	Nombre del servicio
E ₃	Dirección del servicio
E ₄	Profundidad del servicio

Para archivos de composición *Stubs*, tal que:

$$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}$$

$$q_0 = \text{"leer archivo java"}$$

$$F = \{q_4\}$$

$$\Sigma = \{E_1, E_2, E_3, E_4, EOF\}$$

$$\delta = \{((q_0, E_1), q_1), ((q_1, E_2), q_2), ((q_2, E_3), q_3), ((q_3, E_4), q_1), ((q_3, EOF), q_4)\}$$

Tabla 12. Estados para AFD_R de un Stub

Estado	Descripción
q ₀	Leer archivo java
q ₁	Obtener nombre del servicio
q ₂	Obtener dirección del servicio
q ₃	Obtener archivo WSDL
q ₄	Termina lectura de archivo

Tabla 13. Estatutos para AFD_R de un Stub

Estatuto	Descripción
E₁	Punto final (endpoint)
E₂	Simbolo “/”
E₃	Simbolo “=”
E₄	Dirección

Archivo de Composición Sintético

Formalmente, la revisión del archivo de composición DAX de un flujo de trabajo sintético se define por el autómata finito determinista de la ecuación 5.3.3.

$$AFD_S = \langle Q, q_0, F, \Sigma, \delta \rangle \quad (5.3.3)$$

Tal que:

$$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5\}$$

$$q_0 = \text{"leer archivo DAX"}$$

$$F = \{q_5\}$$

$$\Sigma = \{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, EOF\}$$

$$\delta = \{((q_0, E_1), q_1), ((q_1, E_2), q_2), ((q_2, E_3), q_3), ((q_3, E_4), q_4), ((q_4, E_5), q_1), ((q_4, EOF), q_5)\}$$

Tabla 14. Estados para AFD_S de un DAX

Estado	Descripción
q₀	Leer archivo DAX
q₁	Obtener nombre del servicio
q₂	Obtener trabajos del servicio
q₃	Obtener profundidad del servicio
q₄	Obtener recursos del servicio
q₅	Termina lectura de archivo

Tabla 15. Estatutos para AFD_R de un DAX

Estatuto	Descripción
E₁	Servicio (name)
E₂	Nombre del servicio
E₃	Número del servicio
E₄	Identificador del servicio
E₅	Profundidad

4.3.2. Modulo Coreógrafo

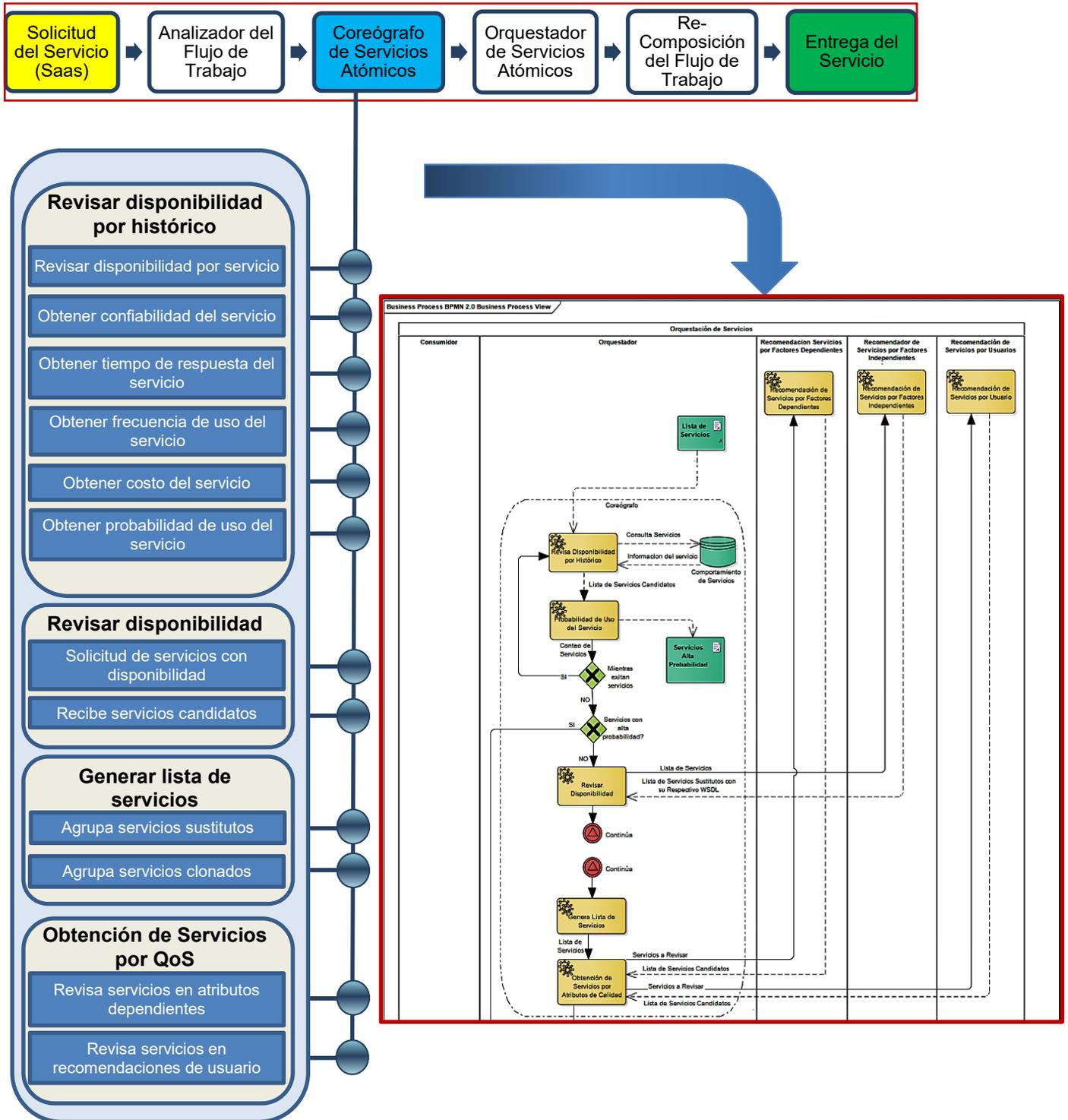


Figura 5. Flujo de valor del módulo Coreógrafo

Revisar disponibilidad por histórico

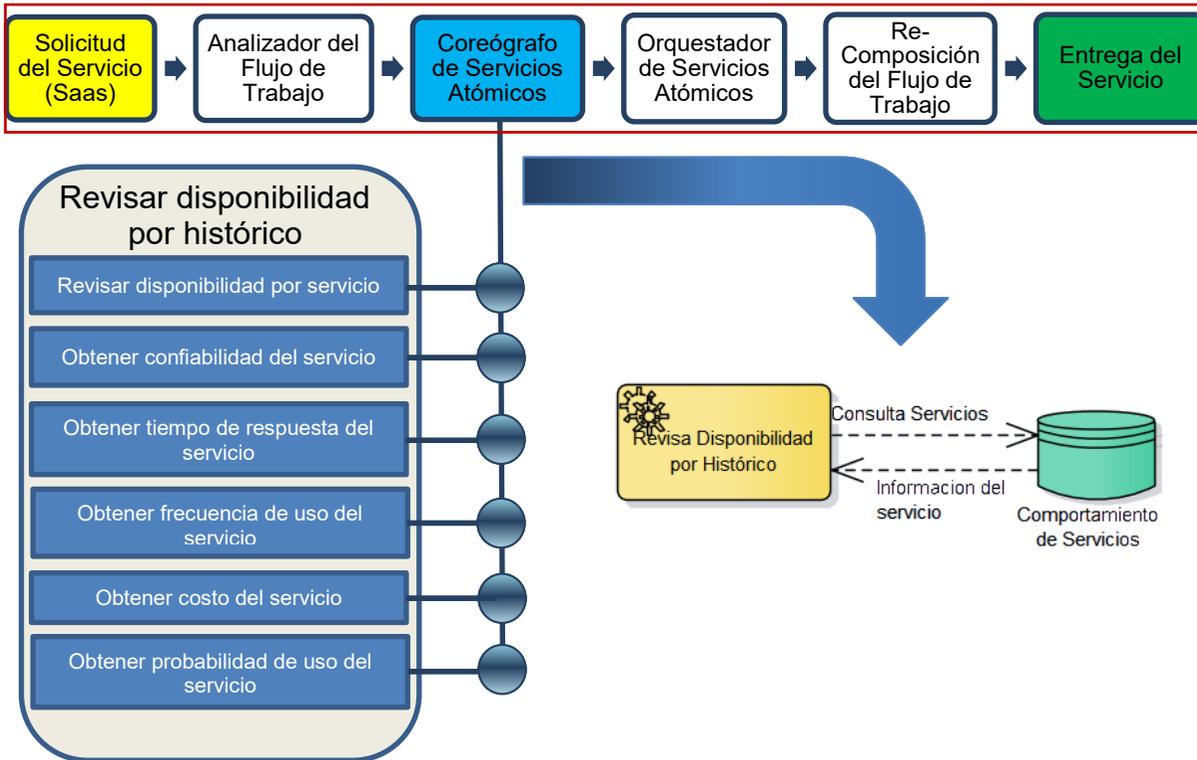


Figura 6. Disponibilidad por Histórico de Comportamiento

Factores de comportamiento:

- Confiabilidad del servicio
- Tiempo de respuesta
- Frecuencia de uso
- Costo

Los servicios atómicos de un flujo de trabajo, integrados en un Software como Servicio para atender a un proceso de negocios, es el subconjunto representado en la ecuación (5.3.4), representado en la Figura 7.

$$S_{bp} = \{x \in S | x \in (S_{PF} \cap S_{QoS})\} \quad (5.3.4)$$

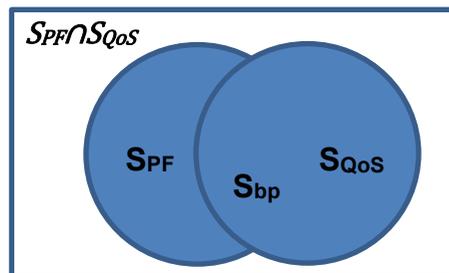


Figura 7. Servicios atómicos con funcionalidad y calidad requerida

Donde:

- S_{bp} Es el conjunto de servicios atómicos que integran un SaaS.
- S_{PF} Es el conjunto de todos los servicios que cumplen con la funcionalidad requerida en un proceso de negocios.
- S_{QoS} Es el conjunto de todos los servicios que cumplen con la calidad requerida en un proceso de negocio.
- S Es el conjunto de los servicios atómicos que pueden ser reusables para un proceso de negocio.

Se espera que el conjunto de servicios atómicos con alta probabilidad de uso $S_{PU} = \{x \in S_{bp} | x \in A, x \in B, x \in C, x \in D\}$, de un flujo de trabajo definido en un SaaS para atender un proceso de negocio, respondan de manera adecuada, ver Figura 8.

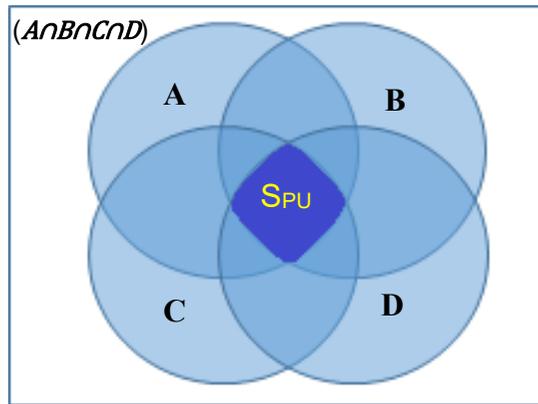


Figura 8. Servicios atómicos con probabilidad de uso

Donde:

S_{PU} = "El conjunto de servicios con alta probabilidad de uso"

$$ca = \{y | \forall y Q_c(y)\}$$

$Q_c(y)$ = "grado de confiabilidad mayor o igual a 80%"

$$A = \{x \in S_{bp} \cap x \in ca\}$$

$$ta = \{y | \forall y Q_{ta}(y)\}$$

$Q_{ta}(y)$ = "tiempo de respuesta mayor o igual a 80%"

$$B = \{x \in S_{bp} \cap x \in ta\}$$

$$fa = \{y | \forall y Q_{fa}(y)\}$$

$Q_{fa}(y)$ = "frecuencia de uso mayor o igual a 80%"

$$C = \{x \in S_{bp} \cap x \in fa\}$$

$$cto = \{y | \forall y Q_{cto}(y)\}$$

$Q_{cto}(y) = \text{"Esta en el intervalo de: } -10\% v_s \leq \text{costo} \leq +10\% v_s \text{"}$
 v_s : valor original del servicio

$$D = \{x \in S_{bp} \cap x \in cto\}$$

La definición de los servicios con alta probabilidad de uso, bajo un contexto histórico de comportamiento, estaría dada por:

Sea $S = \{A \cup B \cup C \cup D\}$ el espacio muestral y sea $E = \{A \cap B \cap C \cap D\}$ un evento que constituye al conjunto $\{a \in S_{bp}\}$ de resultados, con los servicios atómicos cuyas características presentadas puedan obedecer a servicios que sean utilizados en el flujo de trabajo que representa al proceso de negocios.

Por lo tanto la probabilidad en un espacio equiprobable de eventos E presentados en el espacio muestral S está dado por [58]:

$$P(E) = \frac{\text{número de resultados favorables a } E}{\text{número de resultados posibles de } S} \quad (5.3.5)$$

La Figura 9 muestra el refinamiento del proceso para llevar a cabo la revisión de disponibilidad de los servicios atómicos basados en un histórico de comportamiento de cada uno de ellos.

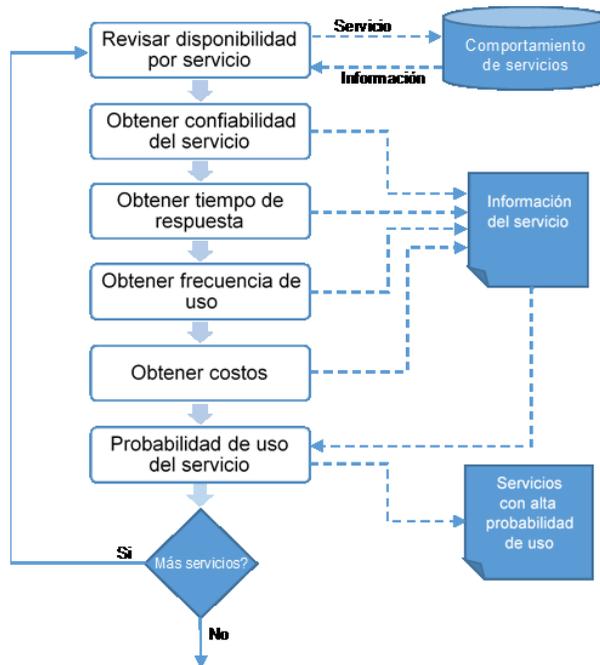


Figura 9. Proceso de revisar disponibilidad por histórico de comportamiento

A continuación se describen cada uno de los pasos presentados en la Figura 9:

- **Obtener confiabilidad del servicio.** Se obtiene el grado de precisión del servicio PS . La precisión está determinada por la siguiente ecuación [18]:

$$PS = \frac{\text{número de respuestas correctas}}{\text{número total de solicitudes al servicio}} \quad (5.3.6)$$

Paso seguido, se obtiene la frecuencia relativa del servicio al aplicar la ecuación [59]:

$$FS = \frac{s}{n} \quad (5.3.7)$$

Donde s es el número de veces que aparece el servicio con PS y n es el número de veces que se ha utilizado el servicio.

La frecuencia del servicio determina la probabilidad que tiene el servicio de ser utilizado con respecto a los demás.

- **Obtener tiempo de respuesta.** Se obtiene el tiempo de respuesta y el tiempo que tarda en contestar el servicio. Estas mediciones son expresadas a partir de:

El tiempo que tarda un servicio en dar respuesta al consumidor [18]:

$$TR = \frac{\text{tiempo de ejecución}}{\text{total de tiempo de invocación del servicio}} \quad (5.3.8)$$

El tiempo que tarda en contestar el servicio al consumidor [60]:

$$TC = \sum_i \frac{T_i}{n} \quad (5.3.9)$$

En donde i es el usuario o consumidor que solicito el servicio, T_i es el tiempo entre el momento en que el usuario o consumidor i solicito un servicio y el tiempo cuando el servicio estuvo totalmente disponible, n es el número total de peticiones al servicio.

Los servicios con menor tiempo de respuesta y menor tiempo en contestar una solicitud así como los servicios con un tiempo respuesta cualquiera pero con un tiempo menor para contestar a una solicitud son los candidatos.

Estos servicios son expuestos a una frecuencia relativa de aparición utilizando la ecuación 5.1.2, de la siguiente forma:

$\forall i \in I, \forall j \in J$, donde $i, j \geq 0$ e $I \in \mathbb{N}$ y $J \in \mathbb{N}$ son conjuntos de índices que puede ser \emptyset , donde $x_i \in S_{bp} \cap x_i \in ta_j$ hacer:

$$FS = \frac{s}{n} \quad (5.3.10)$$

Donde s es el número de veces que aparece el servicio con menor tiempo de respuesta y menor tiempo en contestar una solicitud así como el tiempo respuesta x pero con un tiempo menor para contestar a una solicitud y n es el número de veces que aparece el servicio en ta .

- **Frecuencia de uso.** Como una forma de observar el comportamiento que está teniendo el uso de los servicios a lo largo del tiempo, se plantea el cálculo de distribución de frecuencias, con el objetivo de determinar la frecuencia relativa en el uso de un servicio a partir de su confiabilidad, determinada por la precisión que presentan los servicios, permitiendo con esto apoyar en la toma de decisiones para definir el servicio candidato a ser utilizado.

Para ello se calcula [59]:

1. El número de clases, que representan al conjunto de servicios candidatos. Esto a partir de la aparición de los servicios registrados en el almacén histórico.

$$NC = \sqrt{n} \quad (5.3.11)$$

Donde n es la cantidad de servicios presentados en el conjunto a ser analizado.

2. Definir el ancho de la clase. Partiendo de los intervalos que puedan establecer los datos cuantitativos referentes a la precisión que presentan los servicios.

$$AC = \frac{\text{Dato mayor} - \text{Dato menor}}{\text{número de intervalos}} \quad (5.3.12)$$

3. Determinar los límites de la clase. Estos son determinados a partir del intervalo que establece los valores cuantitativos de precisión de los servicios.

$$L_i1 = \text{dato menor} \quad (5.3.13)$$

$$L_s1 = L_i1 + AC \quad (5.3.14)$$

$$L_i2 = L_s1 \quad (5.3.15)$$

Donde L_i1 es el dato más pequeño en el grado de confiabilidad, L_s es el dato más grande en el grado de confiabilidad y AC es el ancho de la clase.

4. Conteo de datos para frecuencia real. Se determina a partir de la cantidad de servicios que aparecen en un determinado límite de clase.

$$c = \sum_i^n c + s_i \quad (5.3.16)$$

5. Calcular la frecuencia relativa, frecuencia acumulada y frecuencia acumulada porcentual. La frecuencia relativa se determina a partir de la ecuación 5.3.7 y la frecuencia acumulada se determina a partir de:

$$F_i = f + F_{i-1} \quad (5.3.17)$$

$$F\% = \frac{F}{n} * 100 \quad (5.3.18)$$

Donde f es la frecuencia real, f_r es la frecuencia relativa, F es la frecuencia acumulada y $F\%$ es la frecuencia acumulada porcentual, i determina la posición actual de la clase.

- **Obtener costos económicos.** Se obtiene la frecuencia del servicio a razón de las variaciones que ha tenido el servicio sustituto y como éstas se ajustan en un rango mayor o igual al -10% del costo original y menor o igual al 10% del costo original. La ecuación para determinar esta frecuencia estaría dada por la ecuación 5.3.7. En donde s es el número de veces que aparece el servicio con un rango mayor o igual

al -10% del costo original y menor o igual al 10% del costo original y n es el número de veces que ha variado el costo del servicio.

$\forall i \in I, \forall j \in J$, donde $i, j \geq 0$ e $I \in \mathbb{N}$ y $J \in \mathbb{N}$ son el conjunto de índices que puede ser \emptyset , donde $x_i \in S_{bp} \cap x_i \in ct0_j$ hacer:

$$FS = \frac{S}{n}$$

- **Probabilidad de uso del servicio.** Esta dada por la probabilidad en un espacio equiprobable de eventos E presentados en el espacio muestral S calculada por el uso de la ecuación 5.3.6 de la siguiente manera:

$$A = \{x \in S_{bp} \cap x \in ca\}$$

$$B = \{x \in S_{bp} \cap x \in ta\}$$

$$C = \{x \in S_{bp} \cap x \in fa\}$$

$$D = \{x \in S_{bp} \cap x \in ct0\}$$

Se calcula $P(A)$, $P(B)$, $P(C)$, $P(D)$ y $P(A \cap B \cap C \cap D)$ de la siguiente manera:

$$P(A) = \frac{A}{A \cup B \cup C \cup D}$$

$$P(B) = \frac{B}{A \cup B \cup C \cup D}$$

$$P(C) = \frac{C}{A \cup B \cup C \cup D}$$

$$P(D) = \frac{D}{A \cup B \cup C \cup D}$$

$$P(A \cap B \cap C \cap D) = \frac{A \cap B \cap C \cap D}{A \cup B \cup C \cup D} \quad (5.3.19)$$

Proceso de búsqueda y selección de servicios candidatos

A continuación se presenta el proceso de la búsqueda y selección de servicios atómicos candidatos para todos aquellos servicios que no cumplieron con alta probabilidad de uso.

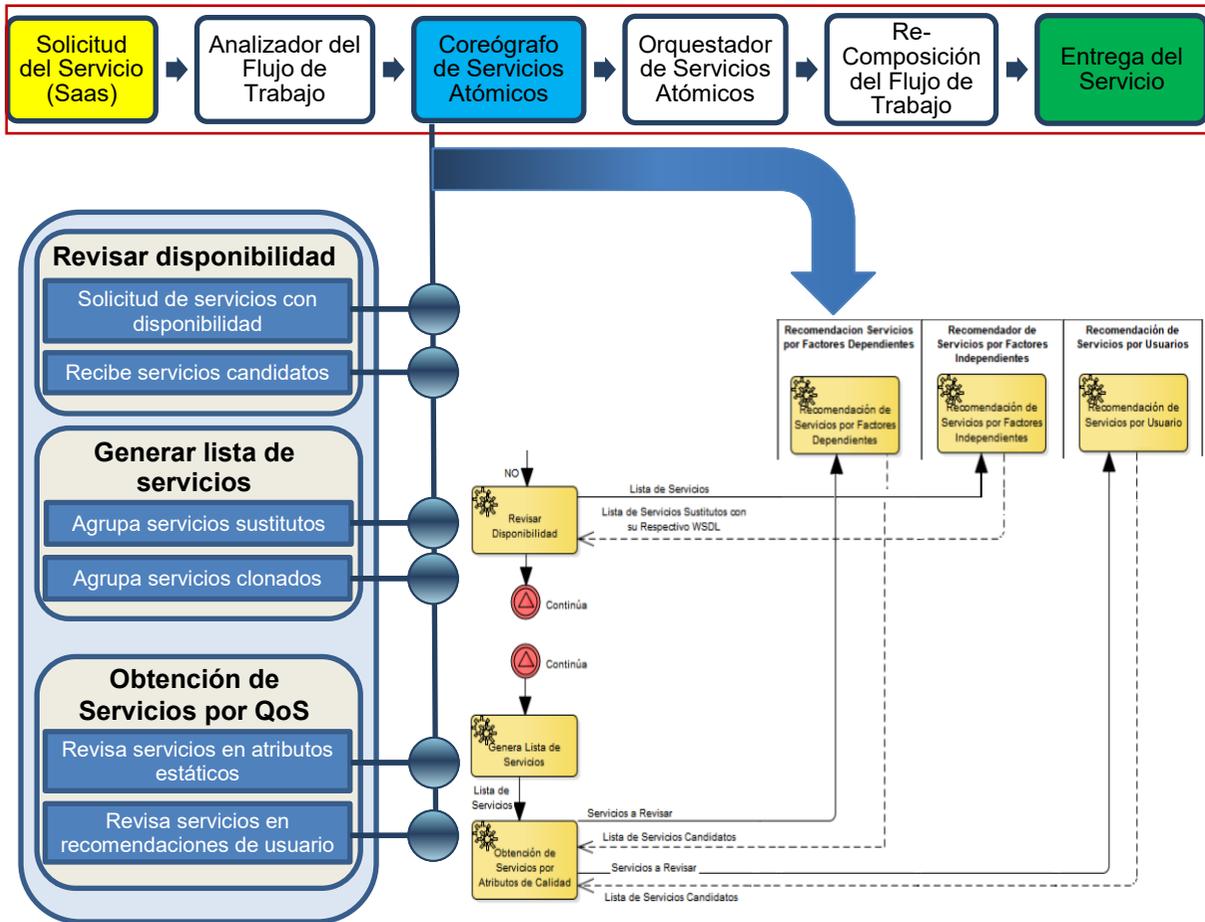


Figura 10. Proceso de búsqueda y selección de servicios candidatos

Con $S_{bp} = \{x \in S / x \in (S_{PF} \cap S_{QoS})\}$ donde es necesario que $\forall x \in S_{bp}$ se determine que todo x cumpla con $S_D = \{x \in S_{bp} / x \in D_{AB}, x \in D_{LS}, x \in D_T, x \in D_{DS}, x \in D_{NP}\}$, ver Figura 11.

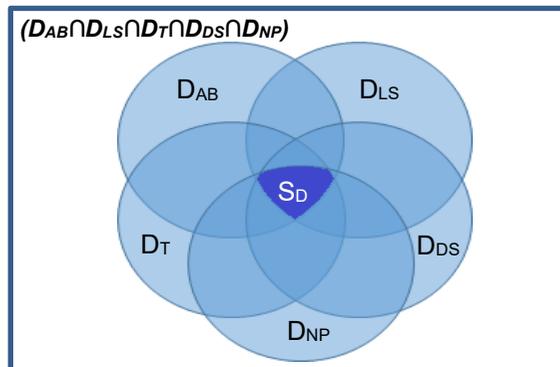


Figura 11. Disponibilidad requerida de servicios atómicos

Donde:

S = "El conjunto de todos los microservicios resusables para SaaS"

S_{bp} = "El subconjunto de microservicios que integran un SaaS"

S_{PF} = "El subconjunto de microservicios que cumplen con funcionalidad"

en SaaS"

S_{QoS} = "El subconjunto de microservicios que cumplen con calidad en SaaS"

S_D = "El subconjunto de todos los servicios disponibles"

$ab = \{y \mid \forall y D_{ab}(y)\}$

$D_{ab}(y)$ = "ancho de banda disponible (bits/seg) mayor o igual a 50%"

$D_{AB} = \{x \in S_{bp} \cap x \in ab\}$

$ls = \{y \mid \forall y D_{ls}(y)\}$

$D_{ls}(y)$ = "suma de latencia del servidor menor o igual a 20%"

$D_{LS} = \{x \in S_{bp} \cap x \in ls\}$

$tr = \{y \mid \forall y D_{tr}(y)\}$

$D_{tr}(y)$ = "ancho de banda consumido menor o igual a 50%"

$D_T = \{x \in S_{bp} \cap x \in tr\}$

$ds = \{y \mid \forall y D_{ds}(y)\}$

$D_{ds}(y)$ = "disponibilidad de servicios en base a tiempo de respuesta al consumidor mayor o igual a 50%"

$D_{Ds} = \{x \in S_{bp} \cap x \in ds\}$

$np = \{y \mid \forall y D_{np}(y)\}$

$D_{np}(y)$ = "número de peticiones re – entrantes menor o igual a 20%"

$D_{NP} = \{x \in S_{bp} \cap x \in np\}$

A continuación, en la Figura 12, se muestra el refinamiento del proceso de búsqueda y selección de servicios atómicos candidatos.

Modelo de Orquestación Dinámica

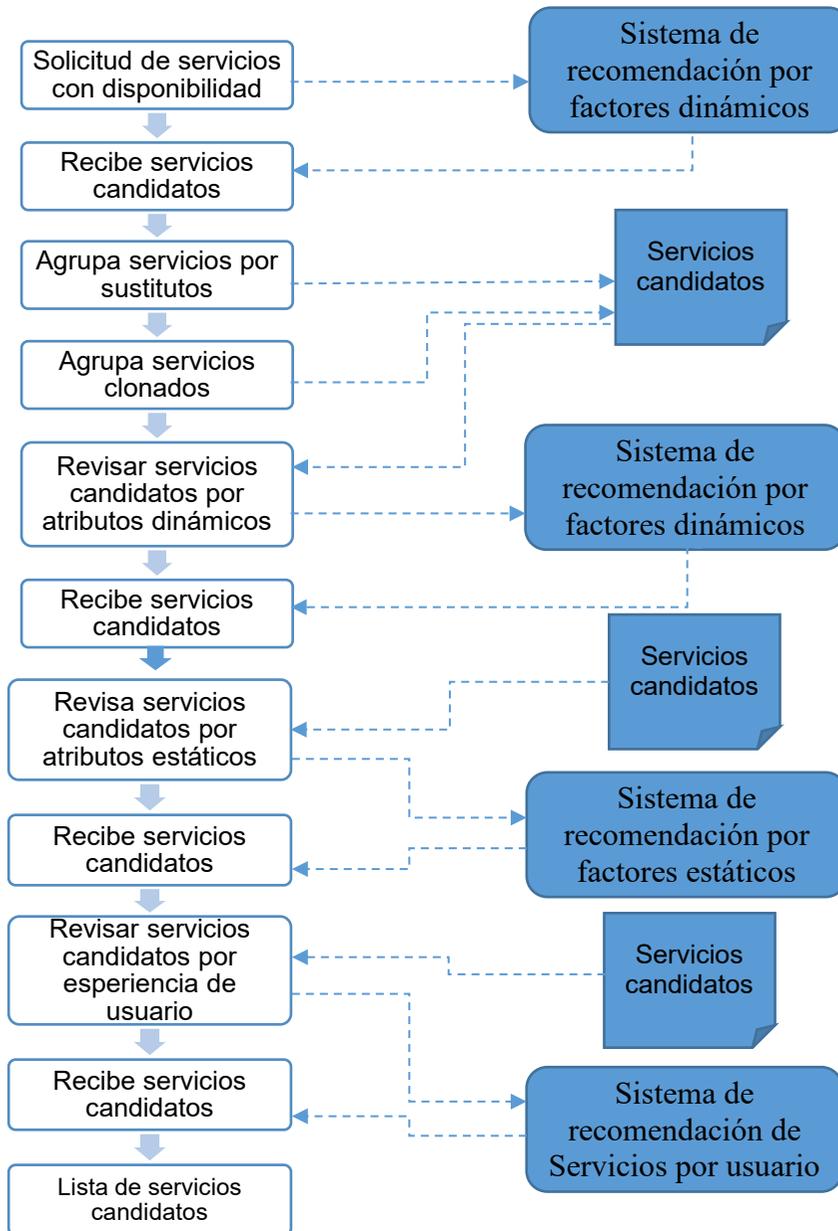


Figura 12. Proceso de búsqueda y selección de servicios candidatos

4.3.3. Modulo Orquestador

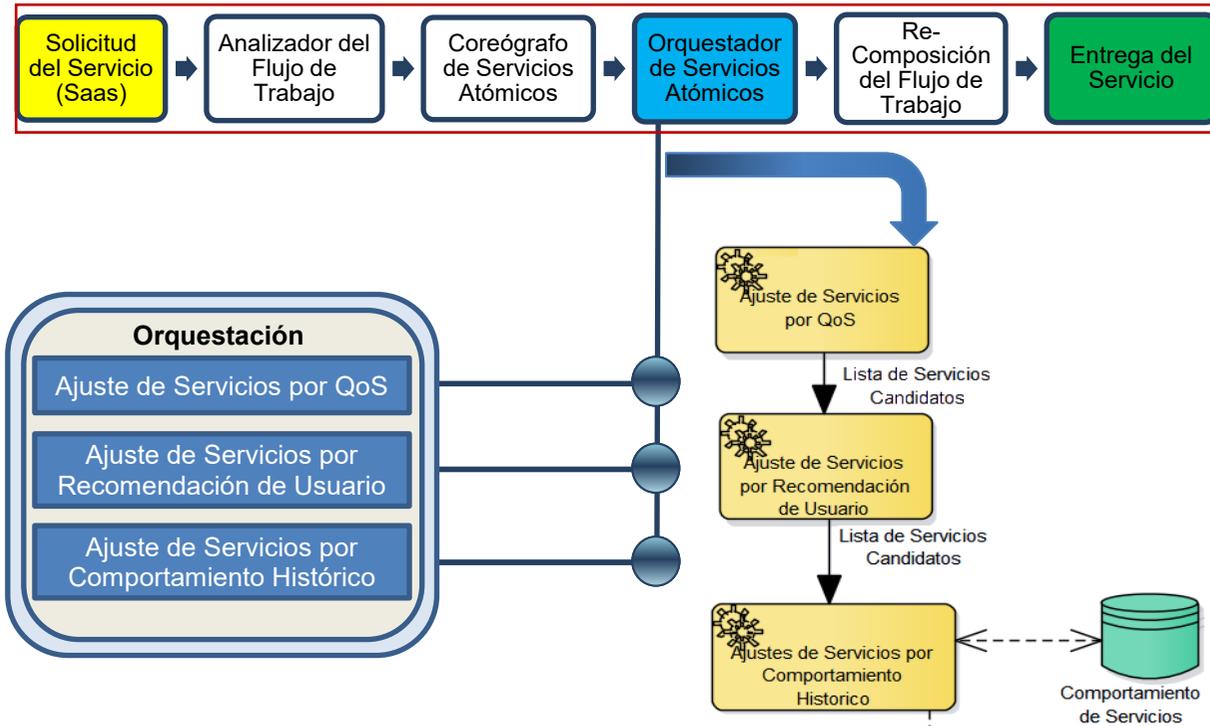


Figura 13. Orquestación de servicios atómicos para la re-composición de servicios

Ajuste de servicios atómicos por QoS

$\forall x_i \in S_{bp} | x_i \notin S_{PU}$ dado $S_{PU} = \{x \in S_{bp} | x \in A, x \in B, x \in C, x \in D\}$, definido en la sección correspondiente a la representación formal del módulo *Coreógrafo*, se define el conjunto de servicios atómicos $S_{NPU} = \{x \in S_{bp} | x \notin S_{PU}\}$ a partir de la revisión realizada por el histórico de comportamiento así como el conjunto $S_{NDR} = \{x \in S_{bp} | x \notin S_D\}$ generado a partir de $\forall x_i \in S_{bp} | x_i \notin S_D$, dado $S_D = \{x \in S_{bp} | x \in D_{AB}, x \in D_{LS}, x \in D_T, x \in D_{DS}, x \in D_{NP}\}$, definido a partir de la revisión dinámica de factores dependientes e independientes de los servicios, tal como se muestra en la Figura 14.

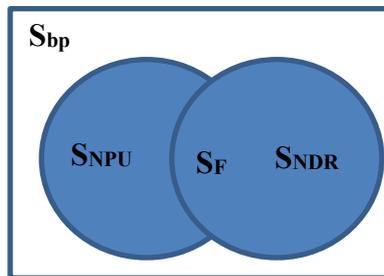


Figura 14. Servicios atómicos fallidos

Se obtiene el conjunto $S_F = \{x \in S_{bp} | x \in S_{NPU} \cap S_{NDR}\}$ a partir de S_{NPU} y S_{NDR} donde:

S_{NPU} = "El conjunto de todos los servicios atómicos o microservicios que no tienen probabilidad de uso"

S_{NDR} = "Es el conjunto de todos los servicios atómicos o microservicios que no tuvieron disponibilidad en una revisión dinámica (en tiempo"

de ejecución del servicio)"

$S_F =$ "El el conjunto de todos los servicios atómicos o microservicios fallidos"

En base al conjunto de servicios atómicos fallidos S_F , se obtiene el conjunto de servicios atómicos $S_A = \{x \in S_{bp} | x \in S_D \cap S_{CA}\}$, que definen la lista de servicios aceptados, tanto de servicios atómicos con el grado de disponibilidad necesaria para su correcta ejecución (S_D), los cuales fueron marcados como aceptados, así como todos aquellos servicios atómicos candidatos (S_{CA}), los cuales fueron seleccionados para sustituir a todos aquellos servicios atómicos que fueron marcados como fallidos, con el grado de disponibilidad necesaria para su correcta ejecución, como se muestra en la Figura 15.

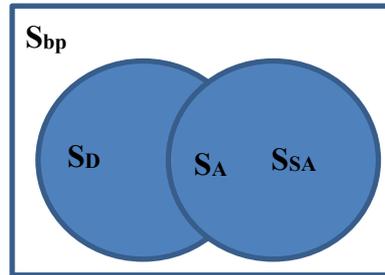


Figura 15. Conjunto de servicios atómicos aceptados

Para el caso de los servicios atómicos fallidos, la búsqueda de servicios candidatos se realiza a partir de servicios atómicos clones y alternativos como se muestra en la **¡Error! No encuentra el origen de la referencia.** (a) y (b) respectivamente.

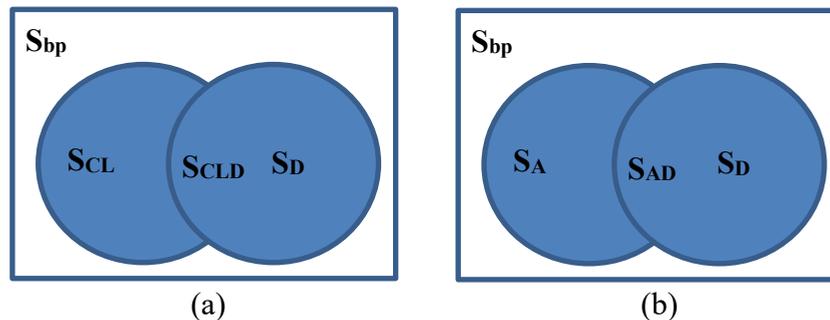


Figura 16. Servicios disponibles: (a) Servicios clones, (b) servicios alternativos

$\forall x_i \in S_F$ se realizan dos búsquedas de servicios atómicos disponibles, la primera de ellas, tal como se representa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (a), obre una lista de servicios clones, representados en el conjunto $S_{CLD} = \{x \in S_{bp} | x \in S_{CL} \wedge x \in S_D\}$. La segunda búsqueda se realiza sobre el conjunto $S_{AD} = \{x \in S_{bp} | x \in S_D \wedge x \notin S_{CLD}\}$, tal como se representa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (b), el cual epresenta la lista de servicios alternativos debido a la ausencia de servicios clones en la búsqueda de servicios atómicos que sustituyan a los servicios fallidos en el flujo de trabajo.

De lo anterior se obtiene, a partir de la lista de servicios fallidos S_F , el conjunto de servicios candidatos aceptados $S_{CA} = \{x \in S_{bp} | x \in S_F \cap x \in S_{CLD} \cup S_{AD}\}$, como se representa en la Figura 17, y que representa los servicios atómicos clones o alternativos que sustituyen a los servicios atómicos fallidos del flujo de trabajo.

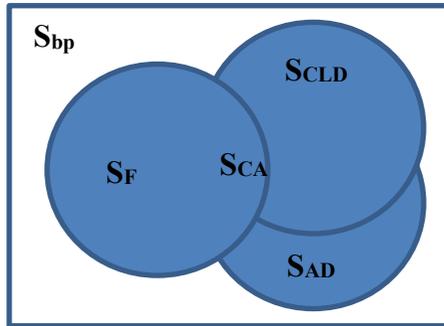
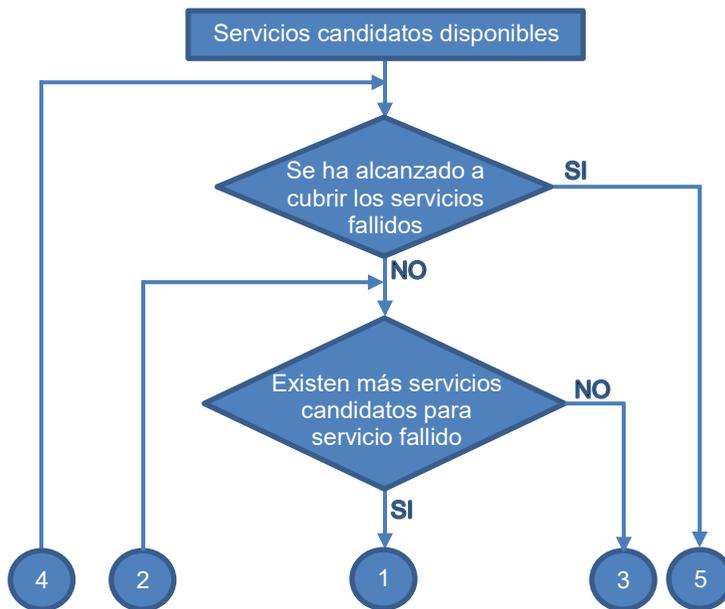


Figura 17. Servicios atómicos candidatos disponibles

$\forall x_i \in S_{bp} \wedge x_i \in S_{CA}$ el *Orquestador* realiza un análisis con el objetivo de generar la lista de servicios sustitutos aceptados (S_{SA}) que reemplazarán a los servicios identificados como fallidos en el flujo de trabajo en ejecución. Por otro lado, con los servicios candidatos aceptados restantes se obtienen listas de servicios sustitutos para flujos de trabajo alternativos que puedan servir para reemplazar en tiempo de ejecución al flujo de trabajo actual.

Obtención de servicios sustitutos aceptados

Para el caso de la identificación de servicios sustitutos aceptados, se obtiene el conjunto S_{SA} a partir del proceso presentado en Figura 18:



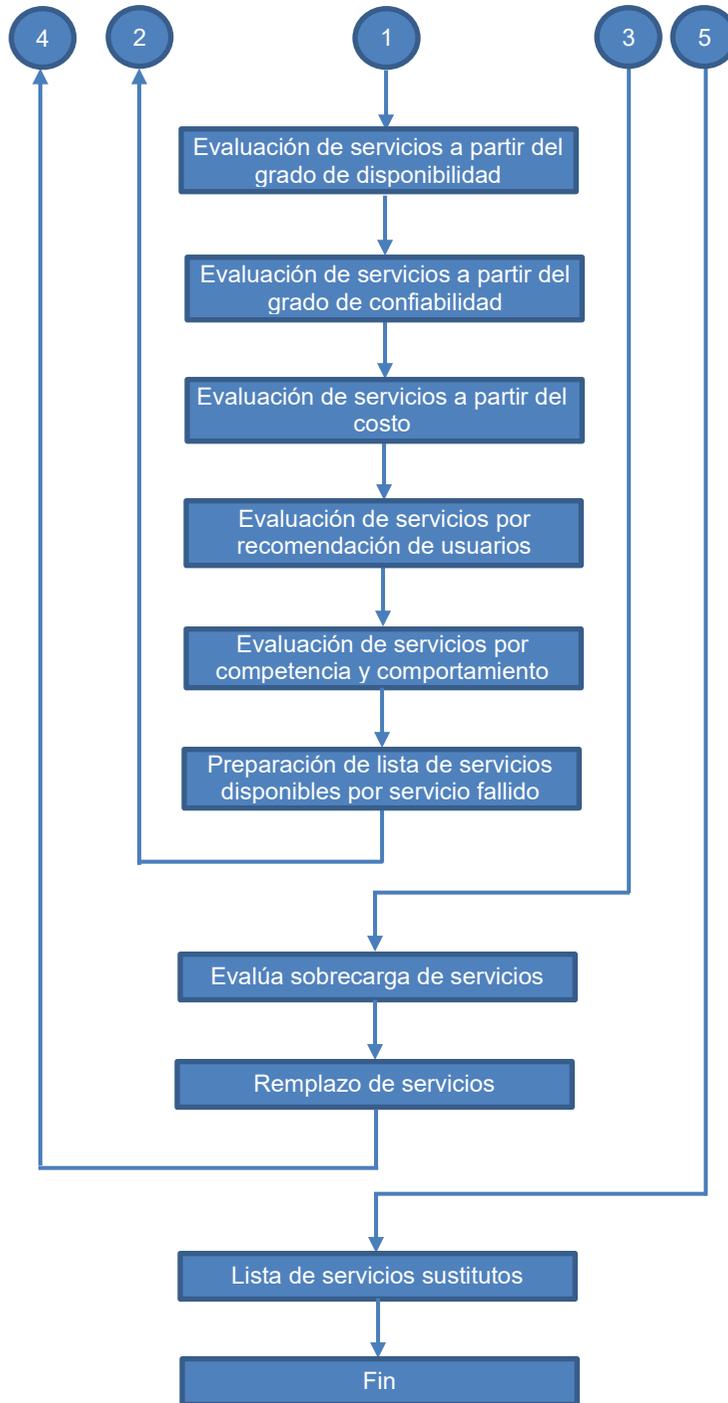


Figura 18. Proceso de selección de servicios sustitutos aceptados

4.3.4. Modulo Re-Composición

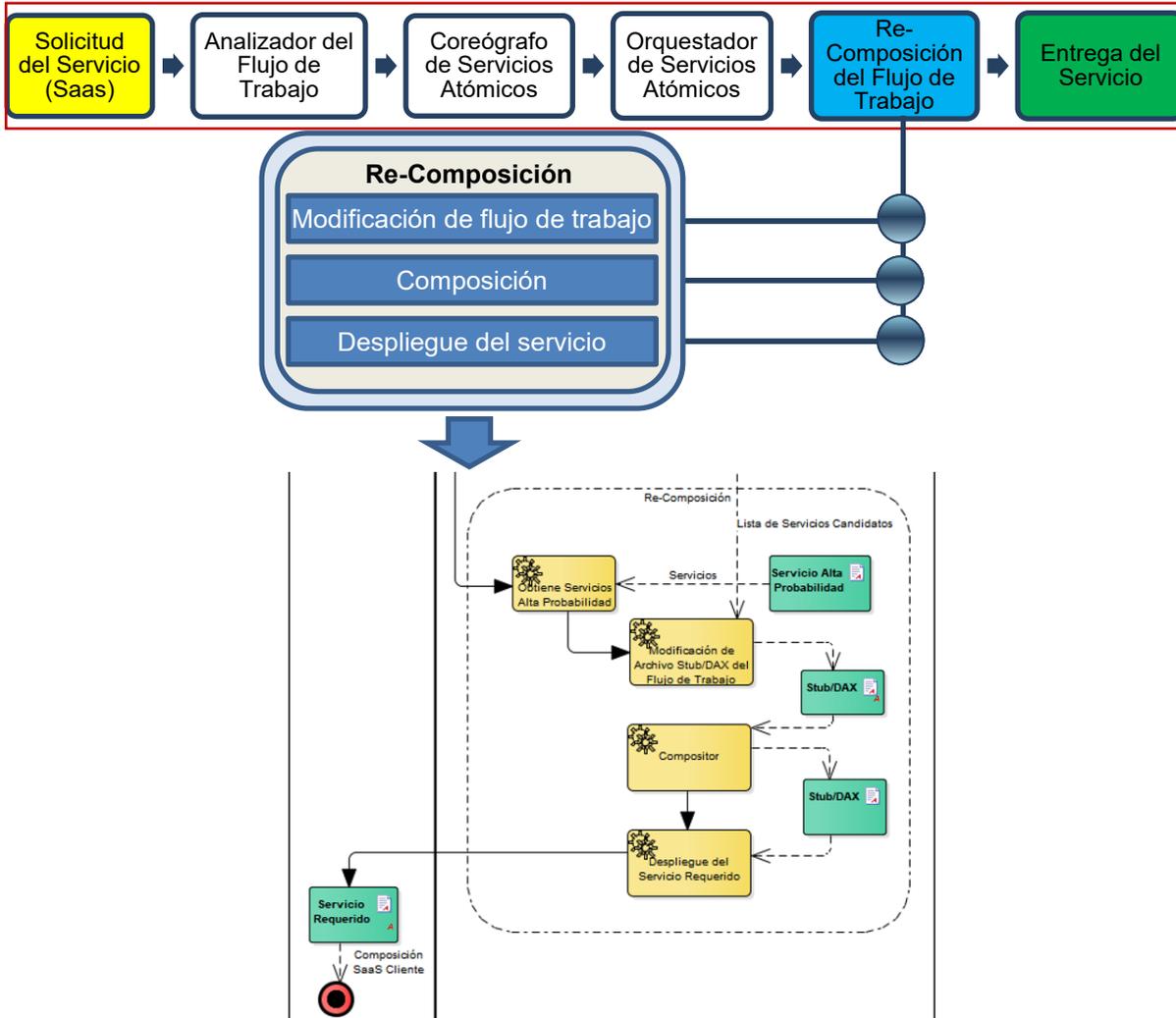


Figura 19. Re-composición de servicios

Modificación del flujo de trabajo

$\forall x_i \in S_{SA}$ se sustituye x_i en $sf_i | sf_i \in S_{bp}$ del flujo de trabajo original establecido para el SaaS. Un una vez sustituido cada servicios fallido en el flujo de trabajo original, se revisa la cola de tareas establecida por el planificador para asegurar la sustitución de los servicios con probabilidad de fallo que ya hayan sido planificados, de la siguiente manera $\forall x_i \in S_{bp} \wedge x_i \in S_{SA}$ donde x_i es definido a partir de sf_i para $sf_i \in S_F$, se obtiene $\forall sf_i \in S_F \wedge xsf_i \in C_S \Rightarrow x_i$ como se muestra en la Figura 20.

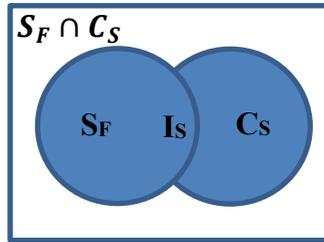


Figura 20. Identificación de servicios a intercambiar en cola de tareas

Donde:

I_S = "El conjunto de todos los servicios atómicos que serán intercambiados"

C_S = "El conjunto de servicios atómicos preparados en la cola de servicios"

Composición y despliegue de servicios

A partir del flujo de trabajo restablecido S_{bp} con los servicios atómicos que cuentan con el grado de disponibilidad y confiabilidad para ejecutarse en tiempo y forma, se comienza la recomposición del archivo de composición mediante la siguiente acción: $\forall x_i \in S_{bp}$ en AC, de la ecuación 5.3.1, se realiza la revisión del archivo de composición para la identificación del servicio fallido sf_i y la sustitución del mismo por el servicio sustituto sx_i como se presenta a continuación.

Para todo AC correspondiente con un archivo de composición real realizar AFD_R de la ecuación 5.3.2:

En archivos de composición WSDL, $\forall x_i$:

$$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}$$

$$q_0 = \text{"leer archivo xml"}$$

$$F = \{q_4\}$$

$$\Sigma = \{E_1, E_2, E_3, EOF\}$$

$$\delta = \{((q_0, E_1), q_1), ((q_1, E_2), q_2), ((q_2, E_3), q_3), ((q_3, EOF), q_4)\}$$

Tabla 16. Estados para AFD_R de un WSDL

Estado	Descripción
q_0	Leer archivo xml
q_1	Obtener nombre del servicio
q_2	Obtener dirección del servicio
q_3	Obtener profundidad del servicio
q_4	Termina lectura de archivo

Tabla 17. Estatutos para AFD_R de un WSDL

Estatuto	Descripción
E_1	Servicio
E_2	Reemplaza nombre del servicio $sf_i \rightarrow x_i$
E_3	Reemplaza dirección del servicio $sf_i \rightarrow x_i$

Para archivos de composición Stubs, $\forall x_i$:

$$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}$$

$$q_0 = \text{"leer archivo java"}$$

$$F = \{q_4\}$$

$$\Sigma = \{E_1, E_2, E_3, E_4, EOF\}$$

$$\delta = \{((q_0, E_1), q_1), ((q_1, E_2), q_2), ((q_2, E_3), q_3), ((q_3, E_4), q_4), ((q_3, EOF), q_4)\}$$

Tabla 18. Estados para AFD_R de un Stub

Estado	Descripción
q_0	Leer archivo java
q_1	Obtener nombre del servicio
q_2	Obtener dirección del servicio
q_3	Obtener archivo de descripción
q_4	Termina lectura de archivo

Tabla 19. Estatutos para AFD_R de un Stub

Estatuto	Descripción
E_1	Punto final (endpoint)
E_2	Simbolo "/" reemplaza $sf_i \rightarrow x_i$
E_3	Simbolo "=" reemplaza $sf_i \rightarrow x_i$
E_4	Dirección

Para todo AC correspondiente con un archivo de composición real, realizar AFD_S de la ecuación 5.3.3:

Para archivos de composición DAX, $\forall x_i$:

$$Q = \{q_0, q_1, q_2\}$$

$$q_0 = \text{"leer archivo DAX"}$$

$$F = \{q_5\}$$

$$\Sigma = \{E_1, E_2, EOF\}$$

$$\delta = \{((q_0, E_1), q_1), ((q_1, E_2), q_1), ((q_1, EOF), q_2)\}$$

Tabla 20. Estados para AFD_S de un DAX

Estado	Descripción
q_0	Leer archivo DAX
q_1	Obtener nombre del servicio
q_2	Termina lectura de archivo

Tabla 21. Estatutos para AFD_R de un DAX

Estatuto	Descripción
E_1	Servicio (name)
E_2	Reemplaza nombre del servicio $sf_i \rightarrow x_i$

Una vez reconstruido el archivo de composición, este es provisionado al consumidor del servicio mediante comando **Deploy**→**AC** de la plataforma de despliegue utilizada provista en el modelo PaaS.

Capítulo 5: Pruebas y Análisis de Resultados

El presente apartado refiere a los resultados obtenidos del Modelo de Orquestación Dinámica aplicado a Servicios atómicos (MODS) de procesos de aplicaciones de negocios (SaaS) en la Nube Computacional. Para realizar las pruebas, el MODS fue implementado en Java y probado en un ambiente simulado, el cual fue generado por la herramienta *WorkflowSim*, con el objetivo de evaluar la funcionalidad del modelo en la orquestación dinámica de servicios atómicos que forman parte de flujos de trabajo que representan al SaaS al momento de ser utilizado por el consumidor de servicios.

Del análisis de resultados de cada prueba se deduce que los resultados obtenidos del MODS, atienden al cumplimiento del objetivo, definido en esta investigación, para apoyar en la correcta ejecución del SaaS frente al cliente, al seleccionar y utilizar servicios atómicos disponibles en su flujo de trabajo.

5.1. Ambiente de Nube

Para poder llevar a cabo las pruebas al MODS, fue creado un ambiente simulado de Nube, representado en la Figura 21, el cual se realizó utilizando la herramienta *WorkflowSim* [61] con las siguientes características de configuración: un centro de datos llamado “*Cenidet_DataCenter*” que contiene dos servidores llamados “*Cenidet_1*” y “*Cenidet_2*”; cada uno con las siguientes características: dos procesadores de doble núcleo de 113093 mips; 16GB en RAM; 1 TB de almacenamiento; Sistema Operativo Windows Server 2016 y un monitor de máquinas virtuales Xen. Cada servidor contiene 20 máquinas virtuales (Vm), cada una con las siguientes características: un procesador de 1000 mips, 512 en RAM, ancho de banda de 1000 mps y 10 GB de almacenamiento. Cada Vm tiene asignado uno o varios *Cloudlet*³ para su ejecución dependiendo de la carga de trabajo de cada una de las Vm. Así mismo, el ambiente simulado cuenta con un gestor intermediario entre el cliente y el host.

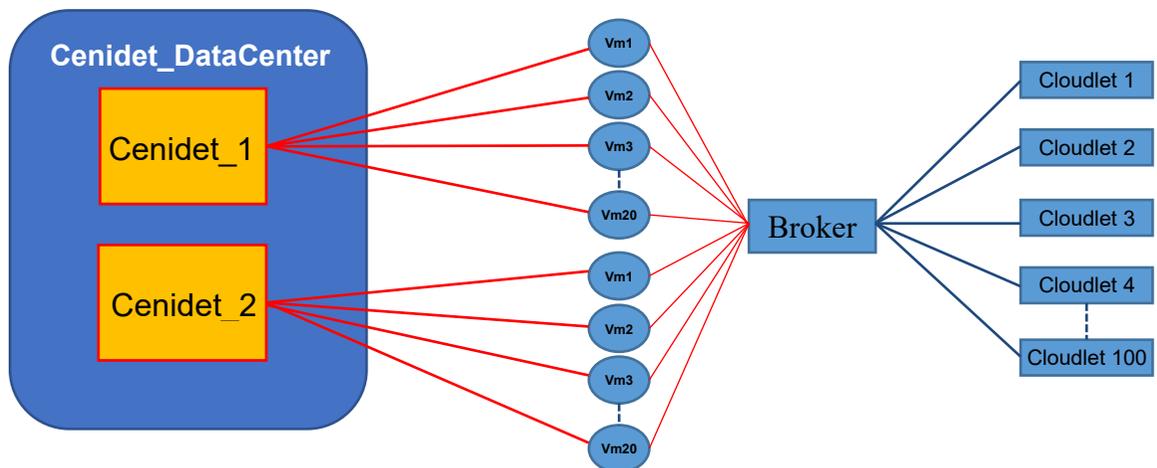


Figura 21. Ambiente simulado de Nube para pruebas del MODS

Para probar el comportamiento y desempeño del MODS, ante una interacción del consumidor de servicios con el SaaS que representa su proceso de negocios, éste fue implementado como un componente de software y desplegado como servicio en el modelo PaaS en el ambiente simulado de Nube, tal como se muestra en la Figura 22:

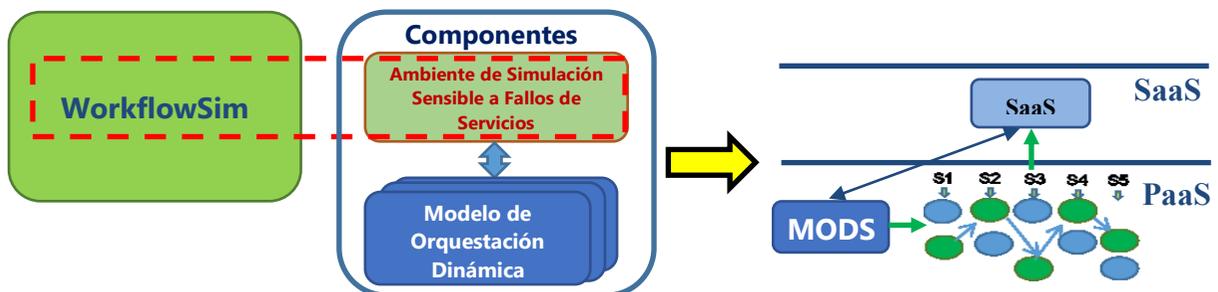


Figura 22. Componente MODS desplegado como servicio

³ Cloudlet: Es un objeto simulado en el ambiente de WorkflowSim que representa a un servicio de aplicación basado en la Nube [67]. Este objeto en el ambiente de Nube de esta tesis, simula a los servicios atómicos de la aplicación Montage.

El SaaS utilizado en el ambiente de pruebas con el MODS fue la aplicación *Montage* [62]. Esta es una aplicación a gran escala desarrollada por la NASA y es utilizada para generar mosaicos personalizados de imágenes espaciales. Como se puede apreciar en la Figura 23, la aplicación *Montage*, la cual es desplegada en el modelo SaaS, está formada por 8 servicios atómicos, o microservicios, los cuales se encuentran compuestos en el flujo de trabajo definido por el compositor del proveedor de servicios dentro del modelo PaaS. Cada uno de estos servicios atómicos, con el apoyo del modelo IaaS, tiene asignado la infraestructura necesaria para poder ejecutarse correctamente cuando es utilizado por la aplicación del usuario (como se muestra de ejemplo en el servicio atómico S3 del servicio *mFitPlane* en el modelo PaaS).

Montage funciona de la siguiente manera cuando es ejecutada por el usuario de la Nube: la aplicación recibe como entrada tres imágenes en el servicio atómico *Projector*. Estas imágenes de entrada son proyectadas en una escala espacial común mediante el servicio *mProject*, las imágenes resultantes son enviadas al servicio *mDiff* para ahora analizar aquellas que tienen solapamiento, una vez detectados estos son sustraídos uno del otro. Paso seguido, las imágenes con las diferencias obtenidas son colocadas en un plano por medio del servicio *mFitPlane* para que el servicio *mConcatFit* concatene las imágenes. Una vez obtenidas las imágenes concatenadas el servicio *mBgModel* somete las imágenes a un modelo de radiación de fondo común para que el servicio *mBackground* pueda rectificar las imágenes en el nivel de fondo común, finalmente el servicio *mAdd* toma las imágenes proyectadas y corregidas del fondo para fusionarlas como último paso en el mosaico de salida.

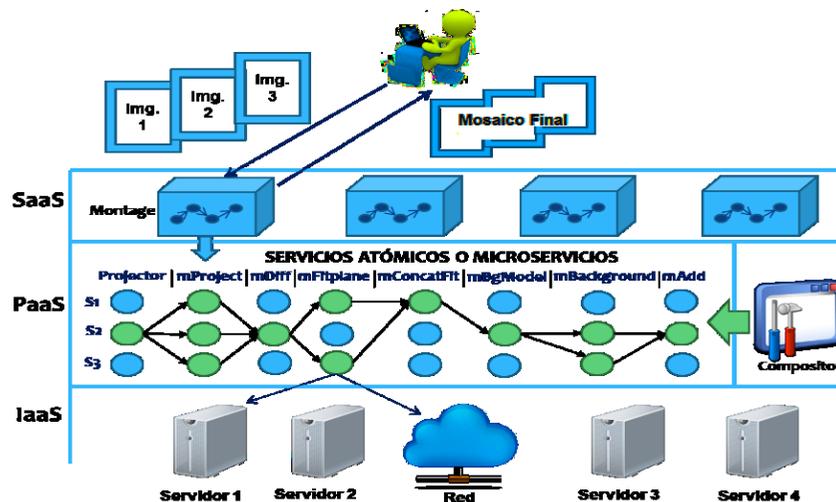


Figura 23. Contexto de aplicación Montage en el ambiente de pruebas

5.2. Especificación de Casos de Prueba

A continuación se presentan los diferentes casos de prueba realizados al MODS con el objetivo de evaluar su desempeño en el análisis y corrección de flujos de trabajo que representan al SaaS para garantizar que éstos cumplan en tiempo y forma al momento de ser utilizados por el consumidor de servicios. En el Apéndice B se pueden observar a detalle los apartados: Plan de Pruebas y Especificación del Diseño de Pruebas, de los cuales se establecen los diferentes casos de pruebas aplicados en este apartado.

5.2.1. Especificación del Caso de Prueba MOD-01-03.1

Este caso de prueba lleva por título: “Caso de prueba para la identificación de servicios atómicos de un flujo de trabajo”.

Elementos de prueba

Las características probadas son aquellas definidas en el apartado de Especificación del Diseño de Prueba: **MOD-01-02.1** definido en el Apéndice B.

Resultado esperado de la prueba

El resultado esperado, en este caso de prueba, es la lista de los servicios atómicos que componen el flujo de trabajo del servicio *Montage* así como la profundidad que presenta cada uno de los servicios en el flujo de trabajo.

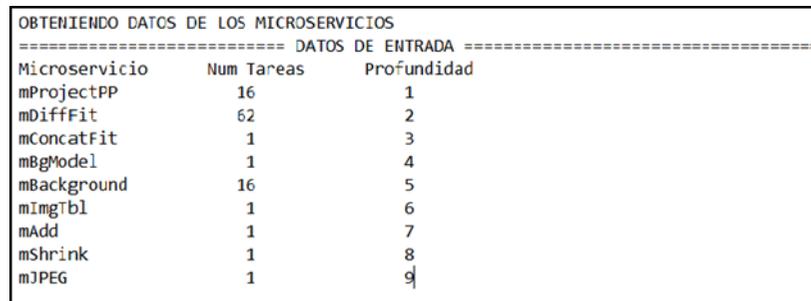
Especificaciones de entrada

Ejecutar el programa simulador con las entradas presentadas a continuación, para este caso de prueba:

- El archivo xml correspondiente al DAX de la aplicación *Montage* con la ruta o dirección correcta.
- El archivo xml correspondiente al DAX de la aplicación *Montage* con la ruta o dirección incorrecta.

Especificación de salida

El simulador muestra en pantalla, a partir de la ruta correcta del archivo, los servicios atómicos encontrados en el archivo xml, tal como se visualiza en la Figura 24:

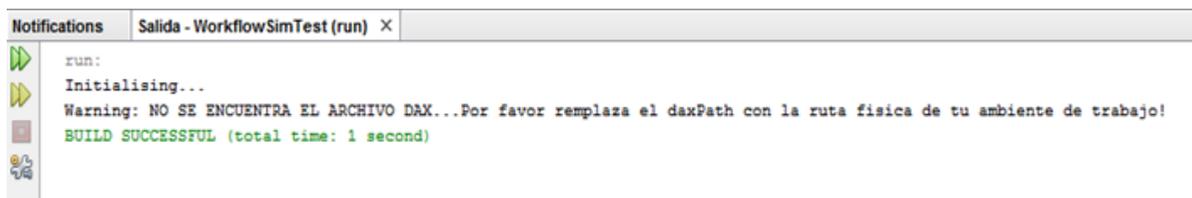


```
OBTENIENDO DATOS DE LOS MICROSERVICIOS
===== DATOS DE ENTRADA =====
Microservicio      Num Tareas      Profundidad
mProjectPP         16              1
mDiffFit           62              2
mConcatFit         1               3
mBgModel           1               4
mBackground        16              5
mImgTbl            1               6
mAdd               1               7
mShrink            1               8
mJPEG              1               9
```

Figura 24. Salida en pantalla de los servicios atómicos encontrados en el flujo de trabajo

En el Apéndice B, en el apartado Representación Detallada de Resultados, se encontrará una representación más detallada de la salida de los servicios atómicos identificados en el archivo xml.

Para el caso de la entrada de ruta incorrecta del archivo DAX, la Figura 25 muestra el resultado emitido por el programa simulador:



```
Notifications | Salida - WorkflowSimTest (run) X
run:
Initialising...
Warning: NO SE ENCUENTRA EL ARCHIVO DAX...Por favor reemplaza el daxPath con la ruta fisica de tu ambiente de trabajo!
BUILD SUCCESSFUL (total time: 1 second)
```

Figura 25. Salida en pantalla de entrada incorrecta del archivo DAX de Montage

5.2.2. Análisis de Resultados del Caso de Prueba MOD-01-03.1

Para la entrada correcta del archivo DAX se obtiene como resultado un listado en donde se muestra cada uno de los servicios atómicos que intervienen en los 100 trabajos realizados dentro la ejecución del SaaS *Montage*. Cada servicio atómico muestra la cantidad de tareas y la profundidad en el flujo de trabajo.

Para el caso de la entrada incorrecta del archivo DAX, el resultado por parte de la aplicación en el ambiente *Workflowsim* es un mensaje de advertencia para ajustar la ruta correcta donde se encuentra el archivo DAX.

5.2.3. Especificación del Caso de Prueba MOD-01-03.2

Este caso de prueba lleva por título: “Caso de prueba para la identificación de servicios atómicos disponibles, en el flujo de trabajo, por histórico de comportamiento”.

Elementos de Prueba

Las características probadas son aquellas definidas en el apartado de Especificación del Diseño de Prueba: **MOD-01-02.2** definido en el Apéndice B.

Resultado esperado de la prueba

El resultado que se espera obtener para este caso de prueba es la precisión del MODS para identificar el comportamiento de los servicios que conforman el flujo de trabajo a ejecutar. Para esto, el MODS deberá emitir una lista de servicios atómicos, en donde se informe el comportamiento que presentan cada uno de ellos cuando éstos son analizados por el modelo, a partir del histórico de comportamiento. El resultado será comparado con la salida emitida por la herramienta *WorkflowSim*.

Especificación de Entrada

En este caso de prueba se recibe como entrada:

- La lista con los servicios atómicos identificados en el flujo de trabajo, así como la máquina virtual y tiempo de inicio que el simulador ha establecido a cada servicio atómico.
- El estado de registros del histórico de comportamiento para determinar si es posible establecer la probabilidad de disponibilidad basada en un histórico de comportamiento.

Especificación de Salida

Se muestran los resultados obtenidos por el modelo de orquestación en el ambiente simulado con la herramienta *WorkflowSim*. El ambiente presenta dos casos, en el primero de ellos definido como **MOD-01-03.2.1** en el cual, el comportamiento de los servicios atómicos de la aplicación *Montage* se presentan de manera normal, sin fallas, en el segundo caso, el cual es definido como **MOD-01-03.2.2**, el ambiente presenta sobrecarga en la ejecución, tanto de infraestructura como de servicios, propiciando que los servicios atómicos se comporten de manera variada, algunos presentado fallas y otros ejecutándose de manera normal.

La Tabla 22, muestra la lista de servicios atómicos obtenidos, a partir de la revisión por parte del MODS a los servicios atómicos de entrada, revisando el histórico de comportamiento de cada uno de ellos, en el ambiente establecido al

caso de prueba **MOD-01-03.2.1**. Para mayor información, consultar la Tabla 48 presentada en el apartado B4 del apéndice B.

Tabla 22. Lista de servicios revisados por el MODS a partir del histórico de comportamiento

NombreServicio	Total Servicios	Confiabilidad	Estado
Stage-in	1	100	ACEPTADO
mProjectPP	16	95.0 – 95.8	ACEPTADO
mDiffFit	61	88.2 – 95.8	ACEPTADO
mConcatFit	1	94.4	ACEPTADO
mBgModel	1	95.0	ACEPTADO
mBackground	16	88.8 – 92.8	ACEPTADO
mImgTbl	1	100.0	ACEPTADO
mAdd	1	85.0	ACEPTADO
mShrink	1	90.0	ACEPTADO
mJPEG	1	95.0	ACEPTADO

A continuación, en la Tabla 23, se muestra el resultado emitido por la herramienta WorkflowSim, sin el uso de MODS, en el ambiente simulado del mismo caso de prueba **MOD-01-03.2.1**. Para mayor información, consultar la Tabla 49 presentada en el apartado B4 del apéndice B.

Tabla 23. Resultado emitido por WorkflowSim sin el uso del MODS en un ambiente sin fallos

Job ID	STATUS	Time	Start Time	Finish Time	Depth	Cost
100	SUCCESS	0,11	0,1	0,21	0	6,73
0 - 15	SUCCESS	13,39 – 14,13	0,21	14,34	1	41,37 – 43,59
16 - 77	SUCCESS	11,1 – 11,9	13,85	37,59	2	34,83 – 37,29
78	SUCCESS	4,97	37,59	42,56	3	14,92
79	SUCCESS	5,34	42,56	47,9	4	16,02
80 - 95	SUCCESS	11,04 – 11,52	47,9	59,43	5	34,73 – 36,17
96	SUCCESS	16,52	59,43	75,94	6	62,35
97	SUCCESS	9,6	75,94	85,54	7	42,6
98	SUCCESS	11,17	85,54	101,71	8	62,5
99	SUCCESS	1,02	101,71	102,72	9	3,25

Se muestran a continuación los resultados para el caso de prueba **MOD-01-03.2.2**, en el cual, se presenta una sobrecarga en el ambiente simulado que propicia variación en la ejecución de servicios atómicos.

La Tabla 24, muestra el resultado emitido por la herramienta WorkflowSim, en el cual se observan ciertos servicios atómicos que aparecen como fallidos en su ejecución. Para mayor información, consultar la Tabla 50 presentada en el apartado B4 del apéndice B.

Tabla 24. Resultado emitido por WorkflowSim en un ambiente con fallos

2017-05-08									
Job ID	Task ID	STATUS	Data center ID	VM ID	Time	Start Time	Finish Time	Depth	Cost
72	73,	FAILED	2	18	11,34	13,85	25,2	2	34,83
51	52,	FAILED	2	12	11,1	14,14	25,24	2	34,11
59	60,	FAILED	2	25	11,31	14,04	25,35	2	34,74
40	41,	FAILED	2	0	11,65	13,74	25,39	2	36,54
66	67,	FAILED	2	38	11,28	14,11	25,39	2	34,62
39	40,	FAILED	2	2	11,69	13,74	25,43	2	36,67
22	23,	FAILED	2	1	11,69	13,74	25,43	2	36,67
:									
36	37,	FAILED	2	37	11,78	14,11	25,89	2	36,95
30	31,	FAILED	2	20	12,02	13,91	25,93	2	37,65
97	98,	FAILED	2	0	9,6	87,73	97,33	7	42,6

Tabla 25. Resultado del MODS con media muestral de 8.5% en fallos

NombreServicio	IdJob	IdVM	FechaUso	Confiabilidad	Estado
mDiffFit	72	18	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	51	12	2017-05-08	88.2	ACEPTADO
mDiffFit	59	25	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	40	0	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	66	38	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	39	2	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	22	1	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
⋮					
mDiffFit	36	37	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	30	20	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mAdd	97	0	2017-05-08	85.0	ACEPTADO

La Tabla 25 muestra, para el mismo caso de prueba **MOD-01-03.2.2**, el resultado emitido por el MODS basado en el análisis por histórico de comportamiento. Para mayor información, consultar la Tabla 51 presentada en el apartado B4 del apéndice B.

5.2.4. Análisis de Resultados del Caso de Prueba MOD-01-03.2

Para este caso de prueba, los resultados son analizados en dos partes. El primer análisis corresponde al caso de prueba **MOD-01-03.2.1**, en el cual, como se puede apreciar en la Tabla 22 y Tabla 23, los resultados coinciden en el funcionamiento exitoso de los servicios atómicos en el ambiente simulado. La Tabla 26 demuestra la precisión del MODS en la identificación de los servicios atómicos disponibles para su ejecución, con respecto a los ejecutados exitosamente en la simulación emitida por WorkflowSim.

Tabla 26. Índice de precisión de MODS para el caso MOD-01-03.2.1

No. Prueba	Prueba	Índice de Precisión	
1	MOD-01-03.3.2.1	Caso para servicios atómicos aceptados:	
		WorkflowSim=100	MODS=100
		$P = 100/100 = 1$	

Sin embargo, es importante señalar que el descubrimiento de servicios atómicos por parte del MODS, los cuales coinciden con los emitidos por *WorkflowSim*, se apegan a la probabilidad acertada debido al nivel de confianza en el comportamiento adecuado de los servicios, es decir, el MODS obtuvo tales resultados por la falta de precisión en la probabilidad de acierto para los servicios con fallos. Lo anterior, debido al valor crítico en el nivel de confianza en el que se encuentra la muestra del histórico de comportamiento referente a los fallos emitidos en cada servicio atómico. Por lo que los resultados, con el 91.5% en el valor de confianza de comportamientos adecuados en los servicios atómicos, son marcados como ACEPTADO.

Para el caso de la prueba **MOD-01-03.2.2**, los resultados emitidos por el MODS varían con los resultados emitidos en el ambiente simulado sin el uso del modelo. Lo anterior se puede apreciar en la diferencia presentada de la Tabla 24 con respecto a la Tabla 25, correspondiente a los resultados emitidos por la herramienta *WorkflowSim* y MODS respectivamente. En éstas, se puede apreciar una diferencia en el recuadro remarcado en color rojo, correspondiente

a todos aquellos servicios atómicos marcados como *ACEPTADO*, con respecto al recuadro remarcado en color rojo de la Tabla 24 en donde los servicios aparecen etiquetados como *FALLIDO*. Lo anterior se debe a la falta de precisión en la probabilidad de acierto debido al valor crítico en el nivel de confianza en el que se encuentra la muestra del histórico de comportamiento.

El hallazgo de la falta de precisión en la probabilidad de acierto se expresa a continuación:

Se realizaron 2000 registros correspondientes al histórico de comportamiento de los 100 servicios atómicos utilizados en la aplicación *Montage*. 1000 registros corresponden a ejecuciones exitosas de servicios atómicos, ocasionadas por cambios en sus máquinas virtuales. Otros 1000 registros corresponden a 10 llamadas a la aplicación *Montage* con 100 registros en donde se presentan fallas en algunos servicios atómicos.

En total se tienen 163 registros de servicios atómicos fallidos, repartidos entre los 100 registros en las 10 veces que se utilizó la aplicación *Montage*. Lo que equivale a una muestra del 8.5% de fallas en el histórico de comportamiento.

A continuación en la

Figura 26 se sitúa el nivel de confianza esperado y el valor crítico en el cual se sitúa nuestro ambiente.

Se puede apreciar, en la

Figura 26, que la media muestral actual $\bar{x} = 8.5\%$ se encuentra por debajo del 21% necesario para comenzar a precisar la probabilidad de aciertos. Por lo que se procede, para este caso de prueba, incrementar a $\bar{x} \geq X_{\alpha/2}$, realizando un incremento del 21% de registros con fallas.

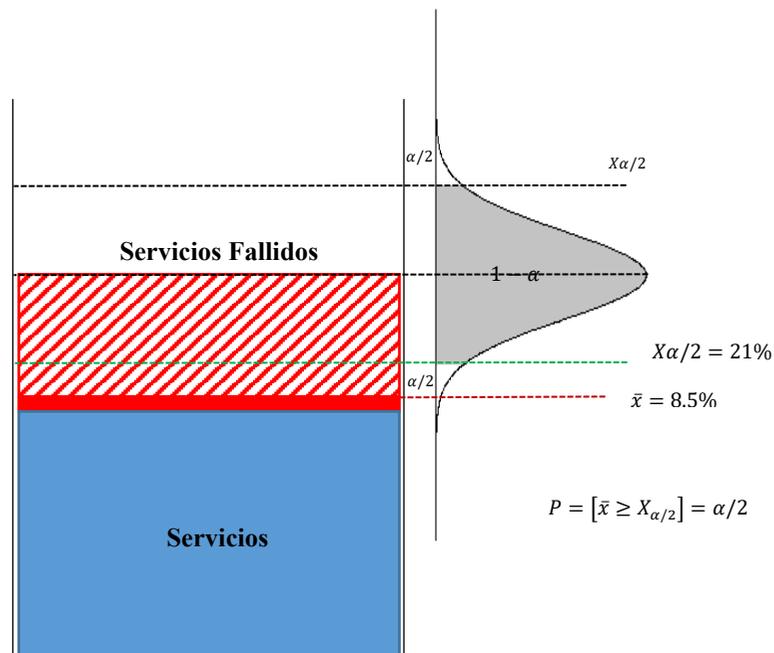


Figura 26. Intervalo de confianza con el índice actual y lo requerido

En la Tabla 27 se puede observar, en el recuadro rojo, cómo los resultados obtenidos por el MODS se ajustan mejor al generado por el simulador, presentado en la Tabla 24, esto al incrementar en $\bar{x} = 21\%$ los fallos en los registros de los servicios atómicos marcados en el recuadro verde, mejorando con ello la probabilidad de acierto en los servicios atómicos fallidos. El incremento sigue siendo bajo para un nivel de precisión alto en la probabilidad, por lo que el comportamiento en la revisión de servicios atómicos bajo este nivel sigue siendo con baja probabilidad de éxito. A partir de este porcentaje de incremento en fallos, el MODS puede empezar a precisar en la identificación tanto de servicios atómicos con comportamientos deseables de ejecución, como de servicios con probabilidad de falla, basado sólo en el histórico de comportamiento de los servicios. Para mayor información, consultar la Tabla 52 presentada en el apartado B4 del apéndice B.

Tabla 27. Ambiente simulado utilizando el MODS con media muestral del 21%

NombreServicio	IdJob	IdVM	FechaUso	Confiabilidad	Estatus
mDiffFit	72	18	2017-05-08	77.7	FALLIDO
mDiffFit	51	12	2017-05-08	78.9	FALLIDO
mDiffFit	59	25	2017-05-08	77.7	FALLIDO
mDiffFit	40	0	2017-05-08	78.0	FALLIDO
mDiffFit	66	38	2017-05-08	78.2	FALLIDO
mDiffFit	39	2	2017-05-08	78.0	FALLIDO
mDiffFit	22	1	2017-05-08	78.0	FALLIDO
mDiffFit	36	37	2017-05-08	79.3	FALLIDO
mDiffFit	30	20	2017-05-08	79.3	FALLIDO
⋮					
mAdd	97	0	2017-05-08	77.2	FALLIDO

5.2.5. Especificación del Caso de Prueba MOD-01-03.3

Este caso de prueba lleva por título: “Caso de prueba para la Identificación de servicios atómicos disponibles, en el flujo de trabajo, a partir de la revisión de valores de sus atributos dependientes (estáticos) e independientes (dinámicos)”.

Elementos de Prueba

Las características probadas son aquellas definidas en el apartado de Especificación del Diseño de Prueba: **MOD-01-02.3**, definido en el Apéndice B.

Resultado Esperado de la Prueba

Para este caso de prueba se espera que el MODS, a partir del análisis, a partir de sus factores dependientes e independientes, de los servicios atómicos que forman parte del flujo de trabajo de entrada, obtenga una lista de servicios atómicos con los servicios atómicos identificados como “Aceptado” para ejecutarse de manera correcta, así como una lista de servicios atómicos etiquetados como “Fallido” en caso de encontrar servicios cuyas condiciones afecten al servicios, comprometiendo su correcta ejecución. Para el caso de encontrar servicios atómicos fallidos, se espera que MODS proporcione una lista de servicios sustitutos que utilizados para la recomposición del flujo de trabajo.

Especificaciones de Entrada

Para este caso de prueba, como primer paso, se llama al módulo “Recomendación de Servicios” basado en factores independientes de los servicios atómicos (dinámicos), proporcionándole como entrada:

- Lista de servicios atómicos del flujo de trabajo de la aplicación *Montage* ejecutada por un cliente.

Como segundo paso se llama al módulo “*Recomendación de Servicios*” basado en factores dependientes de los servicios atómicos (estáticos), proporcionándole como entrada:

- Lista de servicios atómicos, generada por el simulador de servicios atómicos a partir de los valores de los atributos independientes (dinámicos), con el objetivo de determinar para todos aquellos que fueron propuestos como sustitutos, si cumplen con los atributos dependientes (estáticos) necesarios.

Especificaciones de Salida

El modelo de orquestación dinámica, muestra en pantalla la lista de los servicios atómicos que fueron aprobados como disponibles, así como una sub-lista de servicios atómicos sustitutos por cada servicio atómico definido como fallido en la revisión de valores de sus atributos dependientes (estáticos) e independientes (dinámicos).

La Tabla 28 muestra la lista emitida por el MODS para el primer caso de prueba definido como **MOD-01-03.3.1**, en un ambiente simulado sin sobrecarga, dando como resultado la ejecución exitosa de todos los servicios atómicos del flujo de trabajo. Para mayor información, consultar la Tabla 53 presentada en el apartado B4 del apéndice B.

Tabla 28. MODS con revisión dinámica en ambiente sin sobrecarga

2017-05-10		
<i>Servicio</i>	<i>IdJob</i>	<i>Estatus</i>
mProjectPP	0 -15	ACEPTADO
mDiffFit	16 - 77	ACEPTADO
mConcatFit	78	ACEPTADO
mBgModel	79	ACEPTADO
mBackground	80 - 95	ACEPTADO
mImgTbl	96	ACEPTADO
mAdd	97	ACEPTADO
mShrink	98	ACEPTADO
mJPEG	99	ACEPTADO

A continuación, en la Tabla 29, se muestran los resultados obtenidos de los servicios atómicos, para el mismo caso de prueba. Pero ahora sólo utilizando el ambiente simulado generado por WorkflowSim sin el uso del MODS. Como se puede apreciar, en la columna remarcada con color verde, que el estado de los resultados emitidos por la herramienta WorkflowSim, corresponden con los generados por el MODS. Para mayor información, consultar la Tabla 54 presentada en el apartado B4 del apéndice B.

Tabla 29. Ejecución del simulador sin el uso del MODS

2017-05-10						
<i>Job ID</i>	<i>STATUS</i>	<i>Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Finish Time</i>	<i>Depth</i>	<i>Cost</i>
100	SUCCESS	0,11	0,1	0,21	0	6,73
0 - 15	SUCCESS	13,39 – 14,13	0,21	14,34	1	41,37 – 43,59
16 - 77	SUCCESS	11,1 – 11,9	13,85	37,59	2	34,83 – 37,29
78	SUCCESS	4,97	37,59	42,56	3	14,92
79	SUCCESS	5,34	42,56	47,9	4	16,02
80 - 95	SUCCESS	11,04 – 11,52	47,9	59,43	5	34,73 – 36,17
96	SUCCESS	16,52	59,43	75,94	6	62,35

Pruebas y Análisis de Resultados

97	SUCCESS	9,6	75,94	85,54	7	42,6
98	SUCCESS	11,17	85,54	101,71	8	62,5
99	SUCCESS	1,02	101,71	102,72	9	3,25

Como último punto, para este mismo caso de prueba, se presenta a continuación en la Tabla 30 el índice de precisión que presentó el MODS en la identificación del comportamiento de servicios atómicos en base a una revisión de sus factores dependientes e independientes, al ser comparado con el resultado emitido por el simulador *WorkflowSim*.

Tabla 30. Índice de precisión del MODS para caso de prueba MOD-01-03.3.2.1

No. Prueba	Prueba	Índice de Precisión	
1	MOD-01-03.3.2.1	Caso para servicios atómicos aceptados:	
		WorkflowSim=100	MOD=100
		$P = 100/100 = 1$	

Bajo este mismo escenario de caso de prueba, donde se analiza el comportamiento de servicios atómicos a partir de sus factores dependientes e independientes, se define un nuevo escenario de prueba definido como **MOD-01-03.3.2**, en donde se analiza el comportamiento del MODS junto con la herramienta *WorkflowSim* en un ambiente simulado con sobrecarga en infraestructura y en los servicios de la aplicación *Montage*.

En la Tabla 31, se muestra el resultado emitido por la herramienta *Workflowsim* en el ambiente simulado sin el uso del MODS. Para mayor información, consultar la Tabla 55 presentada en el apartado B4 del apéndice B.

Tabla 31. Ambiente simulado con sobrecarga sin el uso del MODS

2017-05-10									
Job ID	Task ID	STATUS	Data center ID	VM ID	Time	Start Time	Finish Time	Depth	Cost
72	73,	FAILED	2	18	11,34	13,85	25,2	2	34,83
51	52,	FAILED	2	12	11,1	14,14	25,24	2	34,11
⋮									
97	98,	FAILED	2	0	9,6	87,73	97,33	7	42,6

En contraste, con la tabla anterior, en la Tabla 32 se muestra un resumen del resultado generado por el MODS al revisar los valores de los atributos dependientes e independientes de los servicios atómicos del flujo de trabajo de la aplicación *Montage* en un ambiente simulado de Nube con sobrecarga en infraestructura y en los servicios de la aplicación. Para mayor información, consultar la Tabla 56 presentada en el apartado B4 del apéndice B.

Tabla 32. Listado de servicios atómicos aceptados y sustitutos emitidos por el MODS

2017-05-10				
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus	
mDiffFit	72	18	FALLIDO	
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:				
	Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
	mDiffFit	72	39	ACEPTADO
mDiffFit	51	12	FALLIDO	
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:				
	Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
	mDiffFit	51	37	ACEPTADO
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

mAdd	97	0	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mAdd SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mAdd	97	40	ACEPTADO

Los servicios atómicos seleccionados por el orquestador del MODS fueron a partir del grado de satisfacción de los servicios atómicos sustitutos en base al cumplimiento de los valores de los atributos dependientes e independientes. La Tabla 33 muestra el grado de satisfacción de los servicios atómicos sustitutos para el trabajo con ID 72 (remarcado con el recuadro azul en la Tabla 32). Los datos de los atributos así como el cálculo del grado de satisfacción son presentados a detalle en la Tabla 62 y Tabla 63 del Apéndice B, en la sección titulada Representación Detallada de Resultados.

Tabla 33. Grado de Satisfacción para la elección del servicio atómico mDiffFit

Servicio	IdJob	IdVM	Grado de Satisfacción
mDiffFit	72	35	0.7789
mDiffFit	72	38	1.7784
mDiffFit	72	39	0.2500

Una vez generado el listado de servicios disponibles propuestos por el modelo de MODS, se coloca cada registro de la lista en el proceso de ejecución del simulador, obteniendo como resultado los datos presentados en la Tabla 34. Para mayor información, consultar la Tabla 57 presentada en el apartado B4 del apéndice B.

Tabla 34. Recuperación de fallos utilizando el MODS en ambiente simulado

2017-05-10									
Job ID	Task ID	STATUS	Data center ID	VM ID	Time	Start Time	Finish Time	Depth	Cost
72	73,	SUCCESS	2	39	11,34	13,85	25,2	2	34,83
51	52,	SUCCESS	2	37	11,1	14,14	25,24	2	34,11
59	60,	SUCCESS	2	36	11,31	14,04	25,35	2	34,74
40	41,	SUCCESS	2	34	11,65	13,74	25,39	2	36,54
66	67,	SUCCESS	2	32	11,28	14,11	25,39	2	34,62
39	40,	SUCCESS	2	31	11,69	13,74	25,43	2	36,67
22	23,	SUCCESS	2	30	11,69	13,74	25,43	2	36,67
⋮									
67	68,	SUCCESS	2	21	11,69	14,11	25,8	2	36,67
31	32,	SUCCESS	2	22	11,66	14,14	25,8	2	36,58
63	64,	SUCCESS	2	23	11,46	14,34	25,8	2	35,98
65	66,	SUCCESS	2	26	11,71	14,11	25,82	2	36,73
69	70,	SUCCESS	2	30	11,78	14,06	25,84	2	36,93
47	48,	SUCCESS	2	27	11,7	14,14	25,84	2	36,69
73	74,	SUCCESS	2	31	11,76	14,09	25,85	2	36,88
⋮									
97	98,	SUCCESS	2	40	9,6	75,94	85,54	7	42,6
98	99,	SUCCESS	2	0	16,17	106,93	123,1	8	62,5

5.2.6. Análisis de Resultados del Caso de Prueba MOD-01-03.3

En una comparativa de resultados entre los valores que arroja el simulador *WorkflowSim* sin el uso del MODS, así como los generados al utilizar el simulador *WorkflowSim* con el MODS, se obtiene como resultado de desempeño del MODS, tal como como se muestra la Figura 27 (a) y (b), que el modelo detecta factores como el tiempo que tardan en contestar las máquinas virtuales así como la sobrecarga que éstas presentan, afectando en la disponibilidad de los

Pruebas y Análisis de Resultados

servicios atómicos que ahí se ejecutan, lo que ocasiona que estos fallen tal como se presenta en el resultado de la simulación presentada en la Tabla 31. El MODS, como se muestra en la Tabla 32 identifica las fallas y evita que éstas se presenten al cambiar los servicios atómicos en máquinas virtuales disponibles para su ejecución asegurando la ejecución correcta de los servicios como se muestra en la Tabla 34. Sin embargo, el cambio de máquina virtual ocasiona un sanción de costo, círculo rojo en la Figura 27 (b), por parte del planificador al tener que conmutar a otra máquina virtual (el incremento de tiempo es por el procesamiento adicional para cambiar de una máquina virtual a otra), pero obteniendo como ventaja una disminución en el retraso de ejecución de los trabajos, tal como se muestra en el círculo verde de la Figura 27 (b). Por otro lado, el simulador *WorkflowSim* sin el uso del MODS, como se muestra en la Figura 27 (a), utiliza como recuperación de fallos la ejecución de todos los trabajos fallidos nuevamente en máquinas virtuales iguales o reasignadas por parte del planificador, mejorando un poco el costo de procesamiento, como se muestra en el círculo verde de la Figura 27 (a), pero incrementado el retraso de ejecución de los trabajos fallidos, como se muestra en el círculo rojo de la Figura 27 (a).

62	63,	SUCCESS	2	12	11,57	25,24	36,81	2	36,31
102	52,	SUCCESS	2	28	11,1	25,73	36,83	2	33,31
76	77,	SUCCESS	2	25	11,59	25,35	36,94	2	36,37
48	49,	SUCCESS	2	0	11,59	25,39	36,97	2	36,36
103	60,	SUCCESS	2	33	11,27	25,76	37,03	2	33,82
53	54,	SUCCESS	2	38	11,66	25,39	37,05	2	36,58
105	67,	SUCCESS	2	19	11,31	25,77	37,08	2	33,93
45	46,	SUCCESS	2	2	11,67	25,43	37,1	2	36,6
101	73,	SUCCESS	2	29	11,34	25,77	37,12	2	34,03
16	17,	SUCCESS	2	4	11,68	25,52	37,21	2	36,65
25	26,	SUCCESS	2	3	11,7	25,57	37,27	2	36,69
18	19,	SUCCESS	2	5	11,7	25,57	37,27	2	36,69
17	18,	SUCCESS	2	6	11,71	25,57	37,28	2	36,73
24	25,	SUCCESS	2	7	11,72	25,57	37,29	2	36,77
130	64,	SUCCESS	2	35	11,47	25,82	37,29	2	34,41
75	76,	SUCCESS	2	8	11,72	25,58	37,3	2	36,76
112	44,	SUCCESS	2	24	11,52	25,79	37,3	2	34,55
46	47,	SUCCESS	2	16	11,73	25,58	37,32	2	36,8
113	39,	SUCCESS	2	11	11,54	25,8	37,34	2	34,61
118	72,	SUCCESS	2	15	11,56	25,8	37,36	2	34,69
64	65,	SUCCESS	2	21	11,75	25,62	37,38	2	36,86
115	56,	SUCCESS	2	34	11,59	25,8	37,39	2	34,77

a) WorkflowSim sin el MODS

8	9,	SUCCESS	2	11	13,93	0,21	14,14	1	42,99
9	10,	SUCCESS	2	13	13,98	0,21	14,19	1	43,14
11	12,	SUCCESS	2	14	14,09	0,21	14,3	1	43,47
0	1,	SUCCESS	2	15	14,13	0,21	14,34	1	43,59
72	73,	SUCCESS	2	39	11,34	13,85	25,2	2	34,83
51	52,	SUCCESS	2	37	11,1	14,14	25,24	2	34,11
59	60,	SUCCESS	2	36	11,31	14,04	25,35	2	34,74
40	41,	SUCCESS	2	34	11,65	13,74	25,39	2	36,54
66	67,	SUCCESS	2	32	11,28	14,11	25,39	2	34,62
39	40,	SUCCESS	2	31	11,69	13,74	25,43	2	36,67
22	23,	SUCCESS	2	30	11,69	13,74	25,43	2	36,67
37	38,	SUCCESS	2	27	11,67	13,85	25,52	2	36,62

b) WorkflowSim con el MODS

Figura 27. Comparativa de los resultados obtenidos de los servicios atómicos identificados

En la Tabla 35 se muestra el resultado de servicios atómicos al utilizar el MODS en el ambiente simulado. De las 10 ejecuciones realizadas utilizando sólo la herramienta *WorkflowSim* se puede visualizar que de los 163 fallos no se realizan propuestas de servicios alternativos ni sustitutos en tiempo de ejecución para evitar la falla de los servicios. Al final de cada una de las ejecuciones la

herramienta marca a cada uno de los servicios como fallidos dando un total de 1837 servicios ejecutados como aceptados, para las 10 ejecuciones. Para el caso de las 10 ejecuciones utilizando el MODS como orquestador de la herramienta WorkflowSim para la ejecución exitosa de la aplicación, se puede observar que el MODS también es capaz de identificar en tiempo de ejecución los 163 servicios con comportamientos de fallas, proponiendo tres servicios, con características deseables para una correcta ejecución, para cada servicio identificado como fallido dando un total de 489 servicios atómicos alternativos para evitar las fallas. De los servicios alternativos se seleccionaron 163 servicios sustitutos a ser colocados en el flujo de trabajo alternativo. Lo anterior, a partir del grado de satisfacción de los requerimientos de disponibilidad y carga de trabajo en los recursos asignados a los servicios. El flujo de trabajo alternativo es enviado en tiempo de ejecución a la herramienta *WorkflowSim* para planificar los servicios sustitutos y ser ejecutados en el ambiente simulado. En total para las 10 ejecuciones de flujo de trabajo de *Montage* utilizando *WorkflowSim* con el MODS, se ejecutaron 2000 servicios atómicos exitosamente.

Tabla 35. Resultados de servicios atómicos al utilizar el MODS

Servicios encontrados:	WorkflowSim	Aceptados: 1837 Fallidos: 163
	WorkflowSim con MODS	Aceptados: 1837 Fallidos: 163
Servicios alternos:	WorkflowSim	Alternativos: 0
	WorkflowSim con MODS	Alternativos: 489
Servicios candidatos:	WorkflowSim	Sustitutos: 0
	WorkflowSim con MODS	Sustitutos: 163
Servicios ejecutados con éxito:	WorkflowSim	Ejecutados: 1837
	WorkflowSim con MODS	Ejecutados: 2000

Se muestra a continuación, en la Tabla 36, el índice de precisión para la primera de las 10 entradas en este caso de prueba, correspondiente al resultado emitido por el MODS comparado con los resultados emitidos por el simulador WorkflowSim. Los resultados generados en las 9 pruebas restantes se concentran en el Apéndice B.

Tabla 36. Índice de precisión del MODS en un ambiente de nube con sobrecarga

No. Prueba	Prueba	Índice de Precisión	
1	MOD-01-03.3.2.	Caso para servicios atómicos aceptados:	
		WorkflowSim=59	MODS=59
		P= 59/59=1	
		Caso para servicios atómicos fallidos:	
		WorkflowSim=41	MODS=41
		P= 41/41=1	

La precisión de los resultados emitidos por el MODS puede observarse gráficamente en la Figura 28, en donde se presenta cada uno de los resultados emitidos por las 10 ejecuciones del simulador con una tasa de generación de

fallos del 10%. Se observa que los hallazgos obtenidos al utilizar el MODS, en tiempo de ejecución, corresponden con los resultados emitidos por el simulador en relación a los servicios atómicos que fueron ejecutados exitosamente y aquellos que presentaron fallas en su ejecución.

Para el caso de los servicios atómicos etiquetados como fallidos por el modelo de orquestación, debido a las características que presentaron en sus factores dependientes e independientes, el modelo de orquestación definió tres servicios atómicos alternativos por cada servicio fallido, definiendo un total de 489 servicios atómicos alternativos de los cuales 163 son los sustitutos a ser ejecutados.

Para determinar la probabilidad de falla, el modelo de orquestación contempla la probabilidad de espacios equiprobables presentada en [58] y definida en la ecuación (5.3.19) para valores obtenidos en tiempo de ejecución del comportamiento que presentan los servicios atómicos.

Donde $S = \{A \cup B \cup C \cup D\}$ es el espacio muestral y $E = \{A \cap B \cap C \cap D\}$ es el evento que constituye un conjunto de resultados con los servicios atómicos cuyas características presentadas obedecen al conjunto de servicios atómicos $S_{PF} = \{x \in S_{bp} | x \in A, x \in B, x \in C, x \in D\}$ que representa anomalías al SaaS (probabilidad de fallas). Donde $A = \{x \in S_{bp} \cap x \in N_{cf}\}$, $B = \{x \in S_{bp} \cap x \in N_{tp}\}$, $C = \{x \in S_{bp} \cap x \in N_d\}$, $D = \{x \in S_{bp} \cap x \in N_{cto}\}$. N_{cf} es el grado de confiabilidad $\leq 80\%$, N_{tp} es tiempo de respuesta $\leq 80\%$, N_d es el grado de disponibilidad $\leq 80\%$ y N_{cto} es el costo comprendido en el rango de +/- 10% del costo original.

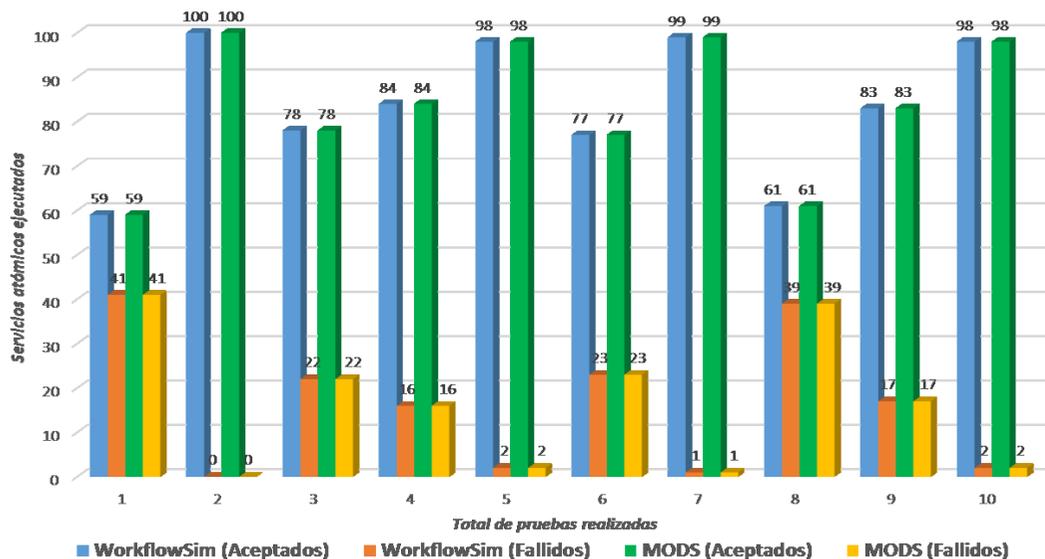


Figura 28. Precisión del MODS en la detección del comportamiento de servicios atómicos

Para mayor detalle, en la Figura 29 se puede observar el desempeño del MODS en la selección y ejecución de servicios atómicos candidatos en cada una de las 10 pruebas realizadas en el ambiente simulado.

Los servicios atómicos alternativos (representados por la barra en color azul), los cuales se obtuvieron de la selección de todos los servicios sustitutos (representados por la barra amarilla con azul), sustituyen a todos aquellos servicios atómicos que presentaron condiciones de falla (representados por la barra en color rojo) en el flujo de trabajo *Montage* original. El flujo de trabajo reconstruido (representado por la barra de color verde con azul) fue ejecutado exitosamente en el ambiente simulado generado por *WorkflowSim*.

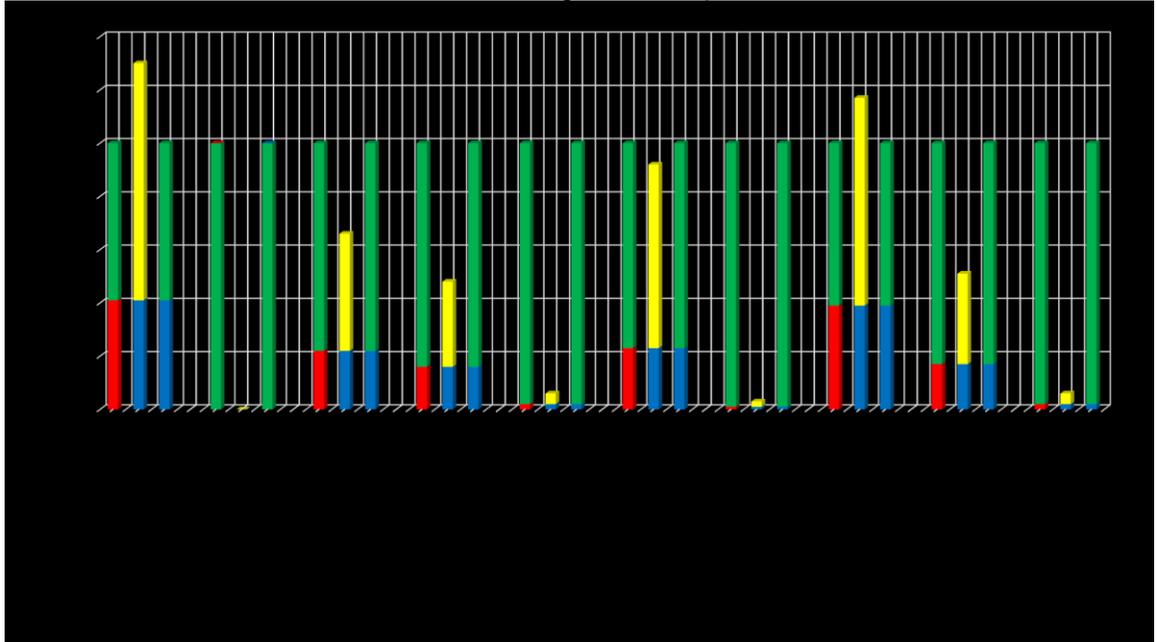


Figura 29. Desempeño del MODS en la ejecución de servicios atómicos

5.2.7. Especificación del Caso de Prueba MOD-01-03.4

Este caso de prueba lleva por título: “Caso de prueba para la identificación de servicios atómicos disponibles y sustitutos para el flujo de trabajo, a partir de la revisión emitida por el histórico de comportamiento apoyada de la revisión dinámica de valores asociados a los atributos dependientes (estáticos) e independientes(dinámicos)”.

Elementos de Prueba

Las características probadas son aquellas definidas en el apartado de Especificación del Diseño de Prueba: MOD-01-02.4, definido en el Apéndice B.

Resultado Esperado de la Prueba

Se espera que el MODS determine de manera exitosa, en tiempo de ejecución, el comportamiento de todos aquellos servicios atómicos que forman parte del flujo de trabajo que es ejecutado por el consumidor de servicios, identificando todos aquellos servicios que se puedan ejecutar exitosamente y todos aquellos que pueden presentar algún fallo. Para ello, se espera que el MODS los identifique primero por medio de una revisión basada en histórico de comportamiento y después los confirme, dependiendo del nivel de confianza del histórico de comportamiento, mediante una revisión dinámica, a partir del análisis

de atributos estáticos y dinámicos que presentan los servicios en tiempo de ejecución.

Especificaciones de Entrada

Como primer punto en este caso de prueba, se recibe como entrada:

- La lista con los servicios atómicos identificados en el flujo de trabajo, así como la máquina virtual y tiempo de inicio que el simulador ha establecido a cada servicio atómico.
- El estado que guarda cada servicio en el histórico de comportamiento, para determinar si es posible establecer la probabilidad de disponibilidad por histórico.

Como segundo punto, se recibe como entrada la revisión dinámica de los valores de los atributos dependientes e independientes de cada servicio atómico:

- Lista de servicios atómicos fallidos por parte de la revisión del histórico de comportamiento.

Especificación de Salida

Se muestran a continuación, los resultados obtenidos por el MODS en un ambiente simulado por la herramienta WorkflowSim. El ambiente presenta dos casos:

- El primer caso, definido como **MOD-01-03.4.1**, se prepara un ambiente simulado en donde los recursos asignados a cada servicio atómico se comportan de manera normal sin ningún fallo.
- El segundo caso, definido como **MOD-01-03.4.2**, se presenta un ambiente simulado en donde se sobrecargan los recursos asignados a los servicios atómicos, propiciando comportamientos inadecuados que favorezcan a los fallos en algunos servicios atómicos.

Como primer punto se muestran los resultados emitidos por el simulador para el caso de prueba **MOD-01-03.4.1**. La Tabla 37 muestra el resultado en pantalla al ejecutar el ambiente simulado generado por *WorkflowSim* sin el uso del MODS. En el recuadro verde de la figura se puede observar que el estado de ejecución de cada uno de los servicios atómicos es “Exitoso” y que cada uno comenzó y terminó en un determinado tiempo sobre una determinada máquina virtual generando un tiempo de procesamiento. Para mayor información, consultar la Tabla 58 presentada en el apartado B4 del apéndice B.

Como segundo punto se muestran los resultados emitidos por el simulador para el mismo caso de prueba, pero ahora utilizando MODS en la orquestación dinámica de servicios atómicos. En la Tabla 38, se puede observar la lista de servicios atómicos generados por MODS a partir de una revisión histórica de comportamiento bajo un esquema de revisión de comportamiento y tiempo de respuesta $\geq 80\%$. Esta prueba se sitúa en el mismo caso que presento la prueba **MOD-01-03.2.1**. En donde el nivel de confianza de los servicios atómicos exitosos es del 91.5%. Para mayor información, consultar la Tabla 59 presentada en el apartado B4 del apéndice B.

Tabla 37. Resultado del simulador WorkflowSim en un ambiente controlado sin el uso de MODS

2017-05-12

Pruebas y Análisis de Resultados

Job ID	STATUS	Time	Start Time	Finish Time	Depth	Cost
100	SUCCESS	0,11	0,1	0,21	0	6,73
0 - 15	SUCCESS	13,39 – 14,13	0,21	14,34	1	41,37 – 43,59
16 - 77	SUCCESS	11,1 – 11,9	13,85	37,59	2	34,83 – 37,29
78	SUCCESS	4,97	37,59	42,56	3	14,92
79	SUCCESS	5,34	42,56	47,9	4	16,02
80 - 95	SUCCESS	11,04 – 11,52	47,9	59,43	5	34,73 – 36,17
96	SUCCESS	16,52	59,43	75,94	6	62,35
97	SUCCESS	9,6	75,94	85,54	7	42,6
98	SUCCESS	11,17	85,54	101,71	8	62,5
99	SUCCESS	1,02	101,71	102,72	9	3,25

Tabla 38. Resultado del simulador WorkflowSim en un ambiente controlado con el uso de MODS

2017-05-12			
NombreServicio	Total Servicios	Confiabilidad	Estado
Stage-in	1	100	ACEPTADO
mProjectPP	16	95.0 – 95.8	ACEPTADO
mDiffFit	61	88.2 – 95.8	ACEPTADO
mConcatFit	1	94.4	ACEPTADO
mBgModel	1	95.0	ACEPTADO
mBackground	16	88.8 – 92.8	ACEPTADO
mImgTbl	1	100.0	ACEPTADO
mAdd	1	85.0	ACEPTADO
mShrink	1	90.0	ACEPTADO
mJPEG	1	95.0	ACEPTADO

Para este caso de prueba analizado, no se emitieron recomendaciones de sustitutos debido a que todos los servicios fueron exitosos en la revisión realizada por el MODS bajo un histórico de comportamiento.

A continuación se presentan los resultados derivados de la prueba **MOD-01-03.4.2**, en donde se presenta la simulación con un 10% de sobrecarga en el ambiente propiciando el comportamiento inadecuado de algunos servicios atómicos.

La Tabla 39, presenta el caso de prueba para un ambiente simulado con sobrecarga sin el uso del MODS, en donde todos los servicios atómicos presentan una ejecución exitosa. Para mayor información, consultar la Tabla 60 presentada en el apartado B4 del apéndice B.

Tabla 39. Resultado del simulador WorkflowSim sin el uso del MODS en un ambiente con fallos

2017-05-12									
Job ID	Task ID	STATUS	Data Center ID	VM ID	Time	Start Time	Finish Time	Depth	Cost
100	Stage-in	SUCCESS	2	0	0,11	0,1	0,21	0	6,73
1	2,	SUCCESS	2	0	13,39	0,21	13,6	1	41,37
4	5,	SUCCESS	2	1	13,44	0,21	13,65	1	41,52
:									
14	15,	SUCCESS	2	2	13,5	0,21	13,71	1	41,7
6	7,	SUCCESS	2	3	13,53	0,21	13,74	1	41,79
3	4,	SUCCESS	2	4	13,58	0,21	13,79	1	41,94
98	99,	SUCCESS	2	0	16,17	85,54	101,71	8	62,5
99	100,	SUCCESS	2	0	1,02	101,71	102,72	9	3,25

Para este mismo caso de prueba, el simulador utiliza el MODS con un valor de $\bar{x}=21\%$ para el nivel de confianza en el histórico de comportamiento de servicios atómicos fallidos, obteniendo como resultado la lista de servicios

presentados en la Tabla 40. Para mayor información, consultar la Tabla 61 presentada en el apartado B4 del apéndice B.

Tabla 40. Resultado del MODS en la revisión con histórico de comportamiento

2017-05-12					
NombreServicio	IdJob	IdVM	FechaUso	Confiabilidad	Estatus
mProjectPP	1	0	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	4	1	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
⋮					
mDiffFit	72	18	2017-05-12	77.7	FALLIDO
mDiffFit	51	12	2017-05-12	78.9	FALLIDO
mDiffFit	36	37	2017-05-12	79.3	FALLIDO
mDiffFit	30	20	2017-05-12	79.3	FALLIDO
⋮					
mAdd	97	0	2017-05-12	77.2	FALLIDO
mShrink	98	0	2017-05-12	90.0	ACEPTADO
mJPEG	99	0	2017-05-12	95.0	ACEPTADO

La lista de servicios atómicos, presentada en la Tabla 40, es utilizada como entrada en el MODS para la revisión dinámica de servicios a partir de los valores de sus atributos dependientes (estáticos) e independientes (dinámicos), para determinar la disponibilidad real de los servicios atómicos fallidos y en caso de ser necesario generar la sub-lista de servicios atómicos sustitutos.

5.2.8. Análisis de Resultados del Caso de Prueba MOD-01-03.4

Como se puede observar en el recuadro verde de la Tabla 41, un aspecto importante que presenta el MODS con el trabajo en conjunto de los dos tipos de revisiones, tanto histórico de comportamiento como por revisión dinámica basada en factores dependientes e independientes de los servicios atómicos, es que el modelo es capaz de precisar la disponibilidad real de los servicios atómicos. En este caso de prueba, se puede observar que en la revisión del histórico de comportamiento, como se observa en el recuadro rojo de la Tabla 40. El modelo define como fallidos los servicios atómicos, sin embargo al revisarlos en tiempo de ejecución el modelo puede determinar que estos cuentan con una disponibilidad adecuada para una ejecución exitosa.

Tabla 41. Listado generado por el MODS en la revisión dinámica de servicios atómicos fallidos

2017-05-12			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	72	18	ACEPTADO
mDiffFit	51	12	ACEPTADO
⋮			
mDiffFit	36	37	ACEPTADO
mDiffFit	30	20	ACEPTADO
mAdd	97	0	ACEPTADO

El análisis realizado por el MODS basado en los factores dependientes e independientes que dieron como resultado el listado presentado en la Tabla 41, se presenta en la Tabla 42. En ésta se puede apreciar a manera de ejemplo como el MODS determinó, a partir de los niveles de control definidos para determinar el grado de disponibilidad y calidad del servicio, que el servicio

Pruebas y Análisis de Resultados

atómico mDiffFit con ID 72 presenta condiciones favorables en sus atributos dependientes e independientes para ejecutarse exitosamente. Los datos de los servicios atómicos restantes se detallan en el Apéndice B.

Tabla 42. Atributos estáticos y dinámicos del servicio atómico mDiffFit

SERVICIO	IDJOB	IDVM	
mDiffFit	72	18	
Atributos Estáticos			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$34.83	10	13.84	11.6562
Atributos Dinámicos			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput
0.9897	3	0.38	0.2167

Para este caso de prueba, no se generan sustitutos debido a que todos los servicios atómicos se ejecutan exitosamente. Por otro lado no se modifica el flujo de trabajo ya que todos los servicios atómicos se encuentran disponibles para su ejecución correcta.

Por otro lado, para el caso de pruebas donde el ambiente de Nube presenta un sobrecarga del 10% afectando el comportamiento de algunos servicios atómicos el MODS, a partir de una media muestral del 8.5%, obtuvo un índice de precisión igual a 1, llegada la fase de análisis de factores dependientes e independientes como se muestra en la Figura 30.

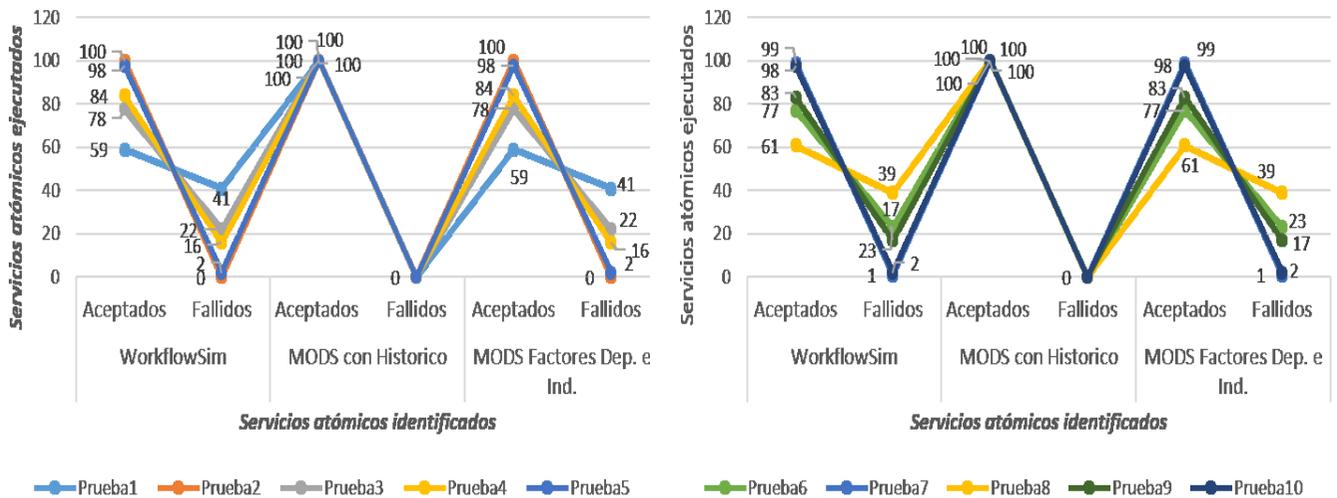


Figura 30. Índice de precisión del MODS con media muestral del 8.5%

Para el mismo caso de prueba, ahora con una media muestral del 21% para el historial de comportamiento de servicios atómicos con información de falla, el MODS obtuvo un índice de precisión de 1 desde la fase de histórico de comportamiento como se muestra en la Figura 31.

Pruebas y Análisis de Resultados

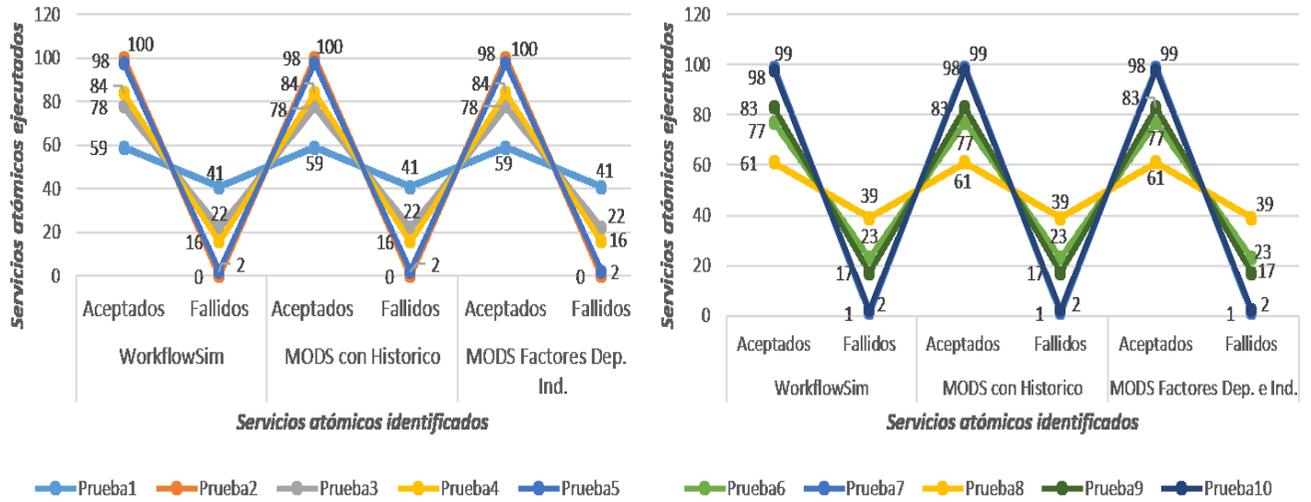


Figura 31. Índice de precisión del MODS con media muestral de 21%

Capítulo 6: Conclusión y Trabajos Futuros

En este apartado se presenta la conclusión de la tesis a partir del impacto que presentaron los resultados obtenidos ante el problema y los objetivos planteados en la investigación. Así mismo, se presentan las aportaciones del Modelo de Orquestación Dinámica aplicado al Software como Servicio (SaaS) MODS, así como una breve descripción de dos tesis de maestría, las cuales sirvieron de soporte para esta investigación. Por último se describen algunos trabajos futuros importantes para complementar este desarrollo tecnológico, así como las contribuciones al conocimiento en el área de ingeniería de software en un ambiente de Nube Computacional que aporta esta tesis.

Debido al ambiente dinámico que presenta la Nube Computacional es difícil anticipar el comportamiento que puedan presentar los servicios atómicos que integran al SaaS afectando su estado y poniendo en peligro su desempeño.

Un desafío que hoy en día requiere ser abordado en el SaaS es el grado de disponibilidad real que éste pueda tener en tiempo de ejecución. Este desafío se presenta en razón del ambiente dinámico que envuelve a la Nube Computacional, por lo que identificar el grado de utilización real de cada servicio atómico o compuesto que forma parte del flujo de trabajo del SaaS, así como el grado de utilización real de los recursos físicos asignados a cada uno, torna complejo el análisis de disponibilidad real del SaaS.

Un enfoque de solución es utilizar un “Software as a Service Orchestration” (SaaS_O) dinámico que permita establecer tanto la lógica de negocios y el orden de ejecución de las tareas como la asignación dinámica de recursos. Sin embargo este enfoque sigue siendo aún un desafío actual por abarcar, por lo que hasta el momento, no existe en la literatura un modelo de orquestación dinámica encaminado a controlar el rendimiento del SaaS en tiempo de ejecución a partir de la disponibilidad real de los servicios atómicos que lo conforman.

El modelo de orquestación dinámica de servicios (MODS) presentado en esta tesis contribuye de manera importante en el control del rendimiento del SaaS, ya que permite emplear una técnica proactiva que se anticipa a fallos, eligiendo aquellos servicios atómicos que serán reemplazados y aquellos que los reemplazarán mediante el análisis, en tiempo de ejecución, de los atributos correspondientes a los factores dependientes e independientes que se presentan en los servicios, así como al comportamiento que han tenido los servicios a lo largo de su uso. La gestión de servicios considera la asignación de recursos mediante el empleo de técnicas de cargas de trabajo y gestión de flujos de trabajo para garantizar su correcta ejecución.

Para la coordinación efectiva de los servicios atómicos del flujo de trabajo, el MODS considera el monitoreo y coordinación de servicios atómicos, así como los factores de influencia dependientes e independientes.

Cumplimiento del Objetivo

Los resultados obtenidos de las pruebas al método en el ambiente de Nube simulada, demuestran que el MODS determina las condiciones favorables o desfavorables de ejecución de los servicios atómicos en tiempo de ejecución, en base a la revisión dinámica de los valores presentados en los atributos dependientes e independientes de servicios atómicos del flujo de trabajo de la aplicación *Montage* así como de su histórico de comportamiento; antes que éstos sean utilizados en el flujo de trabajo, permitiendo aplicar, en caso de ser necesario, la reconstrucción de éste mediante la sustitución de servicios con baja disponibilidad, en el flujo de trabajo original, por servicios atómicos alternativos con la disponibilidad necesaria para una correcta ejecución del SaaS.

El histórico de comportamiento es un factor importante para evitar revisar en tiempo de ejecución los valores de los atributos de factores dependientes e independientes de los servicios atómicos, siempre y cuando la media muestral sea $\bar{x} \geq 21\%$ del intervalo crítico, $X - \alpha/2 \leq \bar{x} \leq X + \alpha/2$, para el caso de la probabilidad $1 - \alpha$ de éxito en la estimación.

A diferencia de los mecanismos de tolerancia a fallas que agrupan los servicios fallidos para después intentar ejecutarlos, se pudo observar que el MODS gana tiempo de ejecución al ejecutar en su tiempo de procesamiento los servicios atómicos sustitutos. Sin embargo esta ganancia de tiempo tiene una sanción económica por parte del planificador, por el gasto

computacional para cambiar de servicios atómicos en otra máquina virtual. No obstante el costo adicional es aceptable ya que se encuentra en el intervalo $-10\%valor\ original \leq costo \leq +10\%valor\ original$ establecido en este modelo.

En conclusión, como se describe en el apartado 5.2.8 de la sección “Pruebas y Analisis de Resultados” en donde el modelo es evaluado tanto es la revisión dinámica de factores dependientes e independientes del servicios así como en la revisión del historico de comportamiento, el modelo obtuvo un índice de precisión igual a 1 en la identificación de servicios fallidos y un índice de precisión de 1 al corregir y ejecutar exitosamente los servicios atómicos sustitutos impactando en el funcionamiento correcto del Software como Servicio en términos de rendimiento y confiabilidad, garantizando la disponibilidad necesaria de cada uno de los servicios atómicos para su correcta ejecución. Con lo anterior se comprueba que a partir de las hipótesis estadísticas definidas en el apartado de Antecedentes, nuestra hipótesis de investigación cumple con **H1**: $x \rightarrow y \neq 0$.

Costo - Beneficio proporcionado por el MODS

En términos de productividad, la capacidad que brinda la orquestación dinámica de poder anticiparse a fallos en los servicios atómicos trae consigo otros beneficios importantes como el tiempo y un bajo costo por recuperación de fallos.

Para corroborar lo anterior, en base a las pruebas realizadas al MODS, se obtuvieron los resultados de tiempo y costo mostrados en las Figura 32.

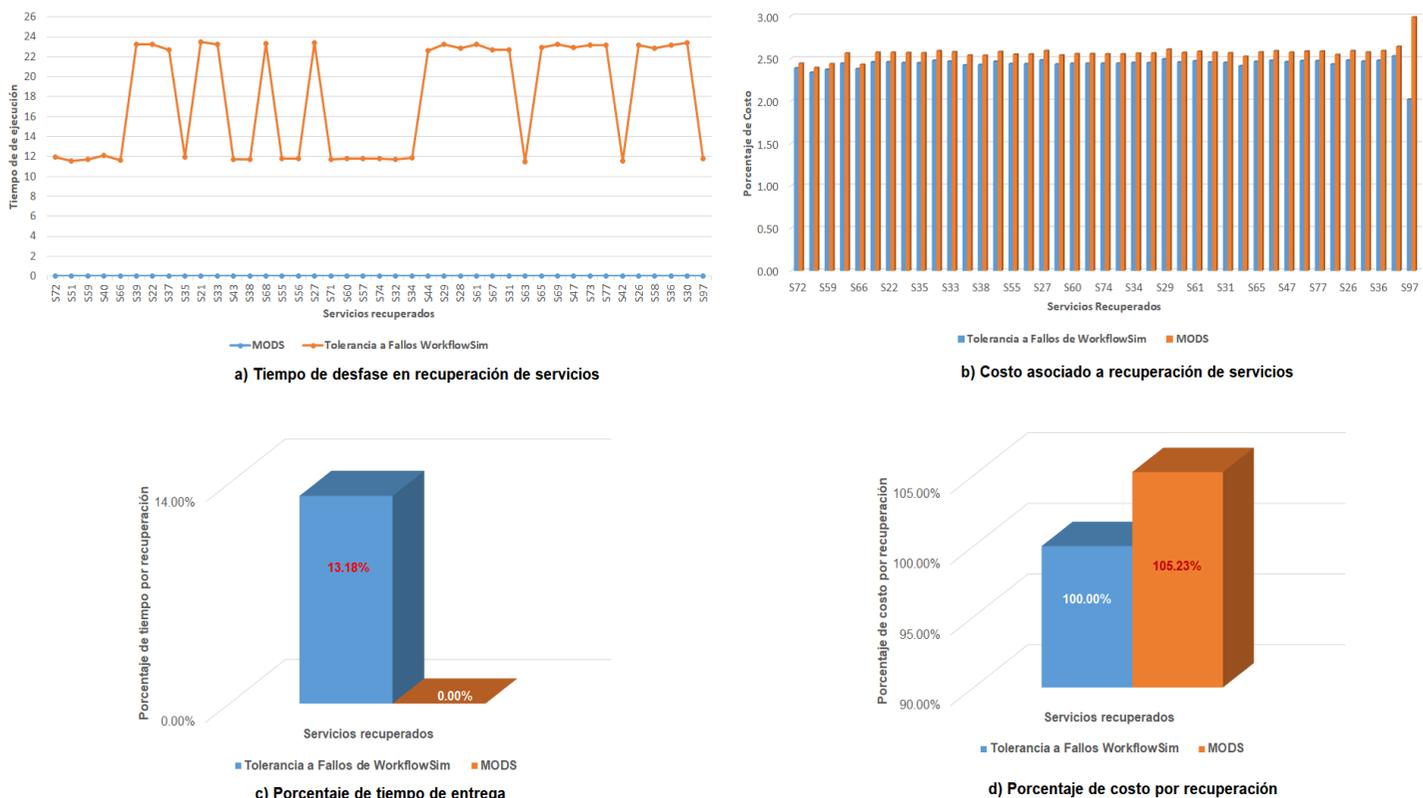


Figura 32. Relación entre el tiempo de entrega y el costo asociado por los cambios

Una aportación a considerar del MODS es la definición de un conjunto de servicios alternativos en tiempo de ejecución, siempre y cuando existan suficientes servicios alternativos equivalentes en la Nube. Esta aportación permite la generación de flujos de

trabajos alternativos ordenados de mayor a menor en base a criterios de disponibilidad para asegurar la correcta ejecución del SaaS.

Los beneficios que proporciona el MODS a los consumidores de servicios es que les permite alcanzar sus metas de valor para mantener o alcanzar sus ventajas competitivas, mediante el aseguramiento de la disponibilidad real en tiempo de ejecución, así como del comportamiento adecuado de los servicios atómicos o microservicios que forman parte del flujo de trabajo del SaaS, logrando con ello garantizar la ejecución exitosa al momento de ser utilizado por el consumidor de servicios.

Se pudo determinar que los valores asociados a los servicios atómicos tales como:

- Factores dependientes: costo, tiempo de procesamiento, capacidad de respuesta, reputación.
- Factores independientes: ancho de banda; latencia de servidores; rendimiento de un servicio sobrecargado (*throughput*); disponibilidad de servicio; número de peticiones re-entrantes.
- Histórico de comportamiento: confiabilidad; tiempo de respuesta; frecuencia de uso; frecuencia de fallas, costo.

Permiten determinar en tiempo de ejecución la disponibilidad real con la que cuentan los servicios atómicos de un flujo de trabajo correspondiente a un SaaS de la Nube Computacional.

La orquestación dinámica del SaaS hoy en día es una de las claves para explotar y mejorar el rendimiento de este tipo de servicios, ya que, por un lado, permite establecer de manera dinámica la lógica de composición de los servicios atómicos del flujo de trabajo que representa a un proceso de negocios y, por otro lado, permite en tiempo de ejecución realizar las acciones necesarias en los servicios atómicos para estabilizar de manera adecuada el flujo de trabajo, garantizando así la ejecución exitosa del SaaS e impactando con ello la meta de valor y ventajas competitivas del consumidor de servicios al utilizar el SaaS de manera efectiva acorde a sus necesidades.

Así mismo, al utilizar una orquestación dinámica, en el SaaS se logran garantizar los tiempos de ejecución establecidos en los SLA, por lo que el proveedor y consumidor quedan en equilibrio entre el tiempo de respuesta y el costo de respuesta del servicio utilizado. Sin embargo, esta ganancia de tiempo tiene una sanción económica por parte del planificador, por el gasto computacional para cambiar los servicios atómicos entre máquinas virtuales con mejores características de disponibilidad y comportamiento. Lo anterior se puede apreciar en la Figura 32 (c) y la Figura 32 (d).

Sin embargo, y como se pudo apreciar, el costo asociado a la recuperación de fallos solo representa un incremento de 5.23%, mientras que el tiempo de desfase en la ejecución de los servicios recuperados es de 13.18%, para los casos de prueba realizados. Por lo anterior, el tiempo de desfase en la ejecución de los servicios puede alterar drásticamente los costos asociados a la productividad, el desempeño y la eficiencia, repercutiendo negativamente en la meta de valor y las ventajas competitivas de los consumidores. Por otro lado, el bajo costo asociado a la recuperación de los servicios mediante la orquestación dinámica puede ser fácilmente absorbido por el proveedor de servicios, debido los beneficios que ésta genera en el mantenimiento del SaaS.

Aunque la eficiencia no fue un objetivo perseguido en este trabajo de investigación, las técnicas empleadas de planificación, recuperación, monitoreo y recomendación utilizados, no generan sobrecarga que influya en el proceso de ejecución del SaaS.

Trabajos Futuros

Algunos de los trabajos que quedan por abordar en el futuro para la orquestación de servicios en un ambiente dinámico son:

- El control de versiones de los servicios atómicos con presencia de anomalías en tiempo de ejecución.
- Mejorar la eficiencia del modelo propuesto de orquestación dinámica, generando un método de orquestación ligero que haga uso adecuado de los recursos en tiempo de ejecución.
- Una orquestación dinámica de servicios que actúe automáticamente durante el despliegue, aprovisionamiento y ejecución de servicios atómicos.
- Realización de la orquestación de servicios que considere todas las condiciones establecidas entre el cliente y proveedor en el SLA.
- Orquestación dinámica de servicios que considera la migración de instancias virtuales, máquinas virtuales y máquinas físicas que alojen servicios atómicos a ser coordinados durante el despliegue, aprovisionamiento y ejecución del mismo.

Tesis de Maestría

De este proyecto de tesis se desprendieron dos proyectos de investigación, importantes para un proceso de orquestación de servicios atómicos, los cuales fueron atendidos por dos tesis de maestría. El primero de ellos es el presentado en la tesis [63] en el cual se presenta una extensión al estándar UDDI para un modelo de recomendación de servicios en la plataforma de la nube computacional en base a su funcionalidad y los factores de calidad estáticos de: costo, reputación, tiempo de procesamiento y tiempo de respuesta. El segundo proyecto fue abordado en la tesis [64], en donde se presenta un Sistema de Recomendación de Servicios, que busca y recupera información de servicios de grano fino en base a las características funcionales requeridas por un usuario. Los servicios recuperados son revisados y filtrados a partir de la evaluación de factores dinámicos de calidad, tales como: ancho de banda, latencia del servidor, throughput, disponibilidad, con el objetivo de seleccionar el o los servicios candidatos a ser recomendados.

Publicaciones Realizadas

Las publicaciones que se lograron con esta investigación fueron:

1. "Model of Dynamic Orchestration for SaaS", Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 16, no.31, ISSN: 1692-3324, doi:10.22395/rium.v16n31a7.
2. "Dynamic Orchestration Method of Atomic Services of the Software as a Service", Dyna New Technologies, vol. 6, no. 1, doi:http://dx.doi.org/10.6036/NT8934.
3. "Dynamic Orchestration Model for Software as a Service Workflow", Revista Ingeniería Investigación y Tecnología, ISSN: 1405-7743, Vol. XX, No. 3, julio-septiembre/2019, pp: n1-n2, IEEE Xplore. FI 0.59, <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n3.034>, doi: 10.22201/fi.25940732e.2019.20n3.034.
4. "Dynamic Orchestration in software as a Service", Dyna, Science Citation Index, Journal Citation Reports, Aceptado para publicación.

- [1] L. J. Zhang, "Editorial: Big services era: Global trends of cloud computing and big data," *IEEE Transactions on Services Computing*, vol. 5, no. 4, pp. 467–468, 2012.
- [2] IBM, "Champions of Software as a Service: How SaaS is fueling powerful competitive advantage," Armonk, NY, p. 11, 2014.
- [3] N. Research, "El Estado Actual de Cloud Computing en Mexico," México, 2013.
- [4] Cisco, "Cisco Global Cloud Index : Forecast and Methodology , 2014–2019," *White Pap.*, pp. 1–41, 2014.
- [5] C. S. C. Council, "Practical Guide to Platform as a Service," 2015.
- [6] A. Hilwa and R. P. Mahowald, "Salesforce1 Platform : Accelerate App Dev with Huge ROI," 2014.
- [7] Salesforce, "What is Software as a Service (SaaS) - salesforce.com," 2011. [Online]. Available: <https://www.salesforce.com/saas/>. [Accessed: 08-Nov-2017].
- [8] M. Fowler and J. Lewis, "Microservices," 2014. [Online]. Available: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html#CharacteristicsOfAMicroserviceArchitecture>. [Accessed: 30-Sep-2019].
- [9] J. Wang, P. Korambath, I. Altintas, J. Davis, and D. Crawl, "Workflow as a Service in the cloud: Architecture and scheduling algorithms," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 29, pp. 546–556, 2014.
- [10] T. Genez, L. F. Bittencourt, and E. R. M. Madeira, "Workflow Scheduling for SaaS / PaaS Cloud Providers Considering Two SLA Levels," no. July, pp. 906–912, 2016.
- [11] J. Bosman, H. Van Den Berg, and R. Van Der Mei, "Real-Time QoS Control for Service Orchestration," *Proc. - 2015 27th Int. Teletraffic Congr. ITC 2015*, pp. 152–158, 2015.
- [12] K. Bouselmi, Z. Brahmi, and M. M. Gammoudi, "Cloud services orchestration: A comparative study of existing approaches," *Proc. - 2014 IEEE 28th Int. Conf. Adv. Inf. Netw. Appl. Work. IEEE WAINA 2014*, pp. 410–416, 2014.
- [13] D. Weerasiri, M. C. Barukh, B. Benatallah, Q. Z. Sheng, and R. Ranjan, "A Taxonomy and Survey of Cloud Resource Orchestration Techniques," *ACM Comput. Surv.*, vol. 50, no. 2, pp. 1–41, 2017.
- [14] Van der Wees Arthur, C. Daniele, L. Jesus, Edwards Mike, Schifano Nicholas, and S. L. Maddalena, "Cloud Service Level Agreement Standardisation Guidelines," *C-Sig Sla*, pp. 1–41, 2014.
- [15] P. Mell, T. Grance, and T. Grance, "The NIST Definition of Cloud Computing Recommendations of the National Institute of Standards and Technology," *Natl. Inst. Stand. Technol. Spec. Publ. 800-145*, 2011.
- [16] L. Joyanes Aguilar, *Computación en la Nube: Estrategias de Cloud Computing en las Empresas*, 1a. Edició. México: Alfaomega, 2012.
- [17] Cisco Networking Academy Program., *Network basics lab manual*. Indiana: Cisco Press, 2014.
- [18] J. Y. Lee, J. W. Lee, D. W. Cheun, and S. D. Kim, "A quality model for evaluating software-as-a-service in cloud computing," *Proc. - 7th ACIS Int. Conf. Softw. Eng. Res. Manag. Appl. SERA09*, pp. 261–266, 2009.
- [19] J. M. Myerson, "The role of Software as a Service in cloud computing SaaS maturity," no. April, pp. 1–8, 2009.
- [20] P. A. Laplante, J. Zhang, and J. Voas, "What's in a Name? Distinguishing between SaaS and SOA," *IT Prof.*, vol. 10, no. 3, pp. 46–50, 2008.
- [21] M. Kim, R. Sumbaly, and S. Shah, "Root Cause Detection in a Service-oriented Architecture," 2013, pp. 93–104.

- [22] A. Bala and I. Chana, "Intelligent failure prediction models for scientific workflows," *Expert Syst. Appl.*, vol. 42, no. 3, pp. 980–989, 2015.
- [23] J. Terpák, P. Horovčák, and M. Lukáč, "Mathematical models creation using orchestration and choreography of web services," *Proc. 2016 17th Int. Carpathian Control Conf. ICC 2016*, pp. 739–742, 2016.
- [24] R. S. Salgado *et al.*, "Dynamic Orchestration Method of Atomic Services of the Software As a Service," *DYNA New Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–16, 2019.
- [25] A. J. Mary and Y. M. Wendy, *Introduction to Measurement Theory*, 1st. Editi. Waveland Press, inc., 2002.
- [26] Roger S. Pressman, *Ingeniería del Software. Un Enfoque Práctico*, 5a.Edición. España: Mc Graw Hill/Interamericana de España, 2002.
- [27] F. Ricci, L. Rokach, and B. Shapira, *Introduction to Recommender Systems Handbook*. Boston, MA: Springer US, 2011.
- [28] A. S. Milani and N. J. Navimipour, "Load balancing mechanisms and techniques in the cloud environments: Systematic literature review and future trends," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 71, pp. 86–98, 2016.
- [29] K. Al Nuaimi, N. Mohamed, M. Al Nuaimi, and J. Al-Jaroodi, "A survey of load balancing in Cloud Computing: Challenges and algorithms," *Proc. - IEEE 2nd Symp. Netw. Cloud Comput. Appl. NCCA 2012*, pp. 137–142, 2012.
- [30] S. Aslam and M. A. Shah, "Load balancing algorithms in cloud computing: A survey of modern techniques," *2015 Natl. Softw. Eng. Conf. NSEC 2015*, no. Nsec, pp. 30–35, 2016.
- [31] T. Kohlborn, A. Korthaus, T. Chan, and M. Rosemann, "Identification and Analysis of Business and Software Services-A Consolidated Approach," *IEEE Trans. Serv. Comput.*, vol. 2, no. 1, pp. 50–64, Jan. 2009.
- [32] P. X. Wen and L. Dong, "Quality model for evaluating SaaS service," *Proc. - 4th Int. Conf. Emerg. Intell. Data Web Technol. EIDWT 2013*, pp. 83–87, 2013.
- [33] S. Banerjee and S. Jain, "A survey on Software as a service (SaaS) using quality model in cloud computing," *Int. J. Eng. Comput. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 3598–3602, 2014.
- [34] M. Perepletchikov, C. Ryan, and Z. Tari, "The Impact of Service Cohesion on the Analyzability of Service-Oriented Software," *IEEE Trans. Serv. Comput.*, vol. 3, no. 2, pp. 89–103, Apr. 2010.
- [35] Z. Jiang and G. Shang, "Business-oriented Enterprise Cloud Services framework," *Proc. 2013 3rd Int. Conf. Comput. Sci. Netw. Technol. ICCSNT 2013*, pp. 284–291, 2014.
- [36] F. Ye, Z. Wang, Z. Yue, X. Xu, and Y. Lou, "CloudUDDI: An extended UDDI model for cloud services," *Proc. - 2012 IEEE 2nd Int. Conf. Cloud Comput. Intell. Syst. IEEE CCIS 2012*, vol. 1, pp. 499–503, 2013.
- [37] A. Meera and S. Swamynathan, "Agent based Resource Monitoring System in IaaS Cloud Environment," *Procedia Technol.*, vol. 10, pp. 200–207, 2013.
- [38] J. Montes, A. Sánchez, B. Memishi, M. S. Pérez, and G. Antoniu, "GMonE: A complete approach to cloud monitoring," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 8, pp. 2026–2040, Oct. 2013.
- [39] S. Rabah, M. El Barachi, N. Kara, R. Dssouli, and J. Paquet, "A service oriented broker-based approach for dynamic resource discovery in virtual networks," *J. Cloud Comput.*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [40] M. B. Reynolds, D. R. Hulce, K. M. Hopkinson, M. E. Oxley, and B. E. Mullins, "Cloud Chamber: A Self-Organizing Facility to Create, Exercise, and Examine Software as a

- Service Tenants,” 2012, pp. 5546–5555.
- [41] K. M. Sim, “Agent-Based Cloud Computing,” *IEEE Trans. Serv. Comput.*, vol. 5, no. 4, pp. 564–577, 2012.
- [42] Y. M. Afify, I. F. Moawad, N. L. Badr, and M. F. Tolba, “A semantic-based Software-as-a-Service (SaaS) discovery and selection system,” 2013, pp. 57–63.
- [43] H. Talal, Z. Quan, H. Anne, and D. Schahram, “Analysis of Web-Scale Cloud Services,” *IEEE Internet Comput.*, vol. 18, no. 4, pp. 55–61, 2014.
- [44] C. Reginald, K. Spiros, B. Adam, and B. Marian, “Applying Workflow as a Service Paradigm to Application Farming,” *Concurr. Comput. Pract. Exp.*, vol. 22, no. 6, pp. 685–701, 2010.
- [45] Y. M. Zhu, R. S. Zhang, R. J. Hu, J. Lin, Z. Zhao, and S. Y. Zhang, “An improved web service recommendation and consumption approach,” *Proc. - 7th ChinaGrid Annu. Conf. ChinaGrid 2012*, pp. 115–120, 2012.
- [46] M. I. N. C. SUN *et al.*, “Fault Tolerance- Challenges , Techniques and Implementation in Cloud Computing,” *Int. J. Comput. Sci.*, vol. 9, no. 1, pp. 288–293, 2012.
- [47] D. Kong and Y. Zhai, “Trust based Recommendation System in service-oriented Cloud computing,” *Proc. 2012 Int. Conf. Cloud Comput. Serv. Comput. CSC 2012*, pp. 176–179, 2012.
- [48] J. Zhang *et al.*, “A technique of analyzing trust relationships to facilitate scientific service discovery and recommendation,” *Proc. - IEEE 10th Int. Conf. Serv. Comput. SCC 2013*, pp. 57–64, 2013.
- [49] J. Wang, N. Zhang, C. Zeng, Z. Li, and K. He, “Towards services discovery based on service goal extraction and recommendation,” *Proc. - IEEE 10th Int. Conf. Serv. Comput. SCC 2013*, pp. 65–72, 2013.
- [50] R. Hu, W. Dou, and J. Liu, “A hybrid collaborative filtering approach for multi-functional service recommendation,” *Proc. - 2013 IEEE 3rd Int. Conf. Cloud Green Comput. CGC 2013 2013 IEEE 3rd Int. Conf. Soc. Comput. Its Appl. SCA 2013*, pp. 54–59, 2013.
- [51] R. Fernando, R. Ranchal, B. Bhargava, and P. Angin, “A Monitoring Approach for Policy Enforcement in Cloud Services,” *IEEE Int. Conf. Cloud Comput. CLOUD*, vol. 2017–June, pp. 600–607, 2017.
- [52] S. Luo and M. Ben Salem, “Orchestration of software-defined security services,” *2016 IEEE Int. Conf. Commun. Work. ICC 2016*, pp. 436–441, 2016.
- [53] Qi Qi, Jianxin Liao, Jingyu Wang, Qi Li, and Yufei Cao, “Dynamic resource orchestration for multi-task application in heterogeneous mobile cloud computing,” in *2016 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS)*, 2016, vol. 2016–Septe, no. 1, pp. 221–226.
- [54] M. S. De Brito *et al.*, “A service orchestration architecture for Fog-enabled infrastructures,” *2017 2nd Int. Conf. Fog Mob. Edge Comput. FMEC 2017*, pp. 127–132, 2017.
- [55] A. Mayoral *et al.*, “Control Orchestration Protocol: Unified Transport API for Distributed Cloud and Network Orchestration,” *J. Opt. Commun. Netw.*, vol. 9, no. 2, p. A216, 2017.
- [56] T. Soenen, W. Tavernier, D. Colle, and M. Pickavet, “Optimising microservice-based reliable NFV management & orchestration architectures,” *Proc. 2017 9th Int. Work. Resilient Networks Des. Model. RNDM 2017*, pp. 1–7, 2017.
- [57] V. Devanathan and S. Sundaramurthy, “A Novel Method and Environment for Scalable Web Services Orchestration,” *Proc. - 2016 IEEE World Congr. Serv. Serv. 2016*, pp. 128–129, 2016.

- [58] L. Seymour and L. Marc, *Matemáticas Discretas*, 3a. Edició. Mc Graw Hill, 2009.
- [59] L. J. Devore, *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencia*, 7a. CENGAGE Learning, 2008.
- [60] S. K. Garg, S. Versteeg, and R. Buyya, "A framework for ranking of cloud computing services," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 4, pp. 1012–1023, 2013.
- [61] W. Chen and E. Deelman, "WorkflowSim: A toolkit for simulating scientific workflows in distributed environments," *2012 IEEE 8th Int. Conf. E-Science, e-Science 2012*, 2012.
- [62] NASA/IPAC, "Montage User Documentation." [Online]. Available: <http://montage.ipac.caltech.edu/docs/grid.html>. [Accessed: 14-May-2019].
- [63] A. Leopoldo, "Sistema de Recomendación de Servicios de la Nube Computacional, Soportado en la Evaluación de sus Factores Estáticos de Calidad," Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, 2017.
- [64] T. H. David, "Sistema de Recomendación de Servicios, Soportado en la Evaluación de Factores de Calidad de la Infraestructura de la Nube Computacional," Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, 2017.
- [65] R. From and I. B. M. Systems, "Aframework for Information System Architecture," vol. 26, no. 3, p. 17, 1999.
- [66] E. R. Olsen, "Transitioning to Software as a Service: Realigning Software Engineering Practices with the New Business Model," 2006, pp. 266–271.
- [67] R. N. Calheiros, R. Ranjan, A. Beloglazov, C. A. F. De Rose, and R. Buyya, "CloudSim: A toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms," *Softw. - Pract. Exp.*, vol. 41, no. 1, pp. 23–50, Jan. 2011.

Apéndice A: Trabajos Relacionados (Extenso)

Se presenta a continuación una evaluación de trabajos relacionados con soluciones encaminadas a asegurar que los servicios ofertados en el modelo SaaS de la computación en la Nube logren satisfacer con éxito los resultados esperados por el consumidor de servicios. La elección de trabajos relacionados se definió a partir de tres áreas de importancia para el buen desempeño de un software como servicio, las cuales son: Calidad del Servicio, Infraestructura de Servicios, Monitoreo de Servicios y Orquestación de Servicios.

Para llevar a cabo la evaluación de los trabajos relacionados se definieron y desarrollaron los siguientes criterios de evaluación:

A.1. Objetivo que se persigue

Se considera este criterio de comparación para establecer una diferencia en cuanto al objetivo que se persigue con la aportación de cada uno de los trabajos estudiados en comparativa con el objetivo perseguido en nuestro trabajo. El objetivo de algunos de los trabajos estudiados consisten en:

- Calidad en el despliegue de Software como Servicio (QDS).
- Infraestructura de Nube (IN).
- Despliegue de Software (DepS).
- Despliegue de Infraestructura para Software (DIS).
- Descubrimiento de Servicios (DisS).
- Composición de Servicios (CS).
- Negociación de Servicios (NS).
- Flujos de Trabajo (WF).
- Análisis Conceptual (CA).
- Planificación de flujos de trabajo (PWF).
- Recomendación de Servicios (RS).
- Especificación de Servicios (ES).
- Detección de Fallas (DF).
- Recuperación de Fallas (RF).
- Predicción de Fallas (PF).
- Ejecución Correcta del Servicio en Tiempo de Uso (ECSTU).

A.2. Orquestación

En este apartado se identifican las aportaciones de los trabajos relacionados en base al tipo de orquestación que éstos efectúan con el objetivo de realizar una comparación con la solución presenta en esta investigación. Los tipos de orquestación presentados son:

- Orquestación dinámica al Software como Servicio (SaaSOD).
- Orquestación estática al Software como Servicio (SaaSOE).
- Orquestación dinámica de Infraestructura (ODI).
- Orquestación estática de Infraestructura (OEI).
- Orquestación para el despliegue de servicios (DO).
- Orquestación durante el uso del servicios (UO).
- No se aplica orquestación (NO).

A.3. Proceso

Este criterio se utiliza para distinguir el grado de automatización del método o enfoque propuesto. Los valores son:

- El enfoque propuesto es automático (AA).
- El proceso es automático con un mínimo de intervención humana (SA).
- El enfoque del proceso principalmente es manual, quizás con algún grado mínimo de automatización (MAN).

A.4. Ambiente

En este criterio se considera el tipo de ambiente en donde se aplica la solución de cada uno de los trabajos relacionados. Los valores son:

- Cloud Computing (CC).
- Fog Computing (FC).
- Arquitectura Orientada a Servicios (SOA).

A.5. Entrada al proceso

Aquí se describen las diferentes entradas de los enfoques metodológicos estudiados para determinar sus diferencias. Las diferentes entradas se clasifican en:

- Modelos de Procesos (PM).
- Modelos Arquitecturales (AM).
- Descripción de Servicios (SD).
- Registro de Servicios (RS).
- Requerimientos Funcionales (FR).
- Atributos de Calidad del Servicio (QoSA).
- Requerimientos de Infraestructura (IR).
- Infraestructura de Nube (CI).
- Solicitud de Recursos de Nube (CRR).
- Factores Externos del Servicio (FES).
- Puntuación de Servicios (PS).
- Características de Usuarios (UC).
- Software como Servicio (SaaS).
- Servicios Web (SW).
- Flujo de Trabajo del Servicio (WFS).
- Métricas para servicios (MS).
- Sitio Web (WS).

A.6. Aportación

Este criterio se utiliza para establecer el grado de innovación u originalidad de los diferentes trabajos relacionados, se consideran trabajos que ofrecen:

- Una Nueva Técnica (T).
- Arquitectura (A).
- Metodología (Me).
- Modelo (Mo).
- Herramienta de Software (H).
- Marco de Trabajo de soporte al Desarrollo (FrmSD).

Se puede también obtener alguna combinación de las aportaciones mencionadas. Se considera que la aportación tendrá directamente, un impacto total o parcial, en el alcance del objetivo de cada enfoque estudiado.

A.7. Producto resultado

Este es el producto derivado de la aportación realizada. El cual, sirve de instrumento para alcanzar, parcial o totalmente, el objetivo del trabajo. Dentro del rango de valores podemos citar:

- Servicios de Software (SaaS).

- Flujos de Trabajo del Servicio (WFS).
- Servicios de Negocio (BS).
- Framework de Ingeniería (FrmW).
- Sistema (S).
- Sistema de Recomendación (SR).
- Plataforma de experimentos (TstB).
- Ontología (O).
- Algoritmo (A).
- Modelo conceptual (CM).
- Arquitectura (Ar).

A.8. Utilidad

Este criterio indica si el producto/resultado es útil para:

- Actores externos (AE) que interactúan con el proceso a través de una interfaz al usuario.
- Para actores lógicos (AL) internos que interactúan e intercambian información en un proceso.

Se puede también obtener utilidad para ambos tipos de actores.

Tabla 43. Trabajos relacionados

Trabajo Relacionado	Objetivo	Orquestación	Proceso	Ambiente	Entrada	Aportación	Producto	Utilidad
[42]	DepS	NO	SA	CC	SD+FR+UC	H	S+O+A	AE
[46]	RF	NO	SA	CC	SaaS	FrmSD	S	AE+AL
[22]	PFS	NO	SA	CC	WFS	Mo	S	AE
[54]	IN	ODI	SA	FC	IR	A	Ar	AL
[44]	WF	NO	SA	CC	SaaS	FrmSD	FrmW	AE+AL
[47]	DisS	NO	SA	CC	RS+FR	H	SR	AE
[57]	CS	DO	AA	SOA	SD	FrmSD	FrmW	AL
[36]	DepS	NO	SA	SOA	SD+RS+FR+QoSA+SaaS	Mo	FrmW	AE+AL
[51]	QDS	SaaSOD	AA	CC	SW	H	S	AL
[18]	QDS	NO	MAN	CC	QoSA	Mo	CM	AE
[38]	IN+DIS	NO	SA	CC	IR	H	S	AE+AL
[48]	RS	NO	SA	CC	FR	Mo	A	AE
[49]	DisS	NO	SA	CC	FR	H	SR	AE
[11]	QDS	SaaSOD	AA	SOA	QoSA+SaaS	H	SaaS	AE+AL
[41]	DisS+CS	NO	AA	CC	FR+FES	H	SaaS	AE
[53]	DIS	ODI	AA	CC	QoSA+IR+CI	H	S	AL
[52]	QDS	ODI	SA	CC	CI+SD	H	S	AE+AL
[55]	IN	ODI	AA	CC	CI+SD	H	S	AL
[37]	DIS	NO	SA	CC	CI+CRR	H	S	AE
[34]	DepS	NO	MAN	SOA	MS	Mo	CM	AE+AL
[21]	DF	NO	SA	SOA	SaaS+FES	FrmSD	FrmW	AE
[32]	QDS	NO	SA	CC	SaaS+QoSA	Mo	TstB	AE
[20]	CA	NO	MAN	CC	FR	FrmSD	CM	AE
[40]	DIS	NO	AA	CC	SaaS+FES	H	TstB	AE
[50]	RS	NO	SA	CC	SaaS+PS	T	SR	AE
[33]	QDS	NO	MAN	CC	QoSA	Mo	CM	AE
[39]	QDS	NO	SA	CC	RS+CRR	FrmSD	FrmW	AE
[56]	IN	ODI	AA	CC	CI	H	S	AL
[43]	DisS	NO	SA	CC	WS	FrmSD	FrmW	AE

[10]	PWF	NO	SA	CC	WS+UC	H	A	AE
[31]	ES	NO	MAN	CC	AM	Me	SaaS	AE+AL
[9]	PWF	NO	SA	CC	SaaS	Mo	A	AE
[35]	ES	NO	SA	CC	FR+QoS	H	FrmW	AE
[45]	RS	NO	SA	SOA	FR+QoS+U C	H	SR	AE

A.9. Conclusiones

Los diferentes trabajos presentados en este apartado, fueron filtrados en la relación a las aportaciones que éstos ofrecen para garantizar el correcto funcionamiento del software como servicio, ofertado en el modelo SaaS de la Nube Computacional, cuando es utilizado por los consumidores de servicios.

Por lo anterior, fueron consideradas tres áreas de búsqueda y selección de trabajos para el análisis de sus aportaciones. Estas áreas son:

- a) **Calidad del Servicio.** Sobre este enfoque se analizan trabajos cuyas aportaciones de solución están encaminadas a la implementación efectiva del software como servicio. Sobre este rubro se contemplan atributos de calidad y seguridad con el fin de asegurar el funcionamiento correcto de los servicios al momento de ser desplegados en la Nube. El objetivo que se busca en estos trabajos analizados difiere de la solución presentada en nuestra investigación, sin embargo, hacemos referencia estos porque el enfoque que proponemos parte de la implementación adecuada del servicio para un despliegue correcto en el modelo SaaS, así como de la composición efectiva del servicio en flujos de trabajo para el caso de servicios compuestos.
- b) **Infraestructura de Servicios.** En este rubro, se analizan aportaciones de solución, realizadas en diferentes trabajos de investigación, encaminadas a ofrecer la infraestructura necesaria al software como servicio ya sea en el despliegue sobre el modelo SaaS, en el aprovisionamiento por parte del consumidor o al momento de ser éste utilizado. La relación directa que tienen estas aportaciones con la presentada en esta investigación se centra en proporcionar la infraestructura necesaria al software como servicio para garantizar su correcta ejecución.
- c) **Monitoreo de Servicios.** En esta área de selección de trabajos de investigación, se analizan las aportaciones de solución que éstos ofrecen en relación al monitoreo de factores que intervienen en el comportamiento del software como servicio, los cuales son: calidad, requerimientos funcionales, requerimientos no funcionales y externos del servicio, así como características específicas de consumidores de servicios y de negocios, encaminados a garantizar el funcionamiento correcto del servicio así como recomendar servicios, para satisfacer las necesidades del consumidor. La relación de estas aportaciones con la presentada en esta investigación se centra en el monitoreo de factores externos y externos, con la intención de identificar el comportamiento que tienen los servicios, al momento de ser utilizados por los consumidores, y aplicar las acciones necesarias para garantizar su correcto funcionamiento.
- d) **Orquestación de Servicios.** En este apartado se presentan trabajos de investigación con aportes de solución encaminados hacia el uso de técnicas de orquestación aplicadas a servicios (servicios web, servicios atómicos o microservicios, servicios de infraestructura) tanto en ambientes SOA, Nube Computacional y Computación en la Niebla, con el objetivo de presentar una comparativa de estas aportaciones con lo propuesto en esta investigación. La orquestación es el concepto clave del que parte

esta investigación para asegurar que el software como servicio cumpla en tiempo y forma al momento de ser utilizado por el consumidor de servicios.

En esta revisión fueron considerados tanto los trabajos de investigación relacionados con el manejo de servicios web sobre ambientes SOA como por trabajos de investigación relacionados con servicios atómicos, o microservicios, en el ambiente de Nube. Lo anterior debido al uso que tienen ambas tecnologías para la construcción de Software como Servicio en la Nube Computacional.

a) Calidad del Servicio

Uno de los principales puntos a considerar en la construcción de los servicios de software es la distinción de los conceptos SaaS, SOA y Servicio Web. En [20] se presenta un estudio basado en el framework de [65] para el análisis de los modelos de SaaS y SOA con el objetivo de aclarar el significado de cada uno de los términos y evitar la confusión por profesionales de TI en el entendimiento de los conceptos, evitando con ello crear diseños pobres de software como servicio en la Nube. El trabajo concluyo con: a). El modelo de red SOA es una lista de servicios potenciales a ser usados en un sistema de software en construcción y SaaS una lista de posibles servicios a ser entregados, b). SOA implica una lista de servicios de negocio encontrados para ser usados en el sistema y SaaS implica una lista de servicios de negocio a ser proporcionados, c). SOA representa un modelo arquitectónico que describe patrones de interacción entre componentes de servicios constituyentes, SaaS describe patrones de interacción entre componentes constituyentes que no son necesariamente servicios, d). SOA requieren monitoreo y gestión para toda la comunicación, coordinación, y colaboración entre los componentes de servicios y SaaS requiere gestión de las comunicaciones, coordinación y colaboración entre componentes internos, e). En la Computación en la Nube, SOA se encuentra inmerso en el modelos PaaS, f). SaaS es un modelo de entrega y un Servicio Web es la tecnología para representar el servicio que se despliega en el modelo SaaS. La relación con la solución presentada en nuestra investigación se centra en la interpretación correcta de SaaS, SOA y Servicios Web en los servicios que se ofertan en el modelo SaaS de la Nube y lo que difiere en gran medida es que en nuestra solución no se implementan servicios para el modelo SaaS, sino que se parte de los servicios ya creados y desplegados para seleccionar y orquestar servicios a pequeña escala en una composición, dentro del modelo PaaS, para que se ejecuten correctamente en el modelo SaaS.

El software como servicio no es solamente una cuestión de desarrollar protocolos apropiados o la adopción de nuevas tecnologías orientadas a servicios como lo señala [66]. Actualmente las necesidades presentadas en entidades de negocios para atender sus procesos, requieren cada vez más de una alineación del software para poder cubrir con nuevos modelos de negocios. [31] propone un enfoque integrado, consolidado para negocios y análisis de servicios de software permitiendo asegurar la alineación entre ambos servicios en un ambiente organizacional. Este contexto es importante en nuestra propuesta de solución, ya que se requiere de utilizar software como servicio que aparte de brindar disponibilidad a su consumidor también se ajuste con las necesidades del mismo. La diferencia en relación con nuestro aporte es que no se lleva a cabo un análisis de servicios con el objetivo de alinearlos a un modelo de negocio en un ambiente organizacional, sino que partimos de esa información para orquestar los servicios ya

definidos que se ajusten a un modelo de negocio para asegurar su verdadera disponibilidad en el modelo SaaS.

Tomando como base que en la actualidad los servicios de software desplegados bajo el modelo SaaS son servicios de negocios, construidos de tal forma que cada elemento que lo integra tiene la capacidad de acoplarse fácilmente con otros componentes ya sea para construir o dar mantenimiento dinámicamente a otros servicios de negocios, la calidad en el desarrollo de los mismos es fundamental, por lo que la estructura y los modelos de calidad que se le proporcione a cada módulo que conforma el servicio, tomará un papel importante en el desarrollo de servicios. Por lo anterior, trabajos como [32], [18] y [33] proponen modelos de calidad basados en las características principales del modelo SaaS como son: reusabilidad, disponibilidad, administrador de datos por el proveedor, escalabilidad, configurabilidad, pago por uso. [32] y [33] definen métricas de calidad en la seguridad (QoS), plataforma (QoP), aplicación (QoA) y experiencia (QoE), proporcionando relativamente indicadores significativos como retorno de inversión (ROI) tanto para los proveedores de servicios como para los clientes. Con estas actividades se facilita a los consumidores de servicios descubrir, suscribirse y utilizar servicios en el modelo SaaS. Por otro lado [Jae, 2009] a partir de las características del modelo SaaS deriva en cinco atributos de calidad: Reusabilidad, eficiencia, confiabilidad, escalabilidad y disponibilidad, contribuyendo con ello a evaluar la calidad en los servicios desarrollados y puestos en marcha en el modelo de SaaS. La diferencia principal es que éstos trabajos se proponen en un ambiente de desarrollo y despliegue de servicios y nuestra propuesta se plantea en un ambiente de ejecución de los servicios desplegados, otra diferencia radica en que ellos no miden el funcionamiento de los servicios en tiempo de ejecución a partir de factores dependientes e independientes del servicio ni tampoco recomiendan servicios para garantizar su disponibilidad como lo planteamos en nuestra propuesta.

Por otro lado, en relación a las capacidades que pueda tener un componente de software para relacionarse con otros y formar nuevos servicios, en [34] se propone extender los conceptos existentes de cohesión en los paradigmas Procedural y Orientado a Objetos, con el fin de obtener las características únicas de la computación orientada a servicios (SOC). Apoyando con ello al origen de las métricas de software a nivel de diseño para cuantificar objetivamente el grado de cohesión de los servicios. Para lograrlo, definen un conjunto de métricas de cohesión, teóricamente validadas y empíricamente evaluadas en la etapa de diseño, para predecir el nivel de mantenimiento de productos de software basados en una Arquitectura Orientada a Servicios (SOA). Las métricas definidas son: Cohesión de Datos de Interfaz de Servicio (SIDC), Cohesión de Uso de Interfaz de Servicio (SIUC), Cohesión de Implementación de Interfaz de Servicios (SIIC), Cohesión Secuencial de Interfaz de Servicio (SISC), Cohesión Total de una Interfaz de Servicio (TICS). Logrando calcular el grado con el que un servicio es capaz de realizar un objetivo. Estas métricas son la contribución importante de éste trabajo. La diferencia con nuestra propuesta radica en que la medición de éste trabajo es efectuada en la fase de diseño asegurando la composición de servicios a nivel sistema y nuestra solución parte de esta característica que deben ya tener los servicios para poderlos orquestar con el objetivo de componer flujos de trabajo efectivos que puedan asegurar el funcionamiento correcto del servicio final del consumidor.

El trabajo de [35] propone un framework de servicios de Nube para sistemas de información empresarial con el objetivo de presentar una arquitectura simple, la cual

permita satisfacer los requerimientos de aplicación de un enfoque de Nube empresarial para ayudar al despliegue del software como servicio en internet. Para lograrlo, proponen una definición formal de servicios de Nube empresarial partiendo de los aspectos funcionales (tipo de servicio, despliegue de servicio, gestión del servicio) y no funcionales (escalabilidad, confiabilidad y disponibilidad). El trabajo aporta una aplicación llamada ECS que sirve para futuros programas comerciales. La diferencia de este trabajo con nuestra propuesta es que la solución va encaminada a marcar los lineamientos a seguir para la construcción de servicios que puedan satisfacer los requerimientos de negocios a nivel empresarial, un aspecto importante en el desarrollo de servicio de software hoy en día. Sin embargo, en nuestra solución se contempla los servicios que se encuentran ya desplegados en el modelo SaaS y listos para ser usados por los consumidores de servicios. Por lo que los servicios desarrollados bajo este esquema sería apenas la entrada para nuestra propuesta.

En [36] se propone una extensión al estándar actual de UDDI llamado CloudUDDI adecuado para el ambiente de la Computación en la Nube. Lo anterior permite almacenar y utilizar tanto información de calidad en el nivel más alto de los servicios, así como la información de recursos en el nivel más bajo, permitiendo mejorar el radio de precisión en el registro y selección de los servicios en la Nube Computacional, permitiendo una mayor flexibilidad de consulta al consumidor para la elección de sus servicios. La CloudUDDI realiza una clasificación de los servicios por información de calidad y retorna una lista de servicios ordenados por el grado de satisfacción. La diferencia de este trabajo con lo que nosotros proponemos es que ellos utilizan a CloudUDDI para almacenar información que les permita generar un flujo de trabajo que será utilizado por el usuario, mientras que en nuestra propuesta ocupamos ése flujo de trabajo generado como entrada para que en tiempo de ejecución junto con la información relacionada con los factores dependientes e independientes de los servicios así como información del comportamiento de los servicios por dominio, se analicen y seleccionen los servicios que serán utilizados para reconstruir el flujo de trabajo antes definido, garantizando el correcto funcionamiento del servicios del consumidor.

b) Monitoreo de Infraestructura

Es preciso, para garantizar el cumplimiento de los servicios desplegados en SaaS, monitorizar la infraestructura con el objetivo de conocer y aplicar técnicas que permitan la gestión adecuada de los recursos. En [37] se presenta una solución a partir de la creación de un agente inteligente de monitoreo para analizar el desempeño de máquinas virtuales. El agente monitorea recursos del sistema tales como: utilización de CPU y memoria, recolectando los recursos de máquinas virtuales y presentándolos en un informe estadístico al administrador de la Nube para la optimización de recursos. La diferencia con nuestra propuesta es que en este trabajo el agente no toma decisiones automáticas para los recursos necesarios por los servicios, por lo que la información debe ser revisada por los administradores de la Nube para una gestión posterior de los recursos. Otra diferencia radica en que en nuestra propuesta se consideran factores de infraestructura referentes a la disponibilidad del servicio tales como: ancho de banda, latencia de servidores, concurrencia de servidores y throughput.

Por otro lado [38] propone un modelo taxonómico de monitoreo para Nubes unificadas, basado en el monitoreo por capas de la arquitectura de la Nube. La solución es implementada en la herramienta GMonE, que abarca todos los aspectos de monitoreo

como: información de la infraestructura de la Nube, infraestructura necesaria para los servicios de PaaS y SaaS, apoyando con ello en garantizar la calidad en Nubes unificadas. Este trabajo se limita a Nubes homogéneas y el monitoreo de servicios se hace sobre necesidades iniciales de servicios, asegurando que estos puedan estar listos para ser ejecutados. Así también, este trabajo no contempla un detector de fallas para la gestión de recursos, por lo que no determina si en algún momento se requiere de reasignar recursos a un servicio. La diferencia de éste trabajo con nuestra propuesta es que la solución que presentamos si realiza una revisión de ciertos factores independientes relacionados con la infraestructura para prevenir fallas en tiempo de ejecución del servicio en el modelo SaaS, garantizando con ello su correcto funcionamiento.

Por otro lado, en [39] se propone un framework basado en un agente para la descripción, publicación y descubrimiento de recursos virtuales para la composición dinámica de redes virtuales sobre una infraestructura física de red compartida. Este framework se basa en un novedoso modelo de negocios jerárquico orientado a servicios y un modelo de información formal para la descripción de recursos/servicios que permiten describir y clasificar de mejor forma los recursos virtuales candidatos. Para probar la precisión del framework, se realizó la implementación de un prototipo de grupos de conceptos utilizando varias tecnologías/herramientas (Jersey, JAXB, PostgreSQL, y la plataforma de Nube Xen), así mismo se realizó un análisis detallado del rendimiento del sistema al compararlo con otros frameworks de descubrimiento de recursos virtuales existentes, dando como resultado un rendimiento significativo del framework, propuesto en la operación de descubrimiento de los recursos virtuales, en términos de tiempo de respuesta (92.8% de mejora) y la carga de red incurrida (77.3% de mejora) cuando se trató con múltiples proveedores de recursos. La diferencia con respecto a nuestra propuesta se da en el descubrimiento de recursos para componer una red virtual, en nuestro caso, el descubrimiento es en relación a las características presentadas de ciertos recursos en la infraestructura para determinar aquellas que ofrezcan mejores condiciones para la ejecución en tiempo y forma de un software como servicio.

c) Monitoreo de Servicios

Una de las estrategias empleadas para garantizar la calidad y comportamiento que tienen los servicios es el monitoreo de servicios, en el cual se pueden revisar constantemente los servicios de software que se tienen para ser desplegados en el modelo SaaS y la manera en como estos se comportan a partir de un conjunto de elementos internos y externos que se presentan en su entorno.

En [21] se presenta un algoritmo heurístico, implementado en una herramienta llamada MonitorRank, el cual predice la causa principal de una anomalía que se presentó en un servicio al ser utilizado por un usuario bajo una Arquitectura Orientada a Servicios (SOA). La herramienta produce una lista reducida de caminos a examinar para la detección de la causa principal de una anomalía en servicios. La diferencia de éste trabajo con el que nosotros proponemos radica en que la solución presentada en éste artículo no predice fallas en los servicios, tampoco identifica directamente que servicios fallaron y no realiza acciones necesarias para la recuperación de las fallas, por otro lado la solución va encaminada solo en servicios bajo SOA. Nuestra propuesta por el contrario, va encaminada a detectar, predecir, recomendar y orquestar servicios, como acción de recuperación de fallas, que forman parte de un flujo de trabajo de un servicio que está siendo utilizado por un consumidor de servicios en un ambiente de Nube Computacional.

Otro trabajo relacionado en esta área es [40], en donde se proporciona una plataforma de pruebas llamada Cloud Chamber en un ambiente virtualizado, con la intención de facilitar el entendimiento de como los servicios web se comportan como multiusuario en un ambiente de Software como Servicio. Para lograrlo esta plataforma proporciona: servidores web como servicios; facilitando el aplicar las cargas a los servicios multiusuarios, algoritmos para la organización automática y reconfiguración de asignación de servicios según la demanda de cambios, sensores y métricas de desempeño para capturar el consumo de recursos. El resultado que se obtiene son perfiles de los recursos usados de cada servicio web y la disponibilidad de recursos de cada servidor. Estos perfiles son utilizados para colocar eficientemente los servicios en los servidores, balanceando así el consumo de recursos, desempeño y disponibilidad de servicios. La diferencia de este trabajo con lo que nosotros proponemos radica en que el multiusuario y recursos por servicio se controla por la definición de perfiles por servicio logrando con ello mover los servicios de servidor web y del servidor para disponer de infraestructura para su ejecución, no contemplan recomendaciones ni manejo de tolerancia a fallas, como se contempla en nuestra propuesta al orquestar servicios en base a recomendaciones por necesidades de infraestructura, factores dependientes del servicio y cierto comportamiento de los servicios por dominio.

En [41] se introduce un paradigma basado en agentes para construir herramientas de software y plataformas de pruebas para la gestión de recursos, que permitan impulsar el nivel de descubrimiento de servicios, negociación de servicios y composición de servicios en la Nube. La búsqueda de servicios se realiza por medio de un motor llamado Cloudle. La solución obtiene como resultado servicios ajustados a los requerimientos funcionales, técnicos y presupuestarios de los consumidores y a las especificaciones de servicios técnicos y funcionales de los proveedores. La diferencia de éste trabajo con lo que nosotros proponemos es que los servicios definidos al usuario se da en un contexto estático, es decir, se consideran los servicios desplegados en un modelo SaaS que cumplen con las necesidades del consumidor y que son soportados por el proveedor, pero no se revisan los factores externos e internos del servicio en un contexto dinámico, es decir, realizar revisiones al momento de ser ejecutados por el consumidor.

El trabajo de [42] realiza un sistema basado en una semántica para facilitar la publicación, descubrimiento y procesos de selección de servicios en el modelo SaaS, cumpliendo con las funcionalidades requeridas por usuario y características de calidad para su buen desempeño. Para lograrlo el sistema hace uso de: a). Una ontología de Nube, b). Un sistema basado en semántica. El sistema permite a los usuarios de SaaS poder realizar consultas mediante palabras claves de servicios que cumplan con ciertas características que ellos definan y que cumplan con los objetivos para los cuales fueron elegidos de un grupo de servicios que el sistema previamente ha registrado. La diferencia de este trabajo con el que nosotros proponemos radica en que la selección de servicios que ellos hacen es la entrada para nuestra propuesta. Nuestra propuesta recibe como entrada el servicio de un cliente que será analizado para determinar que el servicio en tiempo de ejecución pueda cumplir en tiempo y forma con las tareas requeridas, y en caso de no ser así, recomendar y orquestar el servicio o servicios del flujo de trabajo disponibles para garantizar su correcta ejecución.

Por otro lado en [43] se presenta un motor de búsqueda de servicios de Nube a la escala de Web y no a la escala de un proveedor o conjunto de proveedores, con el objetivo

de realizar un análisis de la distribución de servicios de la Nube en la Web y obtener el grado de adopción de la Nube por los usuarios al utilizar los servicios, mostrando un estado actual de los desafíos que se tienen en una búsqueda de servicios y los tipos de servicios que más se ofertan. El análisis estadístico para el motor de búsqueda identificó y agrupó servicios por: tipo de servicio, localidad y lenguaje, proveedor del servicio, calidad de servicio. El análisis concluyó con la necesidad de estandarizar los productos de Nube y Servicios para lograr descubrimientos más efectivos. La diferencia principal de esta solución con lo que nosotros proponemos radica en que se hace la búsqueda de servicios de manera muy general con la intención de descubrir a nivel mundial todos los tipos de servicios de Nube que se publican en la Web. En nuestra propuesta, la búsqueda se realiza por servicios específicos con ciertas características para asegurar la ejecución de un flujo de trabajo que representa a un servicio. Sin embargo, éste trabajo proporciona información importante del estado actual para la búsqueda de servicios, en donde se remarca la necesidad de formalizar la descripción de servicios, uso de índices para la identificación de servicios, problemas frecuentes de servicios no disponibles ocasionado por diferentes factores así como el factor de confianza como un desafío clave en la adopción de la Nube.

En relación con el control de flujos de trabajo para un servicio, en [44] se presenta un enfoque para el cultivo de flujos de trabajo llamado WS-VLAM, el cual se basa en el sistema VLAM presentado en [Kor, 2007], para soportar el cultivo de un gran número de aplicaciones científicas usando el paradigma Workflow as a Service. El objetivo que se logró es la automatización de archivos de escenificación, selección de recursos adecuados, monitorización e interacción con experimentos en ejecución y rastreo de procedencia para permitir la reproducción de resultados en simulaciones científicas. Con este enfoque se presentaron dos paradigmas orientados a servicios para el cultivo de flujos de trabajo los cuales son: Nivel de tareas, en el cual las tareas utilizadas actúan como servicios al ser invocadas en la carga de la tarea y Nivel de dato, donde la tarea actual es invocada como un servicio con diferentes pedazos de datos a procesar. La diferencia principal de éste trabajo con nuestra propuesta radica en que la entrada para nuestra solución es un flujo de trabajo que incluso pudiera haber sido cultivado con este enfoque, otra diferencia es que los flujos de trabajo, a pesar de ser automáticos en este trabajo, se desempeñan sobre un sola máquina virtual, lo que quiere decir que los componentes asociados a un grupo de flujo de trabajo son conocidos y se utilizan siempre los mismos. En nuestro caso, en el flujo de trabajo cultivado los componentes se definen en tiempo de ejecución sobre diferentes máquinas virtuales a partir de condiciones basadas tanto en factores dependientes (calidad del servicio) e independientes (recursos) del servicio como condiciones basadas en el comportamiento de los servicios por dominio en específico (eficiencia y eficacia).

El trabajo de [10] presenta un planificador de flujos de trabajo a partir de un Programa Lineal Entero (ILP) para proveedores SaaS y PaaS, considerando dos niveles de SLA (Service Level Agreement), los cuales son: tiempo de ejecución y costo establecido por recursos de cómputo, proporcionados por un proveedor IaaS. El planificador tiene como objetivo minimizar los costos económicos de ejecución mientras se satisface el tiempo establecido por el usuario. Este algoritmo de planificación se ejecuta en el lado del proveedor de SaaS y determina que proveedor de IaaS y que tipo de Máquina Virtual (VM) tienen que ser arrendados para ejecutar el flujo de trabajo, garantizando con esto la

calidad del servicio para el consumidor de SaaS. El algoritmo se proporciona en dos versiones, una versión ILP relajada llamada BMT para tiempos cortos de respuesta establecido por los clientes y una versión ILP con heurística llamada BMEMT para tiempos largos de respuesta establecidos por los clientes. La diferencia de éste trabajo con nuestra propuesta radica en que la planificación del algoritmo presentado se basa solo en el tiempo de respuesta establecido por el cliente y en los costos de los recursos de computo sin considerar los fallos en el servicio, así mismo los algoritmos no consideran la planificación de varios flujos de trabajo en el mismo conjunto de recursos, lo que puede ocasionar problemas en la planificación. Por otro lado los algoritmos se enfocan exclusivamente en tratar de reducir al máximo los costos, aunque el tiempo de respuesta sea el mismo para los servicios, por lo que la planificación de los servicios tiene prioridad en los costos de infraestructura. En nuestra propuesta la prioridad se da por uso efectivo del servicio, considerando primero la calidad de los servicios seguido de la infraestructura necesaria y ajustando los servicios seleccionados a las características de usuario por una orquesta de servicios que serán recomendados para lograr cumplir con las necesidades de los usuarios.

Por otro lado, en [9] se presenta conceptualmente una arquitectura Workflow as a Service (WFaaS) con el objetivo de proporcionar los lineamientos para construir múltiples paquetes (flujos de trabajo) de software para definir nuevos servicios. Así mismo, se construyeron cuatro algoritmos heurísticos aplicados en la arquitectura definida para realizar la planificación adecuada que haga eficiente la ejecución del flujo de trabajo. La solución es aplicada en un entorno natural de la Nube en donde los flujos de trabajo se ejecutan sobre instancias de máquinas virtuales (VMI) que son a su vez instanciados desde apropiadas máquinas virtuales (VM), en donde para cada VM se puede tener muchas VMI independientes. Para ayudar a la gestión de estos flujos de trabajo, la arquitectura contempla la naturaleza común del administrador de VM y el compositor de flujo de trabajo en la Nube, los cuales, comúnmente son personas diferentes. En esta solución se contempla un débil acoplamiento entre la VM y el flujo de trabajo al momento de ser creados. Para evitar puntos de falla y competición de recursos entre múltiples flujos de datos en ejecución, los motores de flujos de trabajo solo permite la ejecución de un flujo de trabajo en cualquier momento, cuando una nueva solicitud de flujo de trabajo es planificada ésta no es asignada sobre una nueva VMI, por lo que tiene que esperar hasta que una VMI actual este de ociosa para recibir la asignación. Los resultados de las pruebas realizadas apuntaron a que un algoritmo con la configuración adecuada podría reducir tanto el costo como la relación precio/desempeño si afectar mucho el desempeño. La diferencia específica con nuestra propuesta se refleja en la revisión de los componentes relacionados con un flujo de trabajo para predecir o identificar posibles fallas en su ejecución que pudiera derivar en el mal comportamiento del servicio. Nuestro trabajo hace un análisis y medición de factores dependientes e independientes de los componentes que se pudieran utilizar para integrar un servicio con el objetivo de encontrar rutas de ejecución para la construcción de un flujo de trabajo que garantice el buen funcionamiento del servicio final centrado en el comportamiento de los servicios por dominio. Por otro lado, en la solución presentada en éste trabajo, para evitar las fallas eliminan la competencia de servicios por recursos lo que ocasiona tiempo de espera para el servicio entrante.

En base a los trabajos relacionados con el monitoreo para la recomendación de servicios, en [45] se presenta una arquitectura mejorada de recomendación y consumo de

servicios, en la cual, se consideran los requerimientos funcionales y no funcionales (QoS) de los usuario para la recomendación de servicios, así como características de redes sociales para ayudar a crear clasificaciones de diferentes servicios de proveedores que pueden ser recomendados a usuarios, incluso por consumo y experiencia de servicios. Los mismos usuarios pueden recomendar servicios a otros usuarios vecinos mediante el modelo RSS, todo esto mediante un portal implementado. La información de retroalimentación de usuarios se registra en una base datos, la calidad de los servicios (QoS) se registran en archivos XML para evitar alterar la UDDI y el algoritmo empleado para la recomendación es del tipo colaborativo. La diferencia de éste trabajo con lo que nosotros proponemos radica en que la solución que ellos presentan va encaminada en apoyar a los usuarios a identificar servicios en base a sus requerimientos funcionales y no funcionales, para ello, el marco de trabajo le ofrece recomendaciones de servicios a partir de sus requerimientos y recomendaciones de otros de otros usuarios que utilizaron el servicio. En nuestra propuesta consideramos el servicio ya definido por el usuario y analizamos su flujo de trabajo para garantizar que este funcione correctamente en tiempo de ejecución.

En el trabajo de [46] se discuten técnicas de tolerancia a fallos existentes en la Computación en la Nube, basadas en las políticas, herramientas usadas y desafíos de investigación. Concluyen con la implementación de un sistema automático de tolerancia a fallas basado en HAProxy, usado para detectar el error de conmutación en el servidor, con el objetivo de probar como las técnicas de tolerancia a fallas minimizan el impacto de fallas en la ejecución de aplicaciones, servicios de riego y sistemas. Como resultado, se comprobó que el sistema puede tratar con varias fallas de software para aplicaciones de servidor y ambientes virtualizados de Nube. La diferencia principal de éste trabajo con nuestra propuesta radica principalmente en que la solución en éste trabajo garantiza la disponibilidad del servicio al detectar la caída del servidor que lo contiene y redireccionar automáticamente a un servidor de respaldo que lo tiene. En nuestra propuesta la recomendación y redireccionamiento se da al orquestar los servicios por una serie de condiciones definidas por factores internos y externos al servicio así como ciertos requerimientos de usuario.

En [22] se presenta un modelo inteligente de predicción de fallas en flujos de trabajo de aplicaciones científicas en un ambiente de la Nube, con el objetivo de predecir inteligentemente las fallas de las tareas, usando enfoques de mecanismos de aprendizaje, antes de que éstas ocurran durante la ejecución de flujos de trabajos de aplicaciones científicas. El modelo contempla métricas de desempeño de modelos de predicción tales como: Naive Bayes, Random Forest, Logistic Regression y ANN. Para determinar la efectividad del modelo, se compararon las fallas de las tareas previstas con las fallas de las tareas reales usando Pegasus y Amazon EC2. El resultado validó que el modelo propuesto usando Naive Bayes es más efectivo en términos de precisión. La diferencia de éste trabajo con lo que nosotros proponemos es que la identificación de fallas de éste trabajo está limitado a todas aquellas que han sido generadas debido a la sobreutilización de recursos tales como CPU, RAM, almacenamiento en disco y ancho de banda, por lo que no contemplan factores de calidad de los servicios y ciertas características de usuario como lo que presentamos en nuestra solución. Otra diferencia radica en que éste modelo solo predice las fallas y no aplica alguna solución a las fallos presentados como lo hacemos en nuestro trabajo, en la solución que presentamos, una vez determinados los

factores que pudieran ocasionar una posible falla, recomendamos y orquestamos servicios que se ajustan a la calidad del servicio, infraestructura necesaria y características de comportamiento para el ajuste del flujo de trabajo que será ejecutado por el cliente, con lo cual, garantizamos en tiempo de ejecución que el servicio final funcionará correctamente.

Por otro lado en [47] se presenta un sistema de recomendación de servicios orientados a la Computación en la Nube basado en la confianza, con el fin de ayudar a los usuarios, ante un escenario enorme de posibilidades de servicios, a elegir aquellos servicios óptimos con funcionalidades idénticas o similares a sus requerimientos. Para lograrlo, el sistema combina lo que determinan Confianza Directa; la cual se plantea como: La confianza directa de un usuario de servicio de Nube A sobre un servicio de Nube C es calculada basándose en la interacción directa de A con C y la Recomendación de Confianza, la cual está basada en la interacción del usuario del servicio de Nube Bs con C donde Bs son usuarios que son de confianza por A, correlativos con A o autoridades del campo. Para probar el desempeño del sistema, éste fue comparado con experimentos realizados utilizando tres algoritmos de recomendación: Recomendación Aleatoria (RR), Filtrado Colaborativo tradicional (CF) y Recomendación Basado en Confianza (TR). El resultado mostro mejor precisión con el sistema propuesto que con el algoritmo tradicional del filtrado colaborativo (CF). La diferencia con lo que nosotros proponemos es que en esta solución no son considerados para su recomendación propiedades de calidad de los servicios ni tampoco factores externos al servicio que puedan provocar alguna anomalía, por lo que la recomendación es basada solo en recomendaciones colaborativas de los usuarios con los servicios. Los factores de calidad y factores externos al servicio son contemplados en nuestra propuesta como elementos importantes para la recomendación. Por otro lado, la recomendación se realiza para recomendar servicios que puedan utilizar los usuarios para realizar un proceso, lo que en nuestra propuesta esta definición es utilizada como entrada en un flujo de trabajo a ser analizado.

En [48] se presenta un modelo de confianza para el descubrimiento y recomendación de servicios científicos a usuarios de la Nube dentro de una comunidad científica. Para lograrlo, se aprovecha el factor humano implicado en el uso de servicios mediante el modelo establecido de red llamado Knowledge-Social-Trust (KST), utilizado para llamar la información oculta desde varios repositorios de publicación en una red social como Twitter. Para probar la efectividad del modelo, éste es representado en un prototipo, el cual, es utilizado para ayudar a los científicos a evaluar y visualizar los servicios de confianza. El uso del prototipo por los usuarios, demostró que el algoritmo propuesto (KST) ayuda a cuantificar la confiabilidad del descubrimiento y recomendación de servicios a usuarios, así también, mostro el problema que se puede presentar en la recomendación de servicios al registrar información incorrecta del usuario. La diferencia principal de la recomendación propuesta en éste trabajo con lo que nosotros proponemos es que ellos recomiendan servicios que sean candidatos a servir en un proceso de un cliente en la Nube, mientras que nuestra propuesta, la recomendación va encaminada a asegurar que un flujo de trabajo de un servicio que representa un proceso de negocio de un usuario funcione correctamente.

El trabajo de [49] definen un enfoque para la extracción de objetivos de servicios de un dominio determinado que ayude en el descubrimiento y recomendación de servicios web en RESTful con descripciones en un lenguaje natural. Para lograr la extracción de los objetivos de servicios, el enfoque se divide en dos partes importantes: La extracción de

los objetivos de servicios, y la coincidencia de servicios y recomendación de objetivos de servicios. En la fase de extracción de los objetivos de servicio, las descripciones de los servicios se proporcionan desde repositorios accesibles al público tales como ProgrammableWeb y Seekda, los servicios se categorizan en diferentes dominios y se genera una lista de clasificación de palabras clave, para después extraer los objetivos de servicio desde sus descripciones basados en dominios clasificados por una lista de palabras clave. En la fase de coincidencia de servicios y recomendación de objetivos de servicios los usuarios proporcionan una descripción inicial de requerimientos de servicios, a partir de ello, se determina el dominio para cada requerimiento de usuario, se extrae la información relacionada con el objetivo, se analiza la descripción de requerimientos y se hace una comparación con el objetivo del dominio existente. Para lograr alcanzar los objetivos planteados, se desarrolló un supermercado de servicios llamado CloudCRM, en el cual, los usuarios pueden elegir servicios acorde a sus requerimientos personalizados y recibir recomendaciones de servicios por medio un templete de colección de requerimientos y un motor de clasificación de servicios llamado SVM, el cual preprocesó y clasificó 7,190 documentos de descripción de servicios de 63 dominios, todos de un repositorio disponible al público llamado ProgrammableWeb. La diferencia principal de éste trabajo con lo que nosotros proponemos es que ellos realizan el descubrimiento de servicios candidatos, a ser utilizados por los clientes para atender su proceso de negocio, a partir de la extracción de objetivos del servicio y de emparejar éste con sus necesidades, en nuestra propuesta se utiliza como entrada el flujo de trabajo del servicio que se ajuste al proceso de negocio del cliente para asegurar su correcto funcionamiento en tiempo de ejecución.

En [50] se presenta un algoritmo híbrido de filtrado colaborativo HCFMS basado en usuarios y elementos para recomendar servicios multifuncionales en ambientes donde se utilicen servicios con múltiples funcionalidades y se requiera de clasificar la recomendación de un usuario por función o por servicio. Para determinar la precisión del enfoque propuesto en este trabajo, la recomendación de servicios multifuncionales se comparó con algunos enfoques tradicionales de recomendación tales como: Enfoque CF basado en el usuario usando PCC (UPCC), Enfoque CF basado en elementos usando PCC (IPCC), y el enfoque híbrido (HPCC). El resultado de las pruebas experimentales fue la siguiente: Los valores del Error Absoluto Medio (MAE) de HCFMS son más pequeños que el obtenido por los otros tres enfoques, lo que indica, el mejoramiento en la precisión para pronosticar servicios multifuncionales. La diferencia que tiene éste trabajo con lo que nosotros proponemos es que la recomendación de este trabajo es dirigida hacia la identificación de servicios candidatos que cubran con las necesidades de usuarios para realizar un proceso. En nuestra propuesta, la recomendación va encaminada a garantizar que el flujo de trabajo de un servicio utilizado por un consumidor funcione en tiempo y forma.

d) Orquestación de Servicios

Una de las claves hoy en día para explotar y mejorar el rendimiento de los servicios ofertados en la Nube computacional es mediante la Orquestación de Servicios, en la cual es posible establecer la preparación y adaptación efectiva de servicios en los tres diferentes modelos de despliegue de la Nube.

Esta línea guarda una relación directa con el modelo propuesto en esta investigación, ya que la orquestación es el concepto clave para asegurar que el software como servicio cumpla en tiempo y forma al momento de ser utilizado por el consumidor de servicios.

En [51] se presenta una plataforma para el monitoreo de servicios, basados en SOA, en la Nube Computacional. El objetivo de esta plataforma es realizar un monitoreo para garantizar la seguridad y privacidad de extremo a extremo en orquestaciones de servicios al momento de construir sistemas grandes con servicios existentes, agregando servicios dinámicamente con la intención de admitir nuevas características. Para ello, utiliza tanto un monitor de actividades de servicios, con la intención de auditar las diferentes actividades de los servicios en un determinado dominio, como un monitor de servicios para interceptar las interacciones entre un cliente y servicios así como interacciones entre los mismos servicios, con la intención de analizar las interacciones y tomar decisiones dinámicas basadas en políticas de seguridad definidas en cada dominio de servicios. Con lo anterior se mantiene la confiabilidad de interacciones entre servicios y comportamientos esperados por los clientes a partir de las políticas establecidas por los mismos. La solución aquí presentada contrasta con la solución que nosotros proponemos, ya que esta solución se aplica sobre el proceso de la orquestación de servicios con la intención de hacer cumplir las políticas y confiabilidad en las interacciones de servicios y en nuestro caso la solución va enfocada a la orquestación de los servicios para asegurar la ejecución en tiempo y forma de los servicios.

La solución presentada en [52] aborda un enfoque orientado al servicio de orquestación de seguridad para la infraestructura definida por software. Este enfoque se presenta como Seguridad Definida por Software Orientada a Servicio (SOSDSec), en el cual, la seguridad definida para los servicios se presenta en forma de servicios. Estos servicios pueden ser descubiertos, habilitados o deshabilitados en un proceso de orquestación para definir servicios de seguridad, permitiendo con estos servicios orquestados simplificar las tareas de administración de seguridad para los administradores de red, implementar políticas de seguridad coherentes en entorno de Nubes heterogéneas, así como la orquestación de servicios con la infraestructura subyacente. La diferencia de esta solución con lo que nosotros proponemos es que la orquestación en esta solución va encaminada a orquestar servicios de seguridad para establecer la seguridad por software a los servicios que se despliegan en la Nube. En nuestro caso la orquestación se realiza a partir de los servicios ya establecidos en un flujo de trabajo que representa a un software como servicio, con la intención de analizarlos y remplazarlos, en caso de necesario mediante el uso de la orquestación, con la intención de garantizar su correcta ejecución al momento de ser utilizados por el consumidor de servicios.

Por otro lado, en [53] se presenta una solución encaminada a la orquestación de recursos dinámicos sobre aplicaciones con múltiples tareas en un entorno de computación en la nube móvil heterogénea. Para lograrlo, se utiliza un algoritmo de enjambre de partículas multi-objetivo para la obtención de soluciones óptimas en la orquestación de infraestructura, dirigida por software, para aplicaciones complejas donde se presenta un entorno multitarea atendiendo a procesos de negocios específicos. Esta solución difiere de nuestra propuesta en el sentido en que la orquestación dinámica es aplicada a los recursos en una computación en la nube móvil, para que los componentes de las aplicaciones, bajo este entorno, sean los necesarios para asegurar la ejecución de cada componente de la aplicación. En nuestro caso, la orquestación es aplicada en un entorno

de Computación en la Nube sobre aplicaciones de negocios que atienen a procesos definidos en un flujo de trabajo compuesto por un conjunto de servicios atómicos. En nuestro proceso de orquestación son contemplados tanto factores independientes al servicio, en los cuales se analizan métricas relacionadas al comportamiento de cierta parte de la infraestructura como ancho de banda y latencia de servidores, como valores asociados al comportamiento de ciertos factores dependientes al servicios tales como: costo, tiempo de procesamiento, capacidad de respuesta por llamadas al servicio y reputación.

En [54] se presenta una arquitectura para la orquestación de servicios basados en los requisitos básicos necesarios de infraestructura en un ambiente de Computación en la Niebla. Para lograrlo, se basan en contenedores con entornos virtualizados donde los nodos de niebla son capaces de ejecutar servicios, Estos contenedores ofrecen acceso a dispositivos agregados o conectados a través de diferentes tecnologías de comunicación para el desarrollo de sus tareas. Esta solución se basa en dos componentes esenciales: *Fog Orchestrator* (FO) y *Fog Orchestrator Agent* (FOA). FOA se encarga de iniciar servicios en contenedores al detectar nuevos dispositivos agregados o conectados a un nodo de niebla. FO a partir de plantillas con la administración de recursos, los nodos en el ambiente y los requisitos de cada uno de ellos, asigna a cada nodo la infraestructura necesaria para su ejecución. En esta solución, el ambiente en el cual se orquesta la infraestructura, para cada nodo que presenta un servicio, es en la Computación en la Niebla, un modelo en el cual la computación y datos se extienden al borde de la Computación en la Nube, por lo que localmente en los dispositivos conectados en el modelo se realiza cierto tipo de procesamiento básico y el procesamiento complejo se deja en el lado de un concentrador de un dispositivo inteligente con mayor poder de procesamiento que pueda gestionar hacia datos hacia la Nube para un análisis analítico a largo plazo del servicio utilizado. Por lo que la orquestación de infraestructura presentada en esta solución parte de lo local hacia (extremo de la Nube) contenedores virtualizados de Nube. Esto difiere de nuestra propuesta de solución ya que la orquestación la llevamos a cabo en la Nube, y es realizada a partir de comportamientos de servicios atómicos o microservicios pertenecientes a un flujo de trabajo que representan a un software como servicios. Solo ciertos datos de desempeño de infraestructura que presentan los servicios son contemplados en nuestra propuesta de orquestación, tales como: ancho de banda y latencia del servidor que requiere servicio y no toda la infraestructura como tal para su ejecución.

Por otro lado, en [55] se presenta una solución encaminada a integrar segmentos y tecnologías de red ópticas e inalámbricas heterogéneas junto con infraestructuras de almacenamiento y computo masivo, con el objetivo de llevar a cabo un organización entre Nube y red, que permita el interfuncionamiento de planos de control heterogéneos que permitan proporcionar servicios de aprovisionamiento de extremo a extremo así como la recuperación de calidad en los servicios (esquemas de provisión y restauración de comunicación). Para ello presenta, en una red definida por software, (SDN) un Protocolo de Orquestación de Control (COP) que propone una API de transporte común que sirve de interfaz para diferentes controladores SDN permitiendo el aprovisionamiento dinámico y la restauración de los servicios E2E compatibles con la calidad de los servicios de infraestructura en la Nube. Este enfoque presentado de orquestación va encaminado a orquestar servicios E2E en escenarios de red de múltiples dominios, múltiples capas y

múltiples tecnologías. Lo que difiere en gran medida de nuestra propuesta de solución, ya la orquestación presentada en nuestro modelo no se encarga de orquestar servicios de red sino monitorear el comportamiento que se tiene en el ancho de banda de la red que impacte en el comportamiento del servicio atómico utilizado en un flujo de trabajo que representa a un software como servicio.

Otro enfoque de solución basado en la orquestación de infraestructura de red es el presentado en [56], en donde se presenta una solución basada en la automatización y optimización de los procesos realizados en NFV (*Network Function Virtualization*) MANO (*Management and Orchestration*) a partir de microservicios centralizados y distribuidos, los cuales realizan mecanismos de compartición de estados y equilibrio de carga distribuida, permitiendo ventajas competitivas a los proveedores, tales como: implementación de servicios de red bajo demanda, optimización del uso de recursos, mejorar la calidad de los servicios y reducción de costos de mantenimiento al reducir la cantidad de hardware dedicado en una red. Por lo que esta solución va enfocada a apoyar la orquestación de los servicios de red en el proceso de administración para el despliegue correcto de recursos de red asignados a servicios de Nube. Esto difiere de la solución que proponemos en nuestra investigación, ya que en el proceso de orquestación propuesto no tratamos de automatizar el proceso de gestión de redes realizado con una orquestación mediante el uso de microservicios, sino que orquestamos los microservicios que forman parte de proceso de negocios representado en un flujo de trabajo que representa a software como servicio para garantizar que éste cumpla en tiempo y forma con las actividades del cliente.

Existen, en otro entorno diferente de solución, enfoques dirigidos al uso de la orquestación aplicada a la composición de servicios de software. En [11] se presenta una solución encaminada a controlar la calidad de los servicios en tiempo real, al realizar una orquestación dinámica para la composición de servicios desplegados al usuario final. Para lograrlo, hacen uso técnicas de aprendizaje y adaptación a los cambios a partir de los comportamientos presentados en tiempo de ejecución de los servicios ofrecidos por terceros. Con lo anterior logran ofrecer a los proveedores ofertar servicios a precios competitivos con la calidad necesaria, logrando cumplir con las necesidades de sus usuarios de servicios. El control de calidad en tiempo real utilizado en esta orquestación, complementa los acuerdos establecidos en SLA junto con las capacidades de control de los servicios en tiempo de ejecución, permitiendo a los proveedores la capacidad de responder adecuadamente a las degradaciones de la calidad de los servicios a corto plazo. Con lo anterior se garantiza el despliegue del servicio ajustado a las garantías de calidad de los usuarios. Esta solución difiere de nuestra propuesta de solución ya que la orquestación dinámica aquí presentada es utilizada para la composición de servicios que serán desplegados al usuario del servicio y nuestra solución utiliza la orquestación dinámica para que una vez compuesto el servicio y utilizado por el usuario, en tiempo de ejecución, se realice la orquestación con el objetivo de colocar los servicios con el grado de disponibilidad y confiabilidad necesarios para hacer cumplir en tiempo y forma las tareas del usuario final.

En [57] se aborda el problema de la fuerte dependencia que se tienen con las interfaces WSDL de los servicios web para la composición de servicios, al presentar una composición dinámica basadas en mensajes, del tipo comunicación entre socios, dentro de la orquestación de servicios web, introduciendo para ello una infraestructura

middleware llamada OIMS (*Open Interaction Middleware Service*), la cual actúa como un *broker* entre la colaboración, creando un entorno de plantillas de mensajes, simulando una interfaz WSDL genérica para cada tipo de puerto de servicios web. Con lo anterior tratan de liberar la dependencia del cliente en las URIs de enlaces de los socios, logrando apoyar a que la orquestación sea más distribuida y no quedar limitada en ambiente tipo cliente-servidor. Esta solución es basada en una arquitectura SOA para la composición dinámica de servicios que serán desplegados. Nuestra propuesta de solución se encuentra a un siguiente nivel en el uso de la orquestación para composición de servicios, ya que ésta parte de un servicio ya compuesto que se encuentra desplegado el modelo SaaS y listo para ser utilizado. Nuestra propuesta revisa dinámicamente los servicios que forman parte de la composición para garantizar que éstos cumplan con el grado de disponibilidad y confiabilidad necesaria para ejecutarse correctamente. En caso de no ser así, nuestra propuesta inicia un proceso de orquestación para la re-composición del flujo de trabajo con servicios sustitutos que remplazan a aquellos identificados como fallidos, logrando con ello que el servicio compuesto cumpla en tiempo forma al ser utilizado por el cliente.

El objetivo de nuestra propuesta es orquestar servicios atómicos o microservicios para un flujo de trabajo en el modelo PaaS relacionado con un servicio compuesto ofertado en el modelo SaaS que está siendo utilizado por un consumidor, con el objetivo de asegurar el funcionamiento en tiempo y forma del servicio cumpliendo satisfactoriamente con las tareas del consumidor de servicios. Para lograrlo, se realiza un análisis de los diferentes datos del flujo de trabajo del servicio, para determinar problemas que se pudieran presentar en algunos factores dependientes e independientes al servicio o comportamientos del servicio a lo largo de uso que pueda pronosticar que éste no satisfagan las expectativas de ejecución, y a partir de esto, se realiza, en caso de ser necesario, un búsqueda, descubrimiento, selección y agrupación de servicios candidatos que cumplan con los factores necesarios del servicio para finalizar con la orquestación de nuevos servicios que serán utilizados en la reconstrucción del flujo de trabajo del servicio presentado al consumidor.

Apéndice B: Pruebas

En este apartado se especifica el plan de pruebas aplicado al Modelo de Orquestación Dinámica de Procesos de Aplicaciones de Negocios, así también se presenta el diseño de casos de prueba aplicado al MODS así como un apartado en extenso en donde se presentan a detalle algunos de los datos relevantes que representan los resultados obtenidos en algunos casos de prueba.

B.1. Plan de Pruebas (MOD-01-01)

MOD-01-01 se refiere al Plan de pruebas para el Modelo de Orquestación Dinámico de Procesos de Aplicaciones de Negocios. El nombre del modelo se abreviará Modelo de Orquestación Dinámica o simplemente MODS con la finalidad de referirlo de forma más simple en este documento.

Introducción

Las pruebas planteadas en este apartado están definidas para un contexto simulado de Nube Computacional establecido por la herramienta *WorkflowSim* que extiende de la herramienta base *CloudSim*.

El experimento realizado para este modelo se llevó a cabo bajo el ambiente simulado mencionado anteriormente, utilizando como Software como Servicio la aplicación *Montage* con el flujo de trabajo sintético DAX 100, generado por la herramienta *WorkflowGenerator* de *Pegasus* al utilizar la información generada por las ejecuciones reales de la aplicación en el entorno de *Grid Computing*.

El plan de pruebas se basa en el estándar IEEE 829-2008 permitiendo establecer las pruebas aplicadas al experimento del modelo propuesto con el fin de recolectar los datos cuantitativos que determinen la eficacia del MODS en la recomposición de servicios atómicos, con el grado de disponibilidad necesaria, para el flujo de trabajo de un proceso de negocios, apoyando con ello a la ejecución en tiempo y forma del SaaS al momento de ser utilizado por un consumidor de servicios en la Nube Computacional.

Objetivo

- Probar la funcionalidad de la orquestación dinámica a partir del histórico de comportamiento de cada servicio atómico a lo largo de su uso, con la intención de determinar su efectividad en la identificación de la disponibilidad necesaria de los servicios atómicos que forman parte del flujo de trabajo de un proceso de negocios (SaaS) con el fin de generar la lista de servicios atómicos candidatos a ser utilizados en tiempo de ejecución.
- Probar la funcionalidad de la orquestación dinámica a partir únicamente de la revisión de información generada en tiempo de ejecución de los factores dependientes e independientes de los servicios atómicos del flujo de trabajo, para determinar su efectividad en la identificación de la disponibilidad necesaria de servicios atómicos del flujo de trabajo de un proceso de negocios (SaaS) con el fin de generar la lista de servicios atómicos candidatos a ser utilizados en tiempo de ejecución.
- Probar la funcionalidad de la orquestación dinámica a partir de datos históricos de comportamiento y datos generados en tiempo de ejecución de los factores dependientes e independientes de los servicios atómicos para determinar su efectividad para la identificación de la disponibilidad necesaria de servicios atómicos que forman parte del flujo de trabajo de un proceso de negocios (SaaS) con el fin de generar la lista de servicios atómicos candidatos a ser utilizados en tiempo de ejecución.

Enfoque

El plan de pruebas establecido en este documento atiende a la necesidad de revisar la eficacia del MODS para la orquestación dinámica de servicios atómicos, que forman

parte de un flujo de trabajo de un SaaS, en tiempo de ejecución, con el fin de definir todos aquellos servicios atómicos que cuenten con la disponibilidad necesaria para apoyar en la ejecución correcta del flujo de trabajo establecido para alcanzar en tiempo y forma las metas de valor de un SaaS ejecutado por un consumidor de servicios en la Nube Computacional.

Alcances

El experimento solo se realizará sobre el ambiente simulado de Nube Computacional generado por la herramienta *WorkflowSim*. Se utiliza para la configuración del ambiente simulado módulos desarrollados en el lenguaje de programación Java, dentro del proyecto *WorkflowSim*, en los cuales también se define la ejecución de la aplicación *Montage*.

Los datos generados, en tiempo de ejecución, de los servicios atómicos de un flujo de trabajo serán obtenidos directamente de los que genere la herramienta *WorkflowSim*. El experimento contempla las pruebas sobre tres contextos en el simulador:

- La ejecución de la aplicación *Montage* en un ambiente controlado donde no se presenten sobrecargas ni fallos en el ambiente.
- La ejecución de la aplicación *Montage* en un ambiente con fallos en máquinas virtuales y servicios atómicos sin aplicar un algoritmo de tolerancia a fallas.
- La ejecución de la aplicación *Montage* en un ambiente con sobrecarga y fallos en máquinas virtuales y servicios atómicos aplicando un algoritmo de tolerancia a fallas.

B.2. Especificación del Plan de Pruebas

Nomenclatura

Se presenta a continuación la nomenclatura que será utilizada a lo largo del documento referente al plan de pruebas para el modelo de orquestación dinámica presentado en esta investigación.

El formato establecido para referirse a cada apartado del plan de pruebas es MOD-XX-YY. Donde:

- **MOD** es el prefijo utilizado para referirse a Modelo de Orquestación Dinámica.
- **XX** es el prefijo utilizado para representar el tipo de concepto a ser evaluado.
- **YY** es el prefijo utilizado para representar un valor consecutivo del concepto.

A continuación se definen cada uno de los conceptos y valores consecutivos para cada uno de ellos utilizados en el plan de prueba:

Tabla 44. Conceptos utilizados en casos de prueba

Concepto	
Valor	Tipo
01	Documentación de Pruebas
02	Módulos del Modelo
03	Funciones del Modelo

Tabla 45. Nomenclatura utilizada para los documentos de los casos de prueba

Documentación de Pruebas

Formato	Descripción
MOD-01-01	Plan de Pruebas Modelo de Orquestación Dinámica
MOD-01-02	Especificación del Diseño de Pruebas
MOD-01-03	Especificación Casos de Prueba

Tabla 46. Módulos a revisar en los casos de prueba

Módulos del Modelo	
Formato	Descripción
MOD-02-01	Módulo de identificación de servicios atómicos del flujo de trabajo de SaaS.
MOD-02-02	Módulo de búsqueda de disponibilidad de servicios atómicos por histórico de comportamiento.
MOD-02-03	Módulo de búsqueda de disponibilidad de servicios atómicos basado en atributos dependientes e independientes de cada servicio atómico en tiempo de ejecución sin historial de comportamiento.
MOD-02-04	Módulo de búsqueda de disponibilidad de servicios atómicos basado en atributos dependientes e independientes de cada servicio atómico en tiempo de ejecución apoyado con la búsqueda de histórico de comportamiento.
MOD-02-05	Módulo de orquestación de servicios atómicos disponibles para un flujo de trabajo.

Tabla 47. Casos de prueba

Funciones del Modelo	
Formato	Descripción
MOD-03-01	Identificación de servicios atómicos de un flujo de trabajo de un SaaS.
MOD-03-02	Identificación de servicios atómicos disponibles basada en el histórico de comportamiento.
MOD-03-03	Identificación de servicios atómicos disponibles basada en análisis de atributos dependientes e independientes de los servicios atómicos en tiempo de ejecución sin análisis del histórico por comportamiento.
MOD-03-04	Identificación de servicios atómicos disponibles basada en análisis de atributos dependientes e independientes de los servicios atómicos en tiempo de ejecución a partir de todos aquellos servicios atómicos fallidos en el análisis del histórico de comportamiento.
MOD-03-05	Orquestación de servicios atómicos disponibles para un flujo de trabajo de un SaaS.

Características que no serán probadas

Las pruebas no contemplan probar en el modelo de orquestación dinámica las siguientes características:

- Tiempo de respuesta del modelo en la identificación y orquestación de servicios atómicos disponibles.
- Pruebas del modelo de orquestación dinámica en un ambiente real de Nube Computacional.

B.3. Especificación del Diseño de Pruebas (MOD-01-01)

Diseño de Prueba: MOD-01-02.1

Aplicado a: **MOD-02-01**

Características que se probarán

Se probará la función **MOD-03-01** correspondiente a la identificación de los servicios atómicos que forman parte del flujo de trabajo de entrada correspondiente a la aplicación *Montage*.

Refinamiento del enfoque

La lista de servicios atómicos será obtenida a partir de la entrada de un archivo xml que representa al archivo DAX de la aplicación *Montage*.

Cada servicio atómico es visto como un trabajo que representa varias tareas con cierta profundidad de ejecución en el flujo de trabajo. Por lo que la lista de servicios es representada con el nombre del servicio, el identificador del trabajo y el identificador de la tarea a partir de su profundidad.

Identificación de la prueba

El caso de prueba asociado con esta especificación es: **MOD-01-03.1** “Caso de prueba para la identificación de servicios atómicos de un flujo de trabajo”.

Diseño de Prueba: MOD-01-02.2

Aplicado a: **MOD-02-02**

Características que se probarán

Se probará la función **MOD-03-02** correspondiente a la función de identificación de servicios atómicos disponibles, del flujo de trabajo de entrada de la aplicación *Montage*, basada en la revisión del histórico de comportamiento de los servicios atómicos.

Refinamiento del enfoque

Cada servicio atómico del flujo de trabajo de entrada, será revisado a partir de su histórico de comportamiento a lo largo de uso, para establecer la probabilidad de su disponibilidad que determine si puede ser utilizado o no en el flujo de trabajo.

La revisión de cada servicio atómico dará como resultado una lista de todos aquellos servicios atómicos con alta probabilidad de disponibilidad (el modelo los interpretará como servicios atómicos disponibles).

Como una parte complementaria de la revisión, se agregara en la lista aquellos servicios atómicos que por su comportamiento histórico tienen una probabilidad de falla, debido a su bajo porcentaje de disponibilidad (el modelo los interpretara como fallidos y buscara candidatos).

Identificación de la prueba

El caso de prueba asociado con esta especificación es: **MOD-01-03.2** “Caso de prueba para la identificación de servicios atómicos disponibles, en el flujo de trabajo, por histórico de comportamiento”.

Criterio de aprobación o desaprobación de evaluación de las características

La lista de servicios atómicos resultante con la etiqueta “Aceptado” deberán corresponder a todos aquellos con una confiabilidad y tiempo de respuesta mayor o igual a 80% o con una confiabilidad y tiempo de respuesta entre el 50% y el 80%, pero que su probabilidad o frecuencia de uso sea mayor al 50%.

La lista de servicios atómicos aprobados será fallida en caso de que no cumpla con los porcentajes establecidos anteriormente.

La lista de servicios atómicos resultantes, bajo un contexto de aprobación, serán confrontados con los resultados arrojados por el simulador *WorkflowSim* para determinar el índice de precisión y comprobar la eficacia del modelo en este módulo.

Diseño de Prueba: MOD-01-02.3

Aplicado a: **MOD-02-03**

Características que se probaran

Se probará la función **MOD-03-03** correspondiente a la Identificación de servicios atómicos disponibles, basada solo en el análisis de los valores de factores dependientes e independientes de los servicios atómico en tiempo de ejecución al considerar que no existe historial de comportamiento de los servicios atómicos.

Refinamiento del enfoque

Cada servicio atómico será revisado a partir de sus atributos dependientes (estáticos) e independientes (dinámicos) para identificar el grado de disponibilidad que presenta y determinar si éste es considerado “Aceptado” o “Fallido”.

El resultado de la revisión proporcionará un listado de todos aquellos servicios atómicos disponibles y todos aquellos que requerirán búsqueda de sustitutos.

La revisión de atributos dependientes (estáticos) e independientes (dinámicos) se realiza a partir de la información recolectada en tiempo de ejecución del simulador *WorkflowSim* para la recomendación de servicios atómicos al modelo de orquestación.

Identificación de la prueba

El caso de prueba asociado con esta especificación es: **MOD-01-03.3** “Caso de prueba para la Identificación de servicios atómicos disponibles, en el flujo de trabajo, a partir de la revisión de valores de sus atributos dependientes (estáticos) e independientes (dinámicos)”.

Criterio de aprobación o desaprobación de evaluación de las características

El listado de servicios atómicos proporcionados por la revisión dinámica de sus atributos dependientes e independientes, deberá corresponder con todos aquellos marcados como:

- **ACEPTADOS**, todos aquellos servicios atómicos que correspondieron con un grado de disponibilidad mayor o igual al 80%.
- **FALLIDOS**, todos aquellos servicios atómicos que correspondieron con un grado de disponibilidad menor al 80%.
- **SUSTITUTOS**, para todos aquellos servicios atómicos seleccionados con un grado de disponibilidad mayor o igual al 80%.

Para todos aquellos servicios atómicos marcados como SUSTITUTOS, la revisión de atributos dependientes (estáticos) e independientes (dinámicos) deberá determinar que estos cumplen con un porcentaje de costo por servicio atómico $-10\%valor\ original \leq costo \leq +10\%valor\ original$ $-/+ 10\%$, así como una capacidad de respuesta mayor o igual al 80%.

La lista de servicios atómicos **ACEPTADOS** será confrontada con la lista emitida por el simulador, para determinar el grado de precisión en el descubrimiento de servicios.

La lista de servicios atómicos marcados como SUSTITUTOS, será confrontada con la emitida por el simulador, para determinar el grado de precisión con la que la lista de

sustitutos reemplaza a los servicios atómicos que presentan problemas de disponibilidad y que ponen en riesgo el desempeño de su ejecución.

La lista proporcionada por el modelo de orquestación dinámica será desaprobada para el caso en el que el índice de precisión de los servicios atómicos encontrados sea menor que 0.8.

Diseño de Prueba: MOD-01-02.4

Aplicado a: **MOD-02-04**

Características que se probarán

Se probará la función **MOD-03-04** correspondiente a la búsqueda de disponibilidad de servicios atómicos, basado en la revisión de los valores correspondientes a los factores dependientes e independientes de cada servicio atómico en tiempo de ejecución, a partir de todos aquellos servicios atómicos marcados como fallidos en el análisis del histórico por comportamiento.

Refinamiento del enfoque

Todos aquellos servicios atómicos etiquetados como “Fallidos” en los resultados de la prueba **MOD-03-02** serán puestos como entrada en la revisión de búsqueda de servicios atómicos sustitutos que se encuentren disponibles a partir de la revisión de los valores correspondientes a los factores dependientes e independientes de cada servicio atómico.

La lista final de la prueba estará formada por todos aquellos servicios atómicos aceptados en la revisión del histórico por comportamiento así como todos aquellos servicios atómicos sustitutos elegidos por la revisión de valores correspondientes a los factores dependientes e independientes.

Identificación de la prueba

El caso de prueba asociado con esta especificación es: **MOD-01-03.4** “Caso de prueba para la Identificación de servicios atómicos disponibles y sustitutos para el flujo de trabajo, a partir de la revisión emitida por el historial de comportamiento apoyada de la revisión de valores correspondientes a los factores dependientes e independientes de cada servicio atómico.

Criterio de aprobación o desaprobación de evaluación de las características

A partir de la entrada de los servicios atómicos que forman parte del flujo de trabajo ejecutado, se generará como primer punto la lista de servicios atómicos con alta probabilidad de disponibilidad en base a la revisión realizada en un histórico de comportamiento de cada servicio atómico. La lista de servicios atómicos resultante, en este punto, con la etiqueta “Aceptado” deberán corresponder a todos aquellos con una confiabilidad y tiempo de respuesta mayor o igual a 80% o con una confiabilidad y tiempo de respuesta entre el 50% y el 80%, pero que su probabilidad o frecuencia de uso sea mayor al 50%. Como segundo punto, a partir de los servicios atómicos etiquetados como “Fallidos” se revisará la disponibilidad real de cada servicio atómico fallido y en caso de ser requerido se buscarán servicios atómicos sustitutos a partir de la revisión dinámica de los valores asociados a los factores dependientes e independientes.

El resultado de esta prueba será una lista de todos aquellos servicios atómicos disponibles a partir del histórico de comportamiento, todos aquellos disponibles por revisión asociada a los valores de los factores dependientes e independientes cada

servicio atómico así como todos aquellos servicios atómicos sustitutos a partir de los definidos como “Fallidos” por parte de la revisión de histórico de comportamiento y de los valores de los factores dependientes a independientes revisados en tiempo de ejecución.

El resultado de la prueba se confrontará con el resultado emitido por el simulador *WorkflowSim*, aprobando aquella lista cuya precisión en la confrontación sea igual a 1. El resultado será desaprobado si el índice de precisión es menor al 80%.

B.4. Representación Detallada de Resultados

Entrada de Datos para Caso de Prueba MOD-01-03.1

La entrada de datos es a partir del archivo xml del DAX 100 de la aplicación *Montage* con la ruta correcta:

C:/Users/Fabian/Documents/NetBeansProjects/CloudSim-3.0.3/WorkflowSimTest/config/dax/Montage_100.xml

Se muestra a continuación en la Figura 33 un fragmento del archivo:


```

- <job id="ID00098" name="mShrink" version="1.0" runtime="6.91" namespace="Montage">
  <uses size="69432167" type="data" optional="false" transfer="false" register="false" link="input" file="mosaic_ID00097_ID00097.fits"/>
  <uses size="69432167" type="data" optional="false" transfer="false" register="false" link="input" file="mosaic_ID00097_ID00097_area.fits"/>
  <uses size="2778398" type="data" optional="false" transfer="false" register="false" link="output" file="shrunken_ID00098_ID00098.fits"/>
</job>
- <job id="ID00099" name="mJPEG" version="1.0" runtime="0.83" namespace="Montage">
  <uses size="2778398" type="data" optional="false" transfer="false" register="false" link="input" file="shrunken_ID00098_ID00098.fits"/>
  <uses size="420195" type="data" optional="false" transfer="true" register="true" link="output" file="shrunken_ID00098_ID00098.jpg"/>
</job>
<!-- part 3: list of control-flow dependencies (may be empty) -->
- <child ref="ID00016">
  <parent ref="ID00001"/>
  <parent ref="ID00000"/>
</child>
- <child ref="ID00017">
  <parent ref="ID00000"/>
  <parent ref="ID00009"/>
</child>
- <child ref="ID00018">
  <parent ref="ID00000"/>
  <parent ref="ID00011"/>
</child>
- <child ref="ID00019">
  <parent ref="ID00013"/>
  <parent ref="ID00000"/>
</child>
- <child ref="ID00020">
  <parent ref="ID00001"/>
  <parent ref="ID00000"/>
</child>
- <child ref="ID00021">
  <parent ref="ID00001"/>
  <parent ref="ID00003"/>
</child>
- <child ref="ID00022">
  <parent ref="ID00001"/>
  <parent ref="ID00006"/>
</child>
- <child ref="ID00023">
  <parent ref="ID00001"/>
  <parent ref="ID00007"/>
</child>

```

Figura 33. Fragmento del Archivo DAX de Montage 100

Representación de Flujo de Trabajo de *Montage DAX 100*

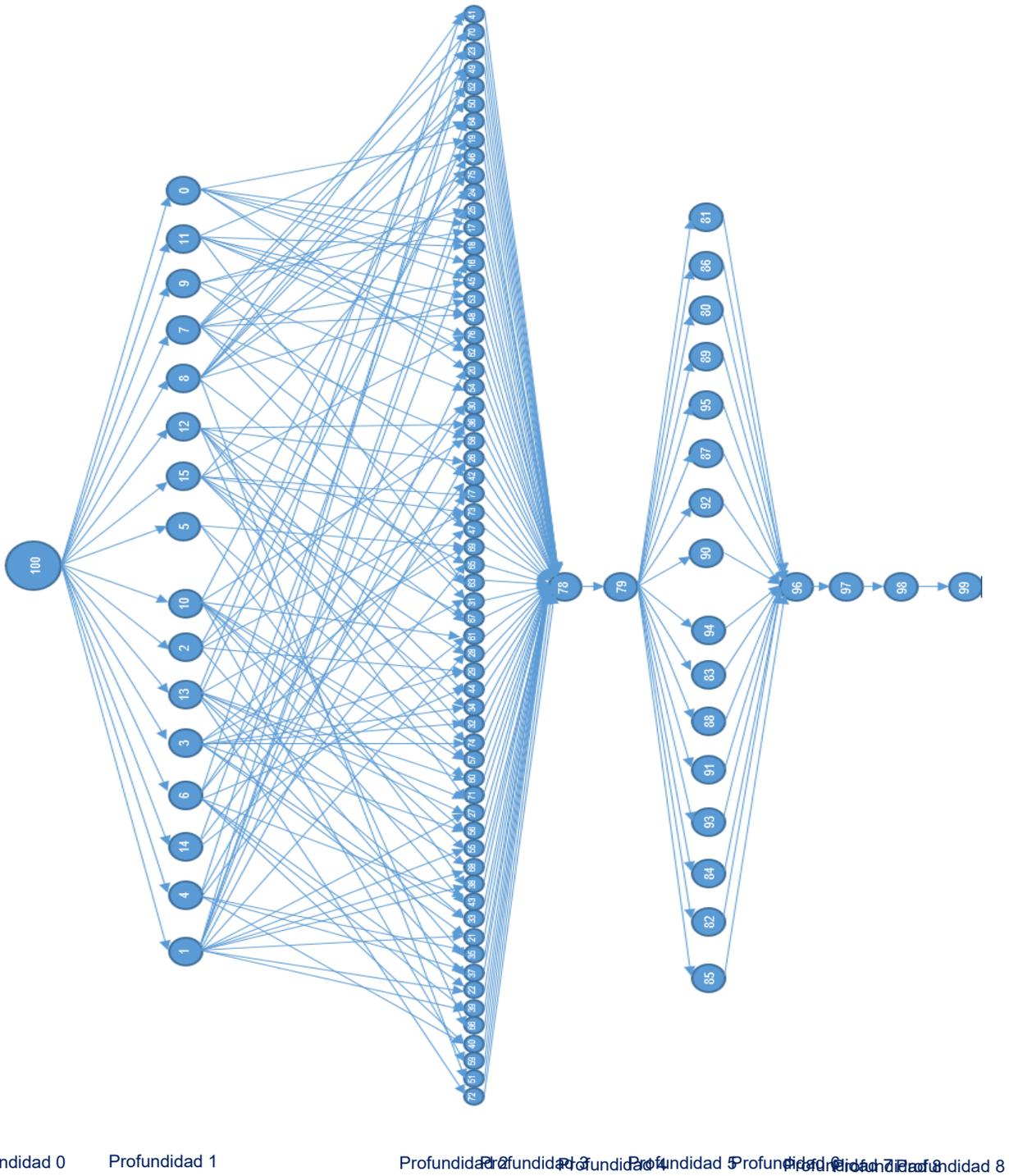


Figura 34. Flujo de Trabajo de la aplicación *Montage DAX 100*

Salida de Datos para Caso de Prueba MOD-01-03.1

La Figura 35, muestra la salida detallada para el caso de prueba donde la ruta de entrada del archivo DAX 100 de *Montage* es correcta:

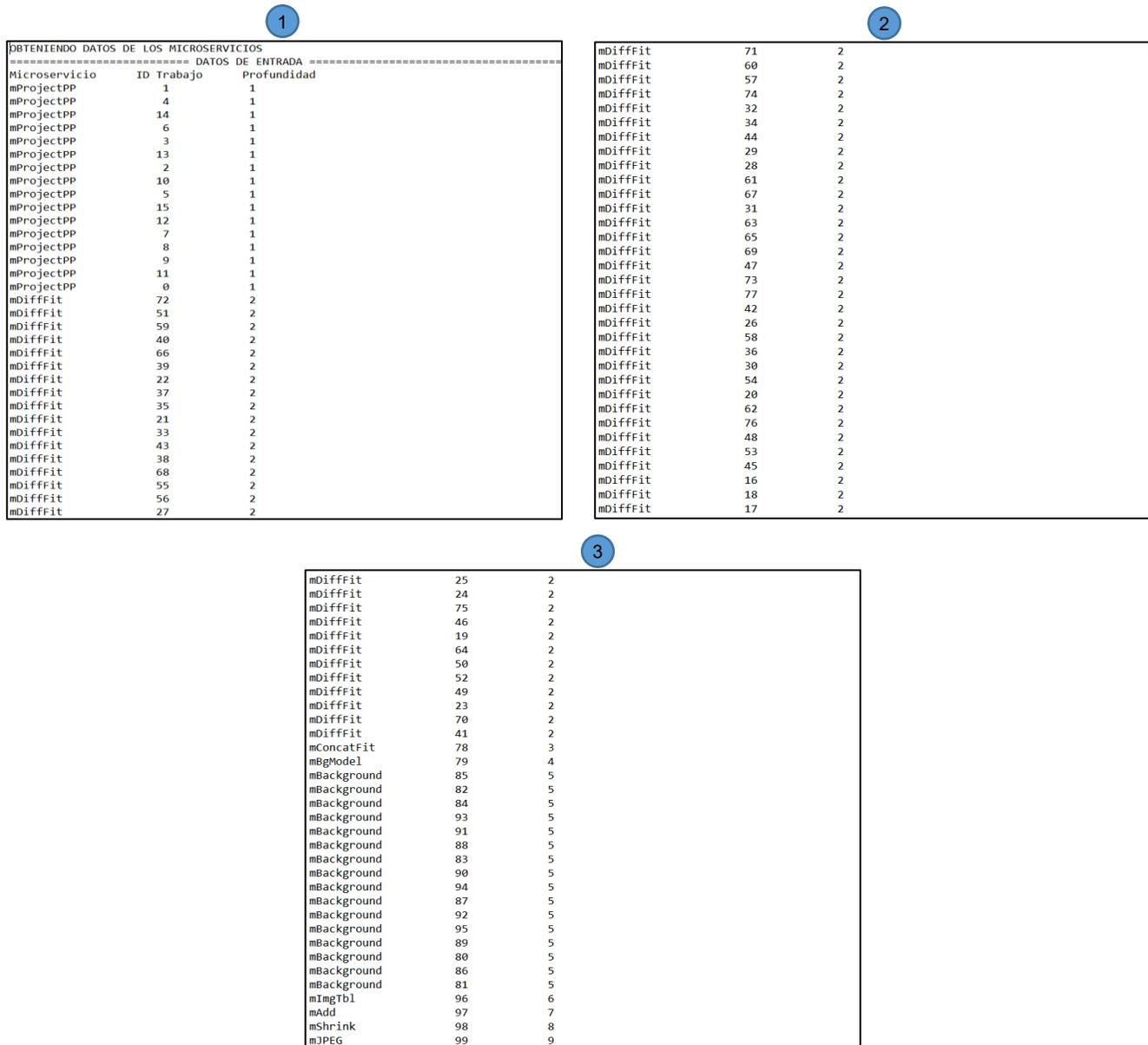


Figura 35. Salida en pantalla del listado detallado de servicios atómicos del flujo de trabajo

Salida de Datos para Caso de Prueba MOD-01-03.2

Resultado detallado de Prueba MOD-01-03.2.1

Tabla 48. Resultado completo de lista de servicios revisados por MODS

NombreServicio	IdJob	IdVM	FechaUso	Confiabilidad	Estado
mProjectPP	1	0	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	4	1	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	14	2	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	6	3	2017-05-08	95.0	ACEPTADO

mProjectPP	3	4	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	13	5	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	2	6	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	10	7	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	5	8	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	15	9	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	12	10	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	7	12	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mProjectPP	8	11	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	9	13	2017-05-08	95.4	ACEPTADO
mProjectPP	11	14	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mProjectPP	0	15	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	72	18	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	51	12	2017-05-08	88.2	ACEPTADO
mDiffFit	59	25	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	40	0	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	66	38	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	39	2	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	22	1	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	37	4	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	35	6	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	21	3	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	33	5	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	43	7	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	38	8	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	68	16	2017-05-08	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	55	21	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	56	22	2017-05-08	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	27	17	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	71	10	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	60	23	2017-05-08	92.2	ACEPTADO
mDiffFit	57	26	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	74	9	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	32	32	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	34	28	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	44	33	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	29	19	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	28	29	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	61	24	2017-05-08	95.2	ACEPTADO
mDiffFit	67	34	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	31	11	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mDiffFit	63	15	2017-05-08	94.4	ACEPTADO
mDiffFit	65	35	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	69	27	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	47	39	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	73	30	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	77	31	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	42	14	2017-05-08	94.7	ACEPTADO
mDiffFit	26	36	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	58	13	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mDiffFit	36	37	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	30	20	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	54	1	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	20	18	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	62	12	2017-05-08	88.2	ACEPTADO
mDiffFit	76	25	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	48	0	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	53	38	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	45	2	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	16	4	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	18	5	2017-05-08	88.8	ACEPTADO

mDiffFit	17	6	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	25	3	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	24	7	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	75	8	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	46	16	2017-05-08	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	19	17	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	64	21	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	50	22	2017-05-08	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	52	10	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	49	23	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	23	26	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	70	32	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mConcatFit	78	0	2017-05-08	94.4	ACEPTADO
mBgModel	79	0	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mBackground	85	0	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	82	1	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	84	2	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	93	4	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	91	3	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	88	5	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	83	6	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	90	8	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	94	7	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	87	10	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	92	9	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	95	11	2017-05-08	92.8	ACEPTADO
mBackground	89	12	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	80	13	2017-05-08	91.6	ACEPTADO
mBackground	86	14	2017-05-08	92.3	ACEPTADO
mBackground	81	15	2017-05-08	92.3	ACEPTADO
mImgTbl	96	0	2017-05-08	100.0	ACEPTADO
mAdd	97	0	2017-05-08	85.0	ACEPTADO
mShrink	98	0	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mJPEG	99	0	2017-05-08	95.0	ACEPTADO

Tabla 49. Resultado completo emitido por WorkflowSim sin uso de MODS

2017-05-08									
Job ID	Task ID	STATUS	Data Center ID	VM ID	Time	Start Time	Finish Time	Depth	Cost
100	Stage-in	SUCCESS	2	0	0,11	0,1	0,21	0	6,73
1	2,	SUCCESS	2	0	13,39	0,21	13,6	1	41,37
4	5,	SUCCESS	2	1	13,44	0,21	13,65	1	41,52
14	15,	SUCCESS	2	2	13,5	0,21	13,71	1	41,7
6	7,	SUCCESS	2	3	13,53	0,21	13,74	1	41,79
3	4,	SUCCESS	2	4	13,58	0,21	13,79	1	41,94
13	14,	SUCCESS	2	5	13,64	0,21	13,85	1	42,12
2	3,	SUCCESS	2	6	13,7	0,21	13,91	1	42,3
10	11,	SUCCESS	2	7	13,83	0,21	14,04	1	42,69
5	6,	SUCCESS	2	8	13,85	0,21	14,06	1	42,75
15	16,	SUCCESS	2	9	13,88	0,21	14,09	1	42,84
12	13,	SUCCESS	2	10	13,9	0,21	14,11	1	42,9
7	8,	SUCCESS	2	12	13,93	0,21	14,14	1	42,99
8	9,	SUCCESS	2	11	13,93	0,21	14,14	1	42,99
9	10,	SUCCESS	2	13	13,98	0,21	14,19	1	43,14
11	12,	SUCCESS	2	14	14,09	0,21	14,3	1	43,47
0	1,	SUCCESS	2	15	14,13	0,21	14,34	1	43,59
72	73,	SUCCESS	2	18	11,34	13,85	25,2	2	34,83
51	52,	SUCCESS	2	12	11,1	14,14	25,24	2	34,11
59	60,	SUCCESS	2	25	11,31	14,04	25,35	2	34,74
40	41,	SUCCESS	2	0	11,65	13,74	25,39	2	36,54
66	67,	SUCCESS	2	38	11,28	14,11	25,39	2	34,62

Apéndice B

39	40,	SUCCESS	2	2	11,69	13,74	25,43	2	36,67
22	23,	SUCCESS	2	1	11,69	13,74	25,43	2	36,67
37	38,	SUCCESS	2	4	11,67	13,85	25,52	2	36,62
35	36,	SUCCESS	2	6	11,66	13,91	25,57	2	36,58
21	22,	SUCCESS	2	3	11,78	13,79	25,57	2	36,94
33	34,	SUCCESS	2	5	11,72	13,85	25,57	2	36,76
43	44,	SUCCESS	2	7	11,53	14,04	25,57	2	36,19
38	39,	SUCCESS	2	8	11,52	14,06	25,58	2	36,17
68	69,	SUCCESS	2	16	11,73	13,85	25,58	2	36,8
55	56,	SUCCESS	2	21	11,58	14,04	25,62	2	36,35
56	57,	SUCCESS	2	22	11,59	14,04	25,63	2	36,38
27	28,	SUCCESS	2	17	11,78	13,85	25,63	2	36,95
71	72,	SUCCESS	2	10	11,54	14,11	25,65	2	36,22
60	61,	SUCCESS	2	23	11,61	14,04	25,65	2	36,43
57	58,	SUCCESS	2	26	11,62	14,06	25,68	2	36,45
74	75,	SUCCESS	2	9	11,6	14,09	25,69	2	36,4
32	33,	SUCCESS	2	32	11,6	14,11	25,71	2	36,4
34	35,	SUCCESS	2	28	11,64	14,09	25,73	2	36,52
44	45,	SUCCESS	2	33	11,65	14,11	25,76	2	36,54
29	30,	SUCCESS	2	19	11,86	13,91	25,77	2	37,19
28	29,	SUCCESS	2	29	11,68	14,09	25,77	2	36,65
61	62,	SUCCESS	2	24	11,75	14,04	25,79	2	36,84
67	68,	SUCCESS	2	34	11,69	14,11	25,8	2	36,67
31	32,	SUCCESS	2	11	11,66	14,14	25,8	2	36,58
63	64,	SUCCESS	2	15	11,46	14,34	25,8	2	35,98
65	66,	SUCCESS	2	35	11,71	14,11	25,82	2	36,73
69	70,	SUCCESS	2	27	11,78	14,06	25,84	2	36,93
47	48,	SUCCESS	2	39	11,7	14,14	25,84	2	36,69
73	74,	SUCCESS	2	30	11,76	14,09	25,85	2	36,88
77	78,	SUCCESS	2	31	11,76	14,09	25,85	2	36,88
42	43,	SUCCESS	2	14	11,57	14,3	25,87	2	36,3
26	27,	SUCCESS	2	36	11,78	14,11	25,89	2	36,95
58	59,	SUCCESS	2	13	11,7	14,19	25,89	2	36,71
36	37,	SUCCESS	2	37	11,78	14,11	25,89	2	36,95
30	31,	SUCCESS	2	20	12,02	13,91	25,93	2	37,65
54	55,	SUCCESS	2	1	11,11	25,43	36,55	2	34,14
20	21,	SUCCESS	2	18	11,56	25,2	36,76	2	36,29
62	63,	SUCCESS	2	12	11,57	25,24	36,81	2	36,31
76	77,	SUCCESS	2	25	11,58	25,35	36,93	2	36,34
48	49,	SUCCESS	2	0	11,59	25,39	36,97	2	36,36
53	54,	SUCCESS	2	38	11,7	25,39	37,08	2	36,69
45	46,	SUCCESS	2	2	11,67	25,43	37,1	2	36,6
16	17,	SUCCESS	2	4	11,68	25,52	37,21	2	36,65
18	19,	SUCCESS	2	5	11,69	25,57	37,26	2	36,67
17	18,	SUCCESS	2	6	11,71	25,57	37,28	2	36,73
25	26,	SUCCESS	2	3	11,71	25,57	37,28	2	36,73
24	25,	SUCCESS	2	7	11,72	25,57	37,29	2	36,77
75	76,	SUCCESS	2	8	11,72	25,58	37,3	2	36,76
46	47,	SUCCESS	2	16	11,73	25,58	37,32	2	36,8
19	20,	SUCCESS	2	17	11,75	25,63	37,38	2	36,84
64	65,	SUCCESS	2	21	11,76	25,62	37,38	2	36,87
50	51,	SUCCESS	2	22	11,77	25,63	37,4	2	36,91
52	53,	SUCCESS	2	10	11,78	25,65	37,43	2	36,93
49	50,	SUCCESS	2	23	11,8	25,65	37,45	2	36,99
23	24,	SUCCESS	2	26	11,86	25,68	37,54	2	37,17
70	71,	SUCCESS	2	32	11,88	25,71	37,59	2	37,23
41	42,	SUCCESS	2	9	11,9	25,69	37,59	2	37,29
78	79,	SUCCESS	2	0	4,97	37,59	42,56	3	14,92
79	80,	SUCCESS	2	0	5,34	42,56	47,9	4	16,02
85	86,	SUCCESS	2	0	11,04	47,9	58,95	5	34,73
82	83,	SUCCESS	2	1	11,16	47,9	59,07	5	35,09

84	85,	SUCCESS	2	2	11,21	47,9	59,11	5	35,24
93	94,	SUCCESS	2	4	11,24	47,9	59,15	5	35,33
91	92,	SUCCESS	2	3	11,27	47,9	59,18	5	35,42
88	89,	SUCCESS	2	5	11,27	47,9	59,18	5	35,42
83	84,	SUCCESS	2	6	11,29	47,9	59,2	5	35,48
90	91,	SUCCESS	2	8	11,29	47,9	59,2	5	35,48
94	95,	SUCCESS	2	7	11,29	47,9	59,2	5	35,48
87	88,	SUCCESS	2	10	11,32	47,9	59,22	5	35,57
92	93,	SUCCESS	2	9	11,32	47,9	59,22	5	35,57
95	96,	SUCCESS	2	11	11,33	47,9	59,23	5	35,6
89	90,	SUCCESS	2	12	11,41	47,9	59,32	5	35,84
80	81,	SUCCESS	2	13	11,44	47,9	59,34	5	35,93
86	87,	SUCCESS	2	14	11,46	47,9	59,37	5	35,99
81	82,	SUCCESS	2	15	11,52	47,9	59,43	5	36,17
96	97,	SUCCESS	2	0	16,52	59,43	75,94	6	62,35
97	98,	SUCCESS	2	0	9,6	75,94	85,54	7	42,6
98	99,	SUCCESS	2	0	16,17	85,54	101,71	8	62,5
99	100,	SUCCESS	2	0	1,02	101,71	102,72	9	3,25

Resultado detallado de la prueba MOD-01-03.2.2

Tabla 50. Resultado completo emitido por WorkflowSim en ambiente con fallos

2017-05-08									
Job ID	Task ID	STATUS	Data center ID	VM ID	Time	Start Time	Finish Time	Depth	Cost
100	Stage-in	SUCCESS	2	0	0,11	0,1	0,21	0	6,73
1	2,	SUCCESS	2	0	13,39	0,21	13,6	1	41,37
4	5,	SUCCESS	2	1	13,44	0,21	13,65	1	41,52
14	15,	SUCCESS	2	2	13,5	0,21	13,71	1	41,7
6	7,	SUCCESS	2	3	13,53	0,21	13,74	1	41,79
3	4,	SUCCESS	2	4	13,58	0,21	13,79	1	41,94
13	14,	SUCCESS	2	5	13,64	0,21	13,85	1	42,12
2	3,	SUCCESS	2	6	13,7	0,21	13,91	1	42,3
10	11,	SUCCESS	2	7	13,83	0,21	14,04	1	42,69
5	6,	SUCCESS	2	8	13,85	0,21	14,06	1	42,75
15	16,	SUCCESS	2	9	13,88	0,21	14,09	1	42,84
12	13,	SUCCESS	2	10	13,9	0,21	14,11	1	42,9
7	8,	SUCCESS	2	12	13,93	0,21	14,14	1	42,99
8	9,	SUCCESS	2	11	13,93	0,21	14,14	1	42,99
9	10,	SUCCESS	2	13	13,98	0,21	14,19	1	43,14
11	12,	SUCCESS	2	14	14,09	0,21	14,3	1	43,47
0	1,	SUCCESS	2	15	14,13	0,21	14,34	1	43,59
72	73,	FAILED	2	18	11,34	13,85	25,2	2	34,83
51	52,	FAILED	2	12	11,1	14,14	25,24	2	34,11
59	60,	FAILED	2	25	11,31	14,04	25,35	2	34,74
40	41,	FAILED	2	0	11,65	13,74	25,39	2	36,54
66	67,	FAILED	2	38	11,28	14,11	25,39	2	34,62
39	40,	FAILED	2	2	11,69	13,74	25,43	2	36,67
22	23,	FAILED	2	1	11,69	13,74	25,43	2	36,67
37	38,	FAILED	2	4	11,67	13,85	25,52	2	36,62
35	36,	FAILED	2	6	11,66	13,91	25,57	2	36,58
21	22,	FAILED	2	3	11,78	13,79	25,57	2	36,94
33	34,	FAILED	2	5	11,72	13,85	25,57	2	36,76
43	44,	FAILED	2	7	11,53	14,04	25,57	2	36,19
38	39,	FAILED	2	8	11,52	14,06	25,58	2	36,17
68	69,	FAILED	2	16	11,73	13,85	25,58	2	36,8
55	56,	FAILED	2	21	11,58	14,04	25,62	2	36,35
56	57,	FAILED	2	22	11,59	14,04	25,63	2	36,38
27	28,	FAILED	2	17	11,78	13,85	25,63	2	36,95
71	72,	FAILED	2	10	11,54	14,11	25,65	2	36,22
60	61,	FAILED	2	23	11,61	14,04	25,65	2	36,43
57	58,	FAILED	2	26	11,62	14,06	25,68	2	36,45
74	75,	FAILED	2	9	11,6	14,09	25,69	2	36,4
32	33,	FAILED	2	32	11,6	14,11	25,71	2	36,4

Apéndice B

34	35,	FAILED	2	28	11,64	14,09	25,73	2	36,52
44	45,	FAILED	2	33	11,65	14,11	25,76	2	36,54
29	30,	FAILED	2	19	11,86	13,91	25,77	2	37,19
28	29,	FAILED	2	29	11,68	14,09	25,77	2	36,65
61	62,	FAILED	2	24	11,75	14,04	25,79	2	36,84
67	68,	FAILED	2	34	11,69	14,11	25,8	2	36,67
31	32,	FAILED	2	11	11,66	14,14	25,8	2	36,58
63	64,	FAILED	2	15	11,46	14,34	25,8	2	35,98
65	66,	FAILED	2	35	11,71	14,11	25,82	2	36,73
69	70,	FAILED	2	27	11,78	14,06	25,84	2	36,93
47	48,	FAILED	2	39	11,7	14,14	25,84	2	36,69
73	74,	FAILED	2	30	11,76	14,09	25,85	2	36,88
77	78,	FAILED	2	31	11,76	14,09	25,85	2	36,88
42	43,	FAILED	2	14	11,57	14,3	25,87	2	36,3
26	27,	FAILED	2	36	11,78	14,11	25,89	2	36,95
58	59,	FAILED	2	13	11,7	14,19	25,89	2	36,71
36	37,	FAILED	2	37	11,78	14,11	25,89	2	36,95
30	31,	FAILED	2	20	12,02	13,91	25,93	2	37,65
54	55,	SUCCESS	2	1	11,11	25,43	36,55	2	34,14
20	21,	SUCCESS	2	18	11,56	25,2	36,76	2	36,29
62	63,	SUCCESS	2	12	11,57	25,24	36,81	2	36,31
102	52,	SUCCESS	2	28	11,1	25,73	36,83	2	33,31
76	77,	SUCCESS	2	25	11,59	25,35	36,94	2	36,37
48	49,	SUCCESS	2	0	11,59	25,39	36,97	2	36,36
103	60,	SUCCESS	2	33	11,27	25,76	37,03	2	33,82
53	54,	SUCCESS	2	38	11,66	25,39	37,05	2	36,58
105	67,	SUCCESS	2	19	11,31	25,77	37,08	2	33,93
45	46,	SUCCESS	2	2	11,67	25,43	37,1	2	36,6
101	73,	SUCCESS	2	29	11,34	25,77	37,12	2	34,03
16	17,	SUCCESS	2	4	11,68	25,52	37,21	2	36,65
25	26,	SUCCESS	2	3	11,7	25,57	37,27	2	36,69
18	19,	SUCCESS	2	5	11,7	25,57	37,27	2	36,69
17	18,	SUCCESS	2	6	11,71	25,57	37,28	2	36,73
24	25,	SUCCESS	2	7	11,72	25,57	37,29	2	36,77
130	64,	SUCCESS	2	35	11,47	25,82	37,29	2	34,41
75	76,	SUCCESS	2	8	11,72	25,58	37,3	2	36,76
112	44,	SUCCESS	2	24	11,52	25,79	37,3	2	34,55
46	47,	SUCCESS	2	16	11,73	25,58	37,32	2	36,8
113	39,	SUCCESS	2	11	11,54	25,8	37,34	2	34,61
118	72,	SUCCESS	2	15	11,56	25,8	37,36	2	34,69
64	65,	SUCCESS	2	21	11,75	25,62	37,38	2	36,86
115	56,	SUCCESS	2	34	11,59	25,8	37,39	2	34,77
19	20,	SUCCESS	2	17	11,76	25,63	37,39	2	36,87
50	51,	SUCCESS	2	22	11,77	25,63	37,4	2	36,91
52	53,	SUCCESS	2	10	11,78	25,65	37,43	2	36,93
116	57,	SUCCESS	2	27	11,59	25,84	37,43	2	34,76
49	50,	SUCCESS	2	23	11,8	25,65	37,45	2	36,99
119	61,	SUCCESS	2	39	11,61	25,84	37,45	2	34,82
121	75,	SUCCESS	2	30	11,61	25,85	37,46	2	34,84
136	43,	SUCCESS	2	13	11,57	25,89	37,46	2	34,7
122	33,	SUCCESS	2	31	11,61	25,85	37,46	2	34,84
104	41,	SUCCESS	2	14	11,62	25,87	37,48	2	34,85
120	58,	SUCCESS	2	36	11,62	25,89	37,51	2	34,85
23	24,	SUCCESS	2	26	11,86	25,68	37,54	2	37,17
109	36,	SUCCESS	2	37	11,64	25,89	37,54	2	34,93
41	42,	SUCCESS	2	9	11,88	25,69	37,57	2	37,23
123	35,	SUCCESS	2	20	11,65	25,93	37,58	2	34,96
70	71,	SUCCESS	2	32	11,88	25,71	37,59	2	37,25
108	38,	SUCCESS	2	1	11,65	36,55	48,19	2	34,94
124	45,	SUCCESS	2	18	11,65	36,76	48,4	2	34,94
129	32,	SUCCESS	2	12	11,66	36,81	48,47	2	34,97
128	68,	SUCCESS	2	28	11,68	36,83	48,51	2	35,04
126	29,	SUCCESS	2	25	11,68	36,94	48,63	2	35,05
106	40,	SUCCESS	2	0	11,69	36,97	48,67	2	35,07
107	23,	SUCCESS	2	33	11,69	37,03	48,72	2	35,07
138	59,	SUCCESS	2	38	11,73	37,05	48,78	2	35,19
133	48,	SUCCESS	2	2	11,7	37,1	48,8	2	35,09

131	66,	SUCCESS	2	19	11,71	37,08	48,8	2	35,14
111	34,	SUCCESS	2	29	11,73	37,12	48,85	2	35,19
114	69,	SUCCESS	2	4	11,72	37,21	48,93	2	35,17
127	62,	SUCCESS	2	3	11,75	37,27	49,01	2	35,24
134	74,	SUCCESS	2	6	11,76	37,28	49,04	2	35,28
110	22,	SUCCESS	2	5	11,77	37,27	49,04	2	35,32
135	78,	SUCCESS	2	7	11,76	37,29	49,05	2	35,28
132	70,	SUCCESS	2	35	11,77	37,29	49,07	2	35,32
139	37,	SUCCESS	2	8	11,78	37,3	49,08	2	35,33
137	27,	SUCCESS	2	16	11,78	37,32	49,1	2	35,35
117	28,	SUCCESS	2	24	11,8	37,3	49,1	2	35,39
125	30,	SUCCESS	2	11	11,86	37,34	49,19	2	35,57
140	31,	SUCCESS	2	15	12,02	37,36	49,38	2	36,05
78	79,	SUCCESS	2	0	4,97	49,38	54,35	3	14,92
79	80,	SUCCESS	2	0	5,34	54,35	59,69	4	16,02
85	86,	SUCCESS	2	0	11,04	59,69	70,74	5	34,73
82	83,	SUCCESS	2	1	11,16	59,69	70,86	5	35,09
84	85,	SUCCESS	2	2	11,21	59,69	70,91	5	35,24
93	94,	SUCCESS	2	4	11,24	59,69	70,94	5	35,33
91	92,	SUCCESS	2	3	11,27	59,69	70,97	5	35,42
88	89,	SUCCESS	2	5	11,27	59,69	70,97	5	35,42
83	84,	SUCCESS	2	6	11,29	59,69	70,99	5	35,48
90	91,	SUCCESS	2	8	11,29	59,69	70,99	5	35,48
94	95,	SUCCESS	2	7	11,29	59,69	70,99	5	35,48
87	88,	SUCCESS	2	10	11,32	59,69	71,02	5	35,57
92	93,	SUCCESS	2	9	11,32	59,69	71,02	5	35,57
95	96,	SUCCESS	2	11	11,33	59,69	71,03	5	35,6
89	90,	SUCCESS	2	12	11,41	59,69	71,11	5	35,84
80	81,	SUCCESS	2	13	11,44	47,9	59,34	5	35,93
86	87,	SUCCESS	2	14	11,46	59,69	71,16	5	35,99
81	82,	SUCCESS	2	15	11,52	59,69	71,22	5	36,17
96	97,	SUCCESS	2	0	16,52	71,22	87,73	6	62,35
97	98,	FAILED	2	0	9,6	87,73	97,33	7	42,6
141	98,	SUCCESS	2	0	9,6	97,33	106,93	7	28,8
98	99,	SUCCESS	2	0	16,17	106,93	123,1	8	62,5
99	100,	SUCCESS	2	0	1,02	123,1	124,12	9	3,25

Tabla 51. Resultado completo del MODS con media muestral de 8.5% en fallos

NombreServicio	IdJob	IdVM	FechaUso	Confiabilidad	Estado
mProjectPP	1	0	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	4	1	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	14	2	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	6	3	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	3	4	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	13	5	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	2	6	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	10	7	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	5	8	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	15	9	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	12	10	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	7	12	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mProjectPP	8	11	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	9	13	2017-05-08	95.4	ACEPTADO
mProjectPP	11	14	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mProjectPP	0	15	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	72	18	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	51	12	2017-05-08	88.2	ACEPTADO
mDiffFit	59	25	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	40	0	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	66	38	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	39	2	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	22	1	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	37	4	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	35	6	2017-05-08	88.8	ACEPTADO

mDiffFit	21	3	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	33	5	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	43	7	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	38	8	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	68	16	2017-05-08	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	55	21	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	56	22	2017-05-08	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	27	17	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	71	10	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	60	23	2017-05-08	92.2	ACEPTADO
mDiffFit	57	26	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	74	9	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	32	32	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	34	28	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	44	33	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	29	19	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	28	29	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	61	24	2017-05-08	95.2	ACEPTADO
mDiffFit	67	34	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	31	11	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mDiffFit	63	15	2017-05-08	94.4	ACEPTADO
mDiffFit	65	35	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	69	27	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	47	39	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	73	30	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	77	31	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	42	14	2017-05-08	94.7	ACEPTADO
mDiffFit	26	36	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	58	13	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mDiffFit	36	37	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	30	20	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	54	1	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	20	18	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	62	12	2017-05-08	88.2	ACEPTADO
mDiffFit	76	25	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	48	0	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	53	38	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	45	2	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	16	4	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	18	5	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	17	6	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	25	3	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	24	7	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	75	8	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	46	16	2017-05-08	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	19	17	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	64	21	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	50	22	2017-05-08	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	52	10	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	49	23	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	23	26	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	70	32	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mConcatFit	78	0	2017-05-08	94.4	ACEPTADO
mBgModel	79	0	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mBackground	85	0	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	82	1	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	84	2	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	93	4	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	91	3	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	88	5	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	83	6	2017-05-08	88.8	ACEPTADO

mBackground	90	8	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	94	7	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	87	10	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	92	9	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	95	11	2017-05-08	92.8	ACEPTADO
mBackground	89	12	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	80	13	2017-05-08	91.6	ACEPTADO
mBackground	86	14	2017-05-08	92.3	ACEPTADO
mBackground	81	15	2017-05-08	92.3	ACEPTADO
mImgTbl	96	0	2017-05-08	100.0	ACEPTADO
mAdd	97	0	2017-05-08	85.0	ACEPTADO
mShrink	98	0	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mJPEG	99	0	2017-05-08	95.0	ACEPTADO

Tabla 52. Ambiente simulado completo utilizando el MODS con media muestral del 21%

NombreServicio	IdJob	IdVM	FechaUso	Confiabledad	Estatus
mProjectPP	1	0	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	4	1	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	14	2	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	6	3	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	3	4	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	13	5	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	2	6	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	10	7	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	5	8	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	15	9	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	12	10	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	7	12	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mProjectPP	8	11	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	9	13	2017-05-08	95.4	ACEPTADO
mProjectPP	11	14	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mProjectPP	0	15	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	72	18	2017-05-08	77.7	FALLIDO
mDiffFit	51	12	2017-05-08	78.9	FALLIDO
mDiffFit	59	25	2017-05-08	77.7	FALLIDO
mDiffFit	40	0	2017-05-08	78.0	FALLIDO
mDiffFit	66	38	2017-05-08	78.2	FALLIDO
mDiffFit	39	2	2017-05-08	78.0	FALLIDO
mDiffFit	22	1	2017-05-08	78.0	FALLIDO
mDiffFit	37	4	2017-05-08	78.0	FALLIDO
mDiffFit	35	6	2017-05-08	78.0	FALLIDO
mDiffFit	21	3	2017-05-08	78.0	FALLIDO
mDiffFit	33	5	2017-05-08	78.0	FALLIDO
mDiffFit	43	7	2017-05-08	78.0	FALLIDO
mDiffFit	38	8	2017-05-08	78.0	FALLIDO
mDiffFit	68	16	2017-05-08	79.5	FALLIDO
mDiffFit	55	21	2017-05-08	78.7	FALLIDO
mDiffFit	56	22	2017-05-08	79.5	FALLIDO
mDiffFit	27	17	2017-05-08	78.7	FALLIDO
mDiffFit	71	10	2017-05-08	78.0	FALLIDO
mDiffFit	60	23	2017-05-08	78.7	FALLIDO
mDiffFit	57	26	2017-05-08	78.7	FALLIDO
mDiffFit	74	9	2017-05-08	78.0	FALLIDO
mDiffFit	32	32	2017-05-08	78.2	FALLIDO
mDiffFit	34	28	2017-05-08	78.5	FALLIDO
mDiffFit	44	33	2017-05-08	78.5	FALLIDO
mDiffFit	29	19	2017-05-08	79.3	FALLIDO
mDiffFit	28	29	2017-05-08	78.5	FALLIDO
mDiffFit	61	24	2017-05-08	76.9	FALLIDO
mDiffFit	67	34	2017-05-08	79.3	FALLIDO
mDiffFit	31	11	2017-05-08	79.1	FALLIDO
mDiffFit	63	15	2017-05-08	77.2	FALLIDO
mDiffFit	65	35	2017-05-08	78.5	FALLIDO
mDiffFit	69	27	2017-05-08	79.3	FALLIDO

mDiffFit	47	39	2017-05-08	79.3	FALLIDO
mDiffFit	73	30	2017-05-08	79.3	FALLIDO
mDiffFit	77	31	2017-05-08	79.3	FALLIDO
mDiffFit	42	14	2017-05-08	78.2	FALLIDO
mDiffFit	26	36	2017-05-08	78.5	FALLIDO
mDiffFit	58	13	2017-05-08	79.1	FALLIDO
mDiffFit	36	37	2017-05-08	79.3	FALLIDO
mDiffFit	30	20	2017-05-08	79.3	FALLIDO
mDiffFit	54	1	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	20	18	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	62	12	2017-05-08	88.2	ACEPTADO
mDiffFit	76	25	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	48	0	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	53	38	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	45	2	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	16	4	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	18	5	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	17	6	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	25	3	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	24	7	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	75	8	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	46	16	2017-05-08	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	19	17	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	64	21	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	50	22	2017-05-08	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	52	10	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	49	23	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	23	26	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	70	32	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mConcatFit	78	0	2017-05-08	94.4	ACEPTADO
mBgModel	79	0	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mBackground	85	0	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	82	1	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	84	2	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	93	4	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	91	3	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	88	5	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	83	6	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	90	8	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	94	7	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	87	10	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	92	9	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	95	11	2017-05-08	92.8	ACEPTADO
mBackground	89	12	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	80	13	2017-05-08	91.6	ACEPTADO
mBackground	86	14	2017-05-08	92.3	ACEPTADO
mBackground	81	15	2017-05-08	92.3	ACEPTADO
mImgTbl	96	0	2017-05-08	100.0	ACEPTADO
mAdd	97	0	2017-05-08	77.2	FALLIDO
mShrink	98	0	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mJPEG	99	0	2017-05-08	95.0	ACEPTADO

Salida de Datos para Caso de Prueba MOD-01-03.3

Resultado detallado de la prueba MOD-01-03.3.1

Tabla 53. Resultado completo del MODS con revisión dinámica en ambiente sin sobrecarga

2017-05-10			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mProjectPP	1	0	ACEPTADO
mProjectPP	4	1	ACEPTADO
mProjectPP	14	2	ACEPTADO
mProjectPP	6	3	ACEPTADO
mProjectPP	3	4	ACEPTADO
mProjectPP	13	5	ACEPTADO
mProjectPP	2	6	ACEPTADO

mProjectPP	10	7	ACEPTADO
mProjectPP	5	8	ACEPTADO
mProjectPP	15	9	ACEPTADO
mProjectPP	12	10	ACEPTADO
mProjectPP	7	12	ACEPTADO
mProjectPP	8	11	ACEPTADO
mProjectPP	9	13	ACEPTADO
mProjectPP	11	14	ACEPTADO
mProjectPP	0	15	ACEPTADO
mDiffFit	72	18	ACEPTADO
mDiffFit	51	12	ACEPTADO
mDiffFit	59	25	ACEPTADO
mDiffFit	40	0	ACEPTADO
mDiffFit	66	38	ACEPTADO
mDiffFit	39	2	ACEPTADO
mDiffFit	22	3	ACEPTADO
mDiffFit	37	4	ACEPTADO
mDiffFit	35	6	ACEPTADO
mDiffFit	21	3	ACEPTADO
mDiffFit	33	5	ACEPTADO
mDiffFit	43	7	ACEPTADO
mDiffFit	38	8	ACEPTADO
mDiffFit	68	16	ACEPTADO
mDiffFit	55	21	ACEPTADO
mDiffFit	56	22	ACEPTADO
mDiffFit	27	17	ACEPTADO
mDiffFit	71	10	ACEPTADO
mDiffFit	60	23	ACEPTADO
mDiffFit	57	26	ACEPTADO
mDiffFit	74	9	ACEPTADO
mDiffFit	32	32	ACEPTADO
mDiffFit	34	28	ACEPTADO
mDiffFit	44	33	ACEPTADO
mDiffFit	29	19	ACEPTADO
mDiffFit	28	29	ACEPTADO
mDiffFit	61	24	ACEPTADO
mDiffFit	67	32	ACEPTADO
mDiffFit	31	11	ACEPTADO
mDiffFit	63	15	ACEPTADO
mDiffFit	65	35	ACEPTADO
mDiffFit	69	27	ACEPTADO
mDiffFit	47	39	ACEPTADO
mDiffFit	73	30	ACEPTADO
mDiffFit	77	31	ACEPTADO
mDiffFit	42	14	ACEPTADO
mDiffFit	26	36	ACEPTADO
mDiffFit	58	13	ACEPTADO
mDiffFit	36	37	ACEPTADO
mDiffFit	30	20	ACEPTADO
mDiffFit	54	1	ACEPTADO
mDiffFit	20	18	ACEPTADO
mDiffFit	62	12	ACEPTADO
mDiffFit	76	25	ACEPTADO
mDiffFit	48	0	ACEPTADO
mDiffFit	53	38	ACEPTADO
mDiffFit	45	2	ACEPTADO
mDiffFit	16	4	ACEPTADO
mDiffFit	18	5	ACEPTADO
mDiffFit	17	6	ACEPTADO
mDiffFit	25	3	ACEPTADO
mDiffFit	24	7	ACEPTADO
mDiffFit	75	8	ACEPTADO
mDiffFit	46	16	ACEPTADO
mDiffFit	19	17	ACEPTADO
mDiffFit	64	21	ACEPTADO
mDiffFit	50	22	ACEPTADO
mDiffFit	52	10	ACEPTADO

mDiffFit	49	23	ACEPTADO
mDiffFit	23	26	ACEPTADO
mDiffFit	70	32	ACEPTADO
mDiffFit	41	9	ACEPTADO
mConcatFit	78	0	ACEPTADO
mBgModel	79	0	ACEPTADO
mBackground	85	0	ACEPTADO
mBackground	82	1	ACEPTADO
mBackground	84	2	ACEPTADO
mBackground	93	4	ACEPTADO
mBackground	91	3	ACEPTADO
mBackground	88	5	ACEPTADO
mBackground	83	6	ACEPTADO
mBackground	90	8	ACEPTADO
mBackground	94	7	ACEPTADO
mBackground	87	10	ACEPTADO
mBackground	92	9	ACEPTADO
mBackground	95	11	ACEPTADO
mBackground	89	12	ACEPTADO
mBackground	80	13	ACEPTADO
mBackground	86	14	ACEPTADO
mBackground	81	15	ACEPTADO
mImgTbl	96	0	ACEPTADO
mAdd	97	0	ACEPTADO
mShrink	98	0	ACEPTADO
mJPEG	99	0	ACEPTADO

Tabla 54. Resultado completo de ejecución del simulador sin el uso del MODS

2017-05-10									
Job ID	Task ID	STATUS	Data Center ID	VM ID	Time	Start Time	Finish Time	Depth	Cost
100	Stage-in	SUCCESS	2	0	0,11	0,1	0,21	0	6,73
1	2,	SUCCESS	2	0	13,39	0,21	13,6	1	41,37
4	5,	SUCCESS	2	1	13,44	0,21	13,65	1	41,52
14	15,	SUCCESS	2	2	13,5	0,21	13,71	1	41,7
6	7,	SUCCESS	2	3	13,53	0,21	13,74	1	41,79
3	4,	SUCCESS	2	4	13,58	0,21	13,79	1	41,94
13	14,	SUCCESS	2	5	13,64	0,21	13,85	1	42,12
2	3,	SUCCESS	2	6	13,7	0,21	13,91	1	42,3
10	11,	SUCCESS	2	7	13,83	0,21	14,04	1	42,69
5	6,	SUCCESS	2	8	13,85	0,21	14,06	1	42,75
15	16,	SUCCESS	2	9	13,88	0,21	14,09	1	42,84
12	13,	SUCCESS	2	10	13,9	0,21	14,11	1	42,9
7	8,	SUCCESS	2	12	13,93	0,21	14,14	1	42,99
8	9,	SUCCESS	2	11	13,93	0,21	14,14	1	42,99
9	10,	SUCCESS	2	13	13,98	0,21	14,19	1	43,14
11	12,	SUCCESS	2	14	14,09	0,21	14,3	1	43,47
0	1,	SUCCESS	2	15	14,13	0,21	14,34	1	43,59
72	73,	SUCCESS	2	18	11,34	13,85	25,2	2	34,83
51	52,	SUCCESS	2	12	11,1	14,14	25,24	2	34,11
59	60,	SUCCESS	2	25	11,31	14,04	25,35	2	34,74
40	41,	SUCCESS	2	0	11,65	13,74	25,39	2	36,54
66	67,	SUCCESS	2	38	11,28	14,11	25,39	2	34,62
39	40,	SUCCESS	2	2	11,69	13,74	25,43	2	36,67
22	23,	SUCCESS	2	1	11,69	13,74	25,43	2	36,67
37	38,	SUCCESS	2	4	11,67	13,85	25,52	2	36,62
35	36,	SUCCESS	2	6	11,66	13,91	25,57	2	36,58
21	22,	SUCCESS	2	3	11,78	13,79	25,57	2	36,94
33	34,	SUCCESS	2	5	11,72	13,85	25,57	2	36,76
43	44,	SUCCESS	2	7	11,53	14,04	25,57	2	36,19
38	39,	SUCCESS	2	8	11,52	14,06	25,58	2	36,17
68	69,	SUCCESS	2	16	11,73	13,85	25,58	2	36,8
55	56,	SUCCESS	2	21	11,58	14,04	25,62	2	36,35

Apéndice B

56	57,	SUCCESS	2	22	11,59	14,04	25,63	2	36,38
27	28,	SUCCESS	2	17	11,78	13,85	25,63	2	36,95
71	72,	SUCCESS	2	10	11,54	14,11	25,65	2	36,22
60	61,	SUCCESS	2	23	11,61	14,04	25,65	2	36,43
57	58,	SUCCESS	2	26	11,62	14,06	25,68	2	36,45
74	75,	SUCCESS	2	9	11,6	14,09	25,69	2	36,4
32	33,	SUCCESS	2	32	11,6	14,11	25,71	2	36,4
34	35,	SUCCESS	2	28	11,64	14,09	25,73	2	36,52
44	45,	SUCCESS	2	33	11,65	14,11	25,76	2	36,54
29	30,	SUCCESS	2	19	11,86	13,91	25,77	2	37,19
28	29,	SUCCESS	2	29	11,68	14,09	25,77	2	36,65
61	62,	SUCCESS	2	24	11,75	14,04	25,79	2	36,84
67	68,	SUCCESS	2	34	11,69	14,11	25,8	2	36,67
31	32,	SUCCESS	2	11	11,66	14,14	25,8	2	36,58
63	64,	SUCCESS	2	15	11,46	14,34	25,8	2	35,98
65	66,	SUCCESS	2	35	11,71	14,11	25,82	2	36,73
69	70,	SUCCESS	2	27	11,78	14,06	25,84	2	36,93
47	48,	SUCCESS	2	39	11,7	14,14	25,84	2	36,69
73	74,	SUCCESS	2	30	11,76	14,09	25,85	2	36,88
77	78,	SUCCESS	2	31	11,76	14,09	25,85	2	36,88
42	43,	SUCCESS	2	14	11,57	14,3	25,87	2	36,3
26	27,	SUCCESS	2	36	11,78	14,11	25,89	2	36,95
58	59,	SUCCESS	2	13	11,7	14,19	25,89	2	36,71
36	37,	SUCCESS	2	37	11,78	14,11	25,89	2	36,95
30	31,	SUCCESS	2	20	12,02	13,91	25,93	2	37,65
54	55,	SUCCESS	2	1	11,11	25,43	36,55	2	34,14
20	21,	SUCCESS	2	18	11,56	25,2	36,76	2	36,29
62	63,	SUCCESS	2	12	11,57	25,24	36,81	2	36,31
76	77,	SUCCESS	2	25	11,58	25,35	36,93	2	36,34
48	49,	SUCCESS	2	0	11,59	25,39	36,97	2	36,36
53	54,	SUCCESS	2	38	11,7	25,39	37,08	2	36,69
45	46,	SUCCESS	2	2	11,67	25,43	37,1	2	36,6
16	17,	SUCCESS	2	4	11,68	25,52	37,21	2	36,65
18	19,	SUCCESS	2	5	11,69	25,57	37,26	2	36,67
17	18,	SUCCESS	2	6	11,71	25,57	37,28	2	36,73
25	26,	SUCCESS	2	3	11,71	25,57	37,28	2	36,73
24	25,	SUCCESS	2	7	11,72	25,57	37,29	2	36,77
75	76,	SUCCESS	2	8	11,72	25,58	37,3	2	36,76
46	47,	SUCCESS	2	16	11,73	25,58	37,32	2	36,8
19	20,	SUCCESS	2	17	11,75	25,63	37,38	2	36,84
64	65,	SUCCESS	2	21	11,76	25,62	37,38	2	36,87
50	51,	SUCCESS	2	22	11,77	25,63	37,4	2	36,91
52	53,	SUCCESS	2	10	11,78	25,65	37,43	2	36,93
49	50,	SUCCESS	2	23	11,8	25,65	37,45	2	36,99
23	24,	SUCCESS	2	26	11,86	25,68	37,54	2	37,17
70	71,	SUCCESS	2	32	11,88	25,71	37,59	2	37,23
41	42,	SUCCESS	2	9	11,9	25,69	37,59	2	37,29
78	79,	SUCCESS	2	0	4,97	37,59	42,56	3	14,92
79	80,	SUCCESS	2	0	5,34	42,56	47,9	4	16,02
85	86,	SUCCESS	2	0	11,04	47,9	58,95	5	34,73
82	83,	SUCCESS	2	1	11,16	47,9	59,07	5	35,09
84	85,	SUCCESS	2	2	11,21	47,9	59,11	5	35,24
93	94,	SUCCESS	2	4	11,24	47,9	59,15	5	35,33
91	92,	SUCCESS	2	3	11,27	47,9	59,18	5	35,42
88	89,	SUCCESS	2	5	11,27	47,9	59,18	5	35,42
83	84,	SUCCESS	2	6	11,29	47,9	59,2	5	35,48
90	91,	SUCCESS	2	8	11,29	47,9	59,2	5	35,48
94	95,	SUCCESS	2	7	11,29	47,9	59,2	5	35,48
87	88,	SUCCESS	2	10	11,32	47,9	59,22	5	35,57
92	93,	SUCCESS	2	9	11,32	47,9	59,22	5	35,57
95	96,	SUCCESS	2	11	11,33	47,9	59,23	5	35,6

89	90,	SUCCESS	2	12	11,41	47,9	59,32	5	35,84
80	81,	SUCCESS	2	13	11,44	47,9	59,34	5	35,93
86	87,	SUCCESS	2	14	11,46	47,9	59,37	5	35,99
81	82,	SUCCESS	2	15	11,52	47,9	59,43	5	36,17
96	97,	SUCCESS	2	0	16,52	59,43	75,94	6	62,35
97	98,	SUCCESS	2	0	9,6	75,94	85,54	7	42,6
98	99,	SUCCESS	2	0	16,17	85,54	101,71	8	62,5
99	100,	SUCCESS	2	0	1,02	101,71	102,72	9	3,25

Resultado detallado de la prueba MOD-01-03.3.2

Tabla 55. Resultado completo de Workflowsim con sobrecarga sin el MODS

2017-05-10									
Job ID	Task ID	STATUS	Data center ID	VM ID	Time	Start Time	Finish Time	Depth	Cost
100	Stage-in	SUCCESS	2	0	0,11	0,1	0,21	0	6,73
1	2,	SUCCESS	2	0	13,39	0,21	13,6	1	41,37
4	5,	SUCCESS	2	1	13,44	0,21	13,65	1	41,52
14	15,	SUCCESS	2	2	13,5	0,21	13,71	1	41,7
6	7,	SUCCESS	2	3	13,53	0,21	13,74	1	41,79
3	4,	SUCCESS	2	4	13,58	0,21	13,79	1	41,94
13	14,	SUCCESS	2	5	13,64	0,21	13,85	1	42,12
2	3,	SUCCESS	2	6	13,7	0,21	13,91	1	42,3
10	11,	SUCCESS	2	7	13,83	0,21	14,04	1	42,69
5	6,	SUCCESS	2	8	13,85	0,21	14,06	1	42,75
15	16,	SUCCESS	2	9	13,88	0,21	14,09	1	42,84
12	13,	SUCCESS	2	10	13,9	0,21	14,11	1	42,9
7	8,	SUCCESS	2	12	13,93	0,21	14,14	1	42,99
8	9,	SUCCESS	2	11	13,93	0,21	14,14	1	42,99
9	10,	SUCCESS	2	13	13,98	0,21	14,19	1	43,14
11	12,	SUCCESS	2	14	14,09	0,21	14,3	1	43,47
0	1,	SUCCESS	2	15	14,13	0,21	14,34	1	43,59
72	73,	FAILED	2	18	11,34	13,85	25,2	2	34,83
51	52,	FAILED	2	12	11,1	14,14	25,24	2	34,11
59	60,	FAILED	2	25	11,31	14,04	25,35	2	34,74
40	41,	FAILED	2	0	11,65	13,74	25,39	2	36,54
66	67,	FAILED	2	38	11,28	14,11	25,39	2	34,62
39	40,	FAILED	2	2	11,69	13,74	25,43	2	36,67
22	23,	FAILED	2	1	11,69	13,74	25,43	2	36,67
37	38,	FAILED	2	4	11,67	13,85	25,52	2	36,62
35	36,	FAILED	2	6	11,66	13,91	25,57	2	36,58
21	22,	FAILED	2	3	11,78	13,79	25,57	2	36,94
33	34,	FAILED	2	5	11,72	13,85	25,57	2	36,76
43	44,	FAILED	2	7	11,53	14,04	25,57	2	36,19
38	39,	FAILED	2	8	11,52	14,06	25,58	2	36,17
68	69,	FAILED	2	16	11,73	13,85	25,58	2	36,8
55	56,	FAILED	2	21	11,58	14,04	25,62	2	36,35
56	57,	FAILED	2	22	11,59	14,04	25,63	2	36,38
27	28,	FAILED	2	17	11,78	13,85	25,63	2	36,95
71	72,	FAILED	2	10	11,54	14,11	25,65	2	36,22
60	61,	FAILED	2	23	11,61	14,04	25,65	2	36,43
57	58,	FAILED	2	26	11,62	14,06	25,68	2	36,45
74	75,	FAILED	2	9	11,6	14,09	25,69	2	36,4
32	33,	FAILED	2	32	11,6	14,11	25,71	2	36,4
34	35,	FAILED	2	28	11,64	14,09	25,73	2	36,52
44	45,	FAILED	2	33	11,65	14,11	25,76	2	36,54
29	30,	FAILED	2	19	11,86	13,91	25,77	2	37,19
28	29,	FAILED	2	29	11,68	14,09	25,77	2	36,65
61	62,	FAILED	2	24	11,75	14,04	25,79	2	36,84
67	68,	FAILED	2	34	11,69	14,11	25,8	2	36,67
31	32,	FAILED	2	11	11,66	14,14	25,8	2	36,58
63	64,	FAILED	2	15	11,46	14,34	25,8	2	35,98
65	66,	FAILED	2	35	11,71	14,11	25,82	2	36,73
69	70,	FAILED	2	27	11,78	14,06	25,84	2	36,93
47	48,	FAILED	2	39	11,7	14,14	25,84	2	36,69
73	74,	FAILED	2	30	11,76	14,09	25,85	2	36,88

Apéndice B

77	78,	FAILED	2	31	11,76	14,09	25,85	2	36,88
42	43,	FAILED	2	14	11,57	14,3	25,87	2	36,3
26	27,	FAILED	2	36	11,78	14,11	25,89	2	36,95
58	59,	FAILED	2	13	11,7	14,19	25,89	2	36,71
36	37,	FAILED	2	37	11,78	14,11	25,89	2	36,95
30	31,	FAILED	2	20	12,02	13,91	25,93	2	37,65
54	55,	SUCCESS	2	1	11,11	25,43	36,55	2	34,14
20	21,	SUCCESS	2	18	11,56	25,2	36,76	2	36,29
62	63,	SUCCESS	2	12	11,57	25,24	36,81	2	36,31
102	52,	SUCCESS	2	28	11,1	25,73	36,83	2	33,31
76	77,	SUCCESS	2	25	11,59	25,35	36,94	2	36,37
48	49,	SUCCESS	2	0	11,59	25,39	36,97	2	36,36
103	60,	SUCCESS	2	33	11,27	25,76	37,03	2	33,82
53	54,	SUCCESS	2	38	11,66	25,39	37,05	2	36,58
105	67,	SUCCESS	2	19	11,31	25,77	37,08	2	33,93
45	46,	SUCCESS	2	2	11,67	25,43	37,1	2	36,6
101	73,	SUCCESS	2	29	11,34	25,77	37,12	2	34,03
16	17,	SUCCESS	2	4	11,68	25,52	37,21	2	36,65
25	26,	SUCCESS	2	3	11,7	25,57	37,27	2	36,69
18	19,	SUCCESS	2	5	11,7	25,57	37,27	2	36,69
17	18,	SUCCESS	2	6	11,71	25,57	37,28	2	36,73
24	25,	SUCCESS	2	7	11,72	25,57	37,29	2	36,77
130	64,	SUCCESS	2	35	11,47	25,82	37,29	2	34,41
75	76,	SUCCESS	2	8	11,72	25,58	37,3	2	36,76
112	44,	SUCCESS	2	24	11,52	25,79	37,3	2	34,55
46	47,	SUCCESS	2	16	11,73	25,58	37,32	2	36,8
113	39,	SUCCESS	2	11	11,54	25,8	37,34	2	34,61
118	72,	SUCCESS	2	15	11,56	25,8	37,36	2	34,69
64	65,	SUCCESS	2	21	11,75	25,62	37,38	2	36,86
115	56,	SUCCESS	2	34	11,59	25,8	37,39	2	34,77
19	20,	SUCCESS	2	17	11,76	25,63	37,39	2	36,87
50	51,	SUCCESS	2	22	11,77	25,63	37,4	2	36,91
52	53,	SUCCESS	2	10	11,78	25,65	37,43	2	36,93
116	57,	SUCCESS	2	27	11,59	25,84	37,43	2	34,76
49	50,	SUCCESS	2	23	11,8	25,65	37,45	2	36,99
119	61,	SUCCESS	2	39	11,61	25,84	37,45	2	34,82
121	75,	SUCCESS	2	30	11,61	25,85	37,46	2	34,84
136	43,	SUCCESS	2	13	11,57	25,89	37,46	2	34,7
122	33,	SUCCESS	2	31	11,61	25,85	37,46	2	34,84
104	41,	SUCCESS	2	14	11,62	25,87	37,48	2	34,85
120	58,	SUCCESS	2	36	11,62	25,89	37,51	2	34,85
23	24,	SUCCESS	2	26	11,86	25,68	37,54	2	37,17
109	36,	SUCCESS	2	37	11,64	25,89	37,54	2	34,93
41	42,	SUCCESS	2	9	11,88	25,69	37,57	2	37,23
123	35,	SUCCESS	2	20	11,65	25,93	37,58	2	34,96
70	71,	SUCCESS	2	32	11,88	25,71	37,59	2	37,25
108	38,	SUCCESS	2	1	11,65	36,55	48,19	2	34,94
124	45,	SUCCESS	2	18	11,65	36,76	48,4	2	34,94
129	32,	SUCCESS	2	12	11,66	36,81	48,47	2	34,97
128	68,	SUCCESS	2	28	11,68	36,83	48,51	2	35,04
126	29,	SUCCESS	2	25	11,68	36,94	48,63	2	35,05
106	40,	SUCCESS	2	0	11,69	36,97	48,67	2	35,07
107	23,	SUCCESS	2	33	11,69	37,03	48,72	2	35,07
138	59,	SUCCESS	2	38	11,73	37,05	48,78	2	35,19
133	48,	SUCCESS	2	2	11,7	37,1	48,8	2	35,09
131	66,	SUCCESS	2	19	11,71	37,08	48,8	2	35,14
111	34,	SUCCESS	2	29	11,73	37,12	48,85	2	35,19
114	69,	SUCCESS	2	4	11,72	37,21	48,93	2	35,17
127	62,	SUCCESS	2	3	11,75	37,27	49,01	2	35,24
134	74,	SUCCESS	2	6	11,76	37,28	49,04	2	35,28
110	22,	SUCCESS	2	5	11,77	37,27	49,04	2	35,32
135	78,	SUCCESS	2	7	11,76	37,29	49,05	2	35,28
132	70,	SUCCESS	2	35	11,77	37,29	49,07	2	35,32
139	37,	SUCCESS	2	8	11,78	37,3	49,08	2	35,33
137	27,	SUCCESS	2	16	11,78	37,32	49,1	2	35,35
117	28,	SUCCESS	2	24	11,8	37,3	49,1	2	35,39
125	30,	SUCCESS	2	11	11,86	37,34	49,19	2	35,57

140	31,	SUCCESS	2	15	12,02	37,36	49,38	2	36,05
78	79,	SUCCESS	2	0	4,97	49,38	54,35	3	14,92
79	80,	SUCCESS	2	0	5,34	54,35	59,69	4	16,02
85	86,	SUCCESS	2	0	11,04	59,69	70,74	5	34,73
82	83,	SUCCESS	2	1	11,16	59,69	70,86	5	35,09
84	85,	SUCCESS	2	2	11,21	59,69	70,91	5	35,24
93	94,	SUCCESS	2	4	11,24	59,69	70,94	5	35,33
91	92,	SUCCESS	2	3	11,27	59,69	70,97	5	35,42
88	89,	SUCCESS	2	5	11,27	59,69	70,97	5	35,42
83	84,	SUCCESS	2	6	11,29	59,69	70,99	5	35,48
90	91,	SUCCESS	2	8	11,29	59,69	70,99	5	35,48
94	95,	SUCCESS	2	7	11,29	59,69	70,99	5	35,48
87	88,	SUCCESS	2	10	11,32	59,69	71,02	5	35,57
92	93,	SUCCESS	2	9	11,32	59,69	71,02	5	35,57
95	96,	SUCCESS	2	11	11,33	59,69	71,03	5	35,6
89	90,	SUCCESS	2	12	11,41	59,69	71,11	5	35,84
80	81,	SUCCESS	2	13	11,44	47,9	59,34	5	35,93
86	87,	SUCCESS	2	14	11,46	59,69	71,16	5	35,99
81	82,	SUCCESS	2	15	11,52	59,69	71,22	5	36,17
96	97,	SUCCESS	2	0	16,52	71,22	87,73	6	62,35
97	98,	FAILED	2	0	9,6	87,73	97,33	7	42,6
141	98,	SUCCESS	2	0	9,6	97,33	106,93	7	28,8
98	99,	SUCCESS	2	0	16,17	106,93	123,1	8	62,5
99	100,	SUCCESS	2	0	1,02	123,1	124,12	9	3,25

Tabla 56. Resultado completo de servicios atómicos sustitutos aceptados emitidos por el MODS

2017-05-10				
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus	
mProjectPP	1	0	ACEPTADO	
mProjectPP	4	1	ACEPTADO	
mProjectPP	14	2	ACEPTADO	
mProjectPP	6	3	ACEPTADO	
mProjectPP	3	4	ACEPTADO	
mProjectPP	13	5	ACEPTADO	
mProjectPP	2	6	ACEPTADO	
mProjectPP	10	7	ACEPTADO	
mProjectPP	5	8	ACEPTADO	
mProjectPP	15	9	ACEPTADO	
mProjectPP	12	10	ACEPTADO	
mProjectPP	7	12	ACEPTADO	
mProjectPP	8	11	ACEPTADO	
mProjectPP	9	13	ACEPTADO	
mProjectPP	11	14	ACEPTADO	
mProjectPP	0	15	ACEPTADO	
mDiffFit	72	18	FALLIDO	
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:				
	Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
	mDiffFit	72	39	ACEPTADO
mDiffFit	51	12	FALLIDO	
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:				
	Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
	mDiffFit	51	37	ACEPTADO
mDiffFit	59	25	FALLIDO	
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:				
	Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
	mDiffFit	59	36	ACEPTADO
mDiffFit	40	0	FALLIDO	
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:				
	Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
	mDiffFit	40	34	ACEPTADO
mDiffFit	66	38	FALLIDO	
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:				
	Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
	mDiffFit	66	32	ACEPTADO
mDiffFit	39	2	FALLIDO	
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:				
	Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
	mDiffFit	39	31	ACEPTADO

mDiffFit	22	3	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	22	30	ACEPTADO
mDiffFit	37	4	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	37	27	ACEPTADO
mDiffFit	35	6	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	35	26	ACEPTADO
mDiffFit	21	3	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	21	23	ACEPTADO
mDiffFit	33	5	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	33	22	ACEPTADO
mDiffFit	43	7	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	43	21	ACEPTADO
mDiffFit	38	8	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	38	20	ACEPTADO
mDiffFit	68	16	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	68	17	ACEPTADO
mDiffFit	55	21	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	55	38	ACEPTADO
mDiffFit	56	22	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	56	35	ACEPTADO
mDiffFit	27	17	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	27	33	ACEPTADO
mDiffFit	71	10	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	71	29	ACEPTADO
mDiffFit	60	23	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	60	28	ACEPTADO
mDiffFit	57	26	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	57	25	ACEPTADO
mDiffFit	74	9	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	74	24	ACEPTADO
mDiffFit	32	32	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	32	19	ACEPTADO
mDiffFit	34	28	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
mDiffFit	34	18	ACEPTADO
mDiffFit	44	33	FALLIDO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:			
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus

mDiffFit	29	19	FALLIDO	44	16	ACEPTADO
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	29		13	ACEPTADO
mDiffFit	28	29	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	28		17	ACEPTADO
mDiffFit	61	24	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	61		20	ACEPTADO
mDiffFit	67	32	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	67		21	ACEPTADO
mDiffFit	31	11	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	31		22	ACEPTADO
mDiffFit	63	15	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	63		23	ACEPTADO
mDiffFit	65	35	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	65		26	ACEPTADO
mDiffFit	69	27	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	69		30	ACEPTADO
mDiffFit	47	39	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	47		27	ACEPTADO
mDiffFit	73	30	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	73		31	ACEPTADO
mDiffFit	77	31	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	77		32	ACEPTADO
mDiffFit	42	14	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	42		34	ACEPTADO
mDiffFit	26	36	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	26		37	ACEPTADO
mDiffFit	58	13	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	58		36	ACEPTADO
mDiffFit	36	37	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	36		39	ACEPTADO
mDiffFit	30	20	FALLIDO			
LOS SUSTITUTOS DE mDiffFit SON:						
	Servicio		IdJob		IdVM	Estatus
		mDiffFit	30		38	ACEPTADO
mDiffFit	54	1	ACEPTADO			
mDiffFit	20	18	ACEPTADO			
mDiffFit	62	12	ACEPTADO			
mDiffFit	76	25	ACEPTADO			
mDiffFit	48	0	ACEPTADO			
mDiffFit	53	38	ACEPTADO			

mDiffFit	45	2	ACEPTADO		
mDiffFit	16	4	ACEPTADO		
mDiffFit	18	5	ACEPTADO		
mDiffFit	17	6	ACEPTADO		
mDiffFit	25	3	ACEPTADO		
mDiffFit	24	7	ACEPTADO		
mDiffFit	75	8	ACEPTADO		
mDiffFit	46	16	ACEPTADO		
mDiffFit	19	17	ACEPTADO		
mDiffFit	64	21	ACEPTADO		
mDiffFit	50	22	ACEPTADO		
mDiffFit	52	10	ACEPTADO		
mDiffFit	49	23	ACEPTADO		
mDiffFit	23	26	ACEPTADO		
mDiffFit	70	32	ACEPTADO		
mDiffFit	41	9	ACEPTADO		
mConcatFit	78	0	ACEPTADO		
mBgModel	79	0	ACEPTADO		
mBackground	85	0	ACEPTADO		
mBackground	82	1	ACEPTADO		
mBackground	84	2	ACEPTADO		
mBackground	93	4	ACEPTADO		
mBackground	91	3	ACEPTADO		
mBackground	88	5	ACEPTADO		
mBackground	83	6	ACEPTADO		
mBackground	90	8	ACEPTADO		
mBackground	94	7	ACEPTADO		
mBackground	87	10	ACEPTADO		
mBackground	92	9	ACEPTADO		
mBackground	95	11	ACEPTADO		
mBackground	89	12	ACEPTADO		
mBackground	80	13	ACEPTADO		
mBackground	86	14	ACEPTADO		
mBackground	81	15	ACEPTADO		
mImgTbl	96	0	ACEPTADO		
mAdd	97	0	FALLIDO		
LOS SUSTITUTOS DE mAdd SON:					
		Servicio	IdJob	IdVM	Estatus
		mAdd	97	40	ACEPTADO
mShrink	98	0	ACEPTADO		
mJPEG	99	0	ACEPTADO		

Tabla 57. Resultado completo de recuperación de fallos utilizando el MODS

2017-05-10									
Job ID	Task ID	STATUS	Data center ID	VM ID	Time	Start Time	Finish Time	Depth	Cost
100	Stage-in	SUCCESS	2	0	0,11	0,1	0,21	0	6,73
1	2	SUCCESS	2	0	13,39	0,21	13,6	1	41,37
4	5	SUCCESS	2	1	13,44	0,21	13,65	1	41,52
14	15,	SUCCESS	2	2	13,5	0,21	13,71	1	41,7
6	7,	SUCCESS	2	3	13,53	0,21	13,74	1	41,79
3	4,	SUCCESS	2	4	13,58	0,21	13,79	1	41,94
13	14,	SUCCESS	2	5	13,64	0,21	13,85	1	42,12
2	3,	SUCCESS	2	6	13,7	0,21	13,91	1	42,3
10	11,	SUCCESS	2	7	13,83	0,21	14,04	1	42,69
5	6	SUCCESS	2	8	13,85	0,21	14,06	1	42,75
15	16,	SUCCESS	2	9	13,88	0,21	14,09	1	42,84
12	13,	SUCCESS	2	10	13,9	0,21	14,11	1	42,9
7	8,	SUCCESS	2	12	13,93	0,21	14,14	1	42,99
8	9,	SUCCESS	2	11	13,93	0,21	14,14	1	42,99
9	10,	SUCCESS	2	13	13,98	0,21	14,19	1	43,14
11	12,	SUCCESS	2	14	14,09	0,21	14,3	1	43,47
0	1,	SUCCESS	2	15	14,13	0,21	14,34	1	43,59
72	73,	SUCCESS	2	39	11,34	13,85	25,2	2	34,83
51	52,	SUCCESS	2	37	11,1	14,14	25,24	2	34,11
59	60,	SUCCESS	2	36	11,31	14,04	25,35	2	34,74
40	41,	SUCCESS	2	34	11,65	13,74	25,39	2	36,54
66	67,	SUCCESS	2	32	11,28	14,11	25,39	2	34,62
39	40,	SUCCESS	2	31	11,69	13,74	25,43	2	36,67

Apéndice B

22	23,	SUCCESS	2	30	11,69	13,74	25,43	2	36,67
37	38,	SUCCESS	2	27	11,67	13,85	25,52	2	36,62
35	36,	SUCCESS	2	26	11,66	13,91	25,57	2	36,58
21	22,	SUCCESS	2	23	11,78	13,79	25,57	2	36,94
33	34,	SUCCESS	2	22	11,72	13,85	25,57	2	36,76
43	44,	SUCCESS	2	21	11,53	14,04	25,57	2	36,19
38	39,	SUCCESS	2	20	11,52	14,06	25,58	2	36,17
68	69,	SUCCESS	2	17	11,73	13,85	25,58	2	36,8
55	56,	SUCCESS	2	38	11,58	14,04	25,62	2	36,35
56	57,	SUCCESS	2	35	11,59	14,04	25,63	2	36,38
27	28,	SUCCESS	2	33	11,78	13,85	25,63	2	36,95
71	72,	SUCCESS	2	29	11,54	14,11	25,65	2	36,22
60	61,	SUCCESS	2	28	11,61	14,04	25,65	2	36,43
57	58,	SUCCESS	2	25	11,62	14,06	25,68	2	36,45
74	75,	SUCCESS	2	24	11,6	14,09	25,69	2	36,4
32	33,	SUCCESS	2	19	11,6	14,11	25,71	2	36,4
34	35,	SUCCESS	2	18	11,64	14,09	25,73	2	36,52
44	45,	SUCCESS	2	16	11,65	14,11	25,76	2	36,54
29	30,	SUCCESS	2	13	11,86	13,91	25,77	2	37,19
28	29,	SUCCESS	2	17	11,68	14,09	25,77	2	36,65
61	62,	SUCCESS	2	20	11,75	14,04	25,79	2	36,84
67	68,	SUCCESS	2	21	11,69	14,11	25,8	2	36,67
31	32,	SUCCESS	2	22	11,66	14,14	25,8	2	36,58
63	64,	SUCCESS	2	23	11,46	14,34	25,8	2	35,98
65	66,	SUCCESS	2	26	11,71	14,11	25,82	2	36,73
69	70,	SUCCESS	2	30	11,78	14,06	25,84	2	36,93
47	48,	SUCCESS	2	27	11,7	14,14	25,84	2	36,69
73	74,	SUCCESS	2	31	11,76	14,09	25,85	2	36,88
77	78,	SUCCESS	2	32	11,76	14,09	25,85	2	36,88
42	43,	SUCCESS	2	34	11,57	14,3	25,87	2	36,3
26	27,	SUCCESS	2	37	11,78	14,11	25,89	2	36,95
58	59,	SUCCESS	2	36	11,7	14,19	25,89	2	36,71
36	37,	SUCCESS	2	39	11,78	14,11	25,89	2	36,95
30	31,	SUCCESS	2	38	12,02	13,91	25,93	2	37,65
54	55,	SUCCESS	2	1	11,11	25,43	36,55	2	34,14
20	21,	SUCCESS	2	18	11,56	25,2	36,76	2	36,29
62	63,	SUCCESS	2	12	11,57	25,24	36,81	2	36,31
76	77,	SUCCESS	2	25	11,59	25,35	36,94	2	36,37
48	49,	SUCCESS	2	0	11,59	25,39	36,97	2	36,36
53	54,	SUCCESS	2	38	11,66	25,39	37,05	2	36,58
45	46,	SUCCESS	2	2	11,67	25,43	37,1	2	36,6
16	17,	SUCCESS	2	4	11,68	25,52	37,21	2	36,65
18	19,	SUCCESS	2	5	11,7	25,57	37,27	2	36,69
17	18,	SUCCESS	2	6	11,71	25,57	37,28	2	36,73
25	26,	SUCCESS	2	3	11,7	25,57	37,27	2	36,69
24	25,	SUCCESS	2	7	11,72	25,57	37,29	2	36,77
75	76,	SUCCESS	2	8	11,72	25,58	37,3	2	36,76
46	47,	SUCCESS	2	16	11,73	25,58	37,32	2	36,8
19	20,	SUCCESS	2	17	11,76	25,63	37,39	2	36,87
64	65,	SUCCESS	2	21	11,75	25,62	37,38	2	36,86
50	51,	SUCCESS	2	22	11,77	25,63	37,4	2	36,91
52	53,	SUCCESS	2	10	11,78	25,65	37,43	2	36,93
49	50,	SUCCESS	2	23	11,8	25,65	37,45	2	36,99
23	24,	SUCCESS	2	26	11,86	25,68	37,54	2	37,17
70	71,	SUCCESS	2	32	11,88	25,71	37,59	2	37,25
41	42,	SUCCESS	2	9	11,88	25,69	37,57	2	37,23
78	79,	SUCCESS	2	0	4,97	49,38	54,35	3	14,92
79	80,	SUCCESS	2	0	5,34	54,35	59,69	4	16,02
85	86,	SUCCESS	2	0	11,04	59,69	70,74	5	34,73
82	83,	SUCCESS	2	1	11,16	59,69	70,86	5	35,09
84	85,	SUCCESS	2	2	11,21	59,69	70,91	5	35,24
93	94,	SUCCESS	2	4	11,24	59,69	70,94	5	35,33
91	92,	SUCCESS	2	3	11,27	59,69	70,97	5	35,42
88	89,	SUCCESS	2	5	11,27	59,69	70,97	5	35,42
83	84,	SUCCESS	2	6	11,29	59,69	70,99	5	35,48
90	91,	SUCCESS	2	8	11,29	59,69	70,99	5	35,48
94	95,	SUCCESS	2	7	11,29	59,69	70,99	5	35,48

87	88,	SUCCESS	2	10	11,32	59,69	71,02	5	35,57
92	93,	SUCCESS	2	9	11,32	59,69	71,02	5	35,57
95	96,	SUCCESS	2	11	11,33	59,69	71,03	5	35,6
89	90,	SUCCESS	2	12	11,41	59,69	71,11	5	35,84
80	81,	SUCCESS	2	13	11,44	47,9	59,34	5	35,93
86	87,	SUCCESS	2	14	11,46	59,69	71,16	5	35,99
81	82,	SUCCESS	2	15	11,52	59,69	71,22	5	36,17
96	97,	SUCCESS	2	0	16,52	71,22	87,73	6	62,35
97	98,	SUCCESS	2	40	9,6	75,94	85,54	7	42,6
98	99,	SUCCESS	2	0	16,17	106,93	123,1	8	62,5
99	100,	SUCCESS	2	0	1,02	123,1	124,12	9	3,25

Salida de Datos para Caso de Prueba MOD-01-03.4
Resultado detallado de la prueba MOD-01-03.4.1

Tabla 58. Resultado completo de WorkflowSim sin el MODS en ambiente controlado

2017-05-12									
Job ID	Task ID	STATUS	Data Center ID	VM ID	Time	Start Time	Finish Time	Depth	Cost
100	Stage-in	SUCCESS	2	0	0,11	0,1	0,21	0	6,73
1	2,	SUCCESS	2	0	13,39	0,21	13,6	1	41,37
4	5,	SUCCESS	2	1	13,44	0,21	13,65	1	41,52
14	15,	SUCCESS	2	2	13,5	0,21	13,71	1	41,7
6	7,	SUCCESS	2	3	13,53	0,21	13,74	1	41,79
3	4,	SUCCESS	2	4	13,58	0,21	13,79	1	41,94
13	14,	SUCCESS	2	5	13,64	0,21	13,85	1	42,12
2	3,	SUCCESS	2	6	13,7	0,21	13,91	1	42,3
10	11,	SUCCESS	2	7	13,83	0,21	14,04	1	42,69
5	6,	SUCCESS	2	8	13,85	0,21	14,06	1	42,75
15	16,	SUCCESS	2	9	13,88	0,21	14,09	1	42,84
12	13,	SUCCESS	2	10	13,9	0,21	14,11	1	42,9
7	8,	SUCCESS	2	12	13,93	0,21	14,14	1	42,99
8	9,	SUCCESS	2	11	13,93	0,21	14,14	1	42,99
9	10,	SUCCESS	2	13	13,98	0,21	14,19	1	43,14
11	12,	SUCCESS	2	14	14,09	0,21	14,3	1	43,47
0	1,	SUCCESS	2	15	14,13	0,21	14,34	1	43,59
72	73,	SUCCESS	2	18	11,34	13,85	25,2	2	34,83
51	52,	SUCCESS	2	12	11,1	14,14	25,24	2	34,11
59	60,	SUCCESS	2	25	11,31	14,04	25,35	2	34,74
40	41,	SUCCESS	2	0	11,65	13,74	25,39	2	36,54
66	67,	SUCCESS	2	38	11,28	14,11	25,39	2	34,62
39	40,	SUCCESS	2	2	11,69	13,74	25,43	2	36,67
22	23,	SUCCESS	2	1	11,69	13,74	25,43	2	36,67
37	38,	SUCCESS	2	4	11,67	13,85	25,52	2	36,62
35	36,	SUCCESS	2	6	11,66	13,91	25,57	2	36,58
21	22,	SUCCESS	2	3	11,78	13,79	25,57	2	36,94
33	34,	SUCCESS	2	5	11,72	13,85	25,57	2	36,76
43	44,	SUCCESS	2	7	11,53	14,04	25,57	2	36,19
38	39,	SUCCESS	2	8	11,52	14,06	25,58	2	36,17
68	69,	SUCCESS	2	16	11,73	13,85	25,58	2	36,8
55	56,	SUCCESS	2	21	11,58	14,04	25,62	2	36,35
56	57,	SUCCESS	2	22	11,59	14,04	25,63	2	36,38
27	28,	SUCCESS	2	17	11,78	13,85	25,63	2	36,95
71	72,	SUCCESS	2	10	11,54	14,11	25,65	2	36,22
60	61,	SUCCESS	2	23	11,61	14,04	25,65	2	36,43
57	58,	SUCCESS	2	26	11,62	14,06	25,68	2	36,45
74	75,	SUCCESS	2	9	11,6	14,09	25,69	2	36,4
32	33,	SUCCESS	2	32	11,6	14,11	25,71	2	36,4
34	35,	SUCCESS	2	28	11,64	14,09	25,73	2	36,52
44	45,	SUCCESS	2	33	11,65	14,11	25,76	2	36,54
29	30,	SUCCESS	2	19	11,86	13,91	25,77	2	37,19

Apéndice B

28	29,	SUCCESS	2	29	11,68	14,09	25,77	2	36,65
61	62,	SUCCESS	2	24	11,75	14,04	25,79	2	36,84
67	68,	SUCCESS	2	34	11,69	14,11	25,8	2	36,67
31	32,	SUCCESS	2	11	11,66	14,14	25,8	2	36,58
63	64,	SUCCESS	2	15	11,46	14,34	25,8	2	35,98
65	66,	SUCCESS	2	35	11,71	14,11	25,82	2	36,73
69	70,	SUCCESS	2	27	11,78	14,06	25,84	2	36,93
47	48,	SUCCESS	2	39	11,7	14,14	25,84	2	36,69
73	74,	SUCCESS	2	30	11,76	14,09	25,85	2	36,88
77	78,	SUCCESS	2	31	11,76	14,09	25,85	2	36,88
42	43,	SUCCESS	2	14	11,57	14,3	25,87	2	36,3
26	27,	SUCCESS	2	36	11,78	14,11	25,89	2	36,95
58	59,	SUCCESS	2	13	11,7	14,19	25,89	2	36,71
36	37,	SUCCESS	2	37	11,78	14,11	25,89	2	36,95
30	31,	SUCCESS	2	20	12,02	13,91	25,93	2	37,65
54	55,	SUCCESS	2	1	11,11	25,43	36,55	2	34,14
20	21,	SUCCESS	2	18	11,56	25,2	36,76	2	36,29
62	63,	SUCCESS	2	12	11,57	25,24	36,81	2	36,31
76	77,	SUCCESS	2	25	11,58	25,35	36,93	2	36,34
48	49,	SUCCESS	2	0	11,59	25,39	36,97	2	36,36
53	54,	SUCCESS	2	38	11,7	25,39	37,08	2	36,69
45	46,	SUCCESS	2	2	11,67	25,43	37,1	2	36,6
16	17,	SUCCESS	2	4	11,68	25,52	37,21	2	36,65
18	19,	SUCCESS	2	5	11,69	25,57	37,26	2	36,67
17	18,	SUCCESS	2	6	11,71	25,57	37,28	2	36,73
25	26,	SUCCESS	2	3	11,71	25,57	37,28	2	36,73
24	25,	SUCCESS	2	7	11,72	25,57	37,29	2	36,77
75	76,	SUCCESS	2	8	11,72	25,58	37,3	2	36,76
46	47,	SUCCESS	2	16	11,73	25,58	37,32	2	36,8
19	20,	SUCCESS	2	17	11,75	25,63	37,38	2	36,84
64	65,	SUCCESS	2	21	11,76	25,62	37,38	2	36,87
50	51,	SUCCESS	2	22	11,77	25,63	37,4	2	36,91
52	53,	SUCCESS	2	10	11,78	25,65	37,43	2	36,93
49	50,	SUCCESS	2	23	11,8	25,65	37,45	2	36,99
23	24,	SUCCESS	2	26	11,86	25,68	37,54	2	37,17
70	71,	SUCCESS	2	32	11,88	25,71	37,59	2	37,23
41	42,	SUCCESS	2	9	11,9	25,69	37,59	2	37,29
78	79,	SUCCESS	2	0	4,97	37,59	42,56	3	14,92
79	80,	SUCCESS	2	0	5,34	42,56	47,9	4	16,02
85	86,	SUCCESS	2	0	11,04	47,9	58,95	5	34,73
82	83,	SUCCESS	2	1	11,16	47,9	59,07	5	35,09
84	85,	SUCCESS	2	2	11,21	47,9	59,11	5	35,24
93	94,	SUCCESS	2	4	11,24	47,9	59,15	5	35,33
91	92,	SUCCESS	2	3	11,27	47,9	59,18	5	35,42
88	89,	SUCCESS	2	5	11,27	47,9	59,18	5	35,42
83	84,	SUCCESS	2	6	11,29	47,9	59,2	5	35,48
90	91,	SUCCESS	2	8	11,29	47,9	59,2	5	35,48
94	95,	SUCCESS	2	7	11,29	47,9	59,2	5	35,48
87	88,	SUCCESS	2	10	11,32	47,9	59,22	5	35,57
92	93,	SUCCESS	2	9	11,32	47,9	59,22	5	35,57
95	96,	SUCCESS	2	11	11,33	47,9	59,23	5	35,6
89	90,	SUCCESS	2	12	11,41	47,9	59,32	5	35,84
80	81,	SUCCESS	2	13	11,44	47,9	59,34	5	35,93
86	87,	SUCCESS	2	14	11,46	47,9	59,37	5	35,99
81	82,	SUCCESS	2	15	11,52	47,9	59,43	5	36,17
96	97,	SUCCESS	2	0	16,52	59,43	75,94	6	62,35
97	98,	SUCCESS	2	0	9,6	75,94	85,54	7	42,6
98	99,	SUCCESS	2	0	16,17	85,54	101,71	8	62,5
99	100,	SUCCESS	2	0	1,02	101,71	102,72	9	3,25

Tabla 59. Resultado completo de WorkflowSim con el MODS en ambiente controlado

2017-05-12					
NombreServicio	IdJob	IdVM	FechaUso	Confiabilidad	Estado
mProjectPP	1	0	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	4	1	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	14	2	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	6	3	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	3	4	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	13	5	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	2	6	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	10	7	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	5	8	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	15	9	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	12	10	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	7	12	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mProjectPP	8	11	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	9	13	2017-05-08	95.4	ACEPTADO
mProjectPP	11	14	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mProjectPP	0	15	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	72	18	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	51	12	2017-05-08	88.2	ACEPTADO
mDiffFit	59	25	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	40	0	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	66	38	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	39	2	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	22	1	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	37	4	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	35	6	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	21	3	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	33	5	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	43	7	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	38	8	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	68	16	2017-05-08	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	55	21	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	56	22	2017-05-08	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	27	17	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	71	10	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	60	23	2017-05-08	92.2	ACEPTADO
mDiffFit	57	26	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	74	9	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	32	32	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	34	28	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	44	33	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	29	19	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	28	29	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	61	24	2017-05-08	95.2	ACEPTADO
mDiffFit	67	34	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	31	11	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mDiffFit	63	15	2017-05-08	94.4	ACEPTADO
mDiffFit	65	35	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	69	27	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	47	39	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	73	30	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	77	31	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	42	14	2017-05-08	94.7	ACEPTADO
mDiffFit	26	36	2017-05-08	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	58	13	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mDiffFit	36	37	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	30	20	2017-05-08	95.8	ACEPTADO
mDiffFit	54	1	2017-05-08	88.8	ACEPTADO

mDiffFit	20	18	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	62	12	2017-05-08	88.2	ACEPTADO
mDiffFit	76	25	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	48	0	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	53	38	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	45	2	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	16	4	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	18	5	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	17	6	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	25	3	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	24	7	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	75	8	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	46	16	2017-05-08	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	19	17	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	64	21	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	50	22	2017-05-08	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	52	10	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	49	23	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	23	26	2017-05-08	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	70	32	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mConcatFit	78	0	2017-05-08	94.4	ACEPTADO
mBgModel	79	0	2017-05-08	95.0	ACEPTADO
mBackground	85	0	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	82	1	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	84	2	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	93	4	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	91	3	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	88	5	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	83	6	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	90	8	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	94	7	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	87	10	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	92	9	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	95	11	2017-05-08	92.8	ACEPTADO
mBackground	89	12	2017-05-08	88.8	ACEPTADO
mBackground	80	13	2017-05-08	91.6	ACEPTADO
mBackground	86	14	2017-05-08	92.3	ACEPTADO
mBackground	81	15	2017-05-08	92.3	ACEPTADO
mImgTbl	96	0	2017-05-08	100.0	ACEPTADO
mAdd	97	0	2017-05-08	85.0	ACEPTADO
mShrink	98	0	2017-05-08	90.0	ACEPTADO
mJPEG	99	0	2017-05-08	95.0	ACEPTADO

Resultado detallado de la prueba MOD-01-03.4.2

Tabla 60. Resultado completo de WorkflowSim en el uso del MODS en ambiente con fallos

2017-05-12									
Job ID	Task ID	STATUS	Data Center ID	VM ID	Time	Start Time	Finish Time	Depth	Cost
100	Stage-in	SUCCESS	2	0	0,11	0,1	0,21	0	6,73
1	2,	SUCCESS	2	0	13,39	0,21	13,6	1	41,37
4	5,	SUCCESS	2	1	13,44	0,21	13,65	1	41,52
14	15,	SUCCESS	2	2	13,5	0,21	13,71	1	41,7
6	7,	SUCCESS	2	3	13,53	0,21	13,74	1	41,79
3	4,	SUCCESS	2	4	13,58	0,21	13,79	1	41,94
13	14,	SUCCESS	2	5	13,64	0,21	13,85	1	42,12
2	3,	SUCCESS	2	6	13,7	0,21	13,91	1	42,3
10	11,	SUCCESS	2	7	13,83	0,21	14,04	1	42,69
5	6,	SUCCESS	2	8	13,85	0,21	14,06	1	42,75
15	16,	SUCCESS	2	9	13,88	0,21	14,09	1	42,84
12	13,	SUCCESS	2	10	13,9	0,21	14,11	1	42,9

Apéndice B

7	8,	SUCCESS	2	12	13,93	0,21	14,14	1	42,99
8	9,	SUCCESS	2	11	13,93	0,21	14,14	1	42,99
9	10,	SUCCESS	2	13	13,98	0,21	14,19	1	43,14
11	12,	SUCCESS	2	14	14,09	0,21	14,3	1	43,47
0	1,	SUCCESS	2	15	14,13	0,21	14,34	1	43,59
72	73,	SUCCESS	2	18	11,34	13,85	25,2	2	34,83
51	52,	SUCCESS	2	12	11,1	14,14	25,24	2	34,11
59	60,	SUCCESS	2	25	11,31	14,04	25,35	2	34,74
40	41,	SUCCESS	2	0	11,65	13,74	25,39	2	36,54
66	67,	SUCCESS	2	38	11,28	14,11	25,39	2	34,62
39	40,	SUCCESS	2	2	11,69	13,74	25,43	2	36,67
22	23,	SUCCESS	2	1	11,69	13,74	25,43	2	36,67
37	38,	SUCCESS	2	4	11,67	13,85	25,52	2	36,62
35	36,	SUCCESS	2	6	11,66	13,91	25,57	2	36,58
21	22,	SUCCESS	2	3	11,78	13,79	25,57	2	36,94
33	34,	SUCCESS	2	5	11,72	13,85	25,57	2	36,76
43	44,	SUCCESS	2	7	11,53	14,04	25,57	2	36,19
38	39,	SUCCESS	2	8	11,52	14,06	25,58	2	36,17
68	69,	SUCCESS	2	16	11,73	13,85	25,58	2	36,8
55	56,	SUCCESS	2	21	11,58	14,04	25,62	2	36,35
56	57,	SUCCESS	2	22	11,59	14,04	25,63	2	36,38
27	28,	SUCCESS	2	17	11,78	13,85	25,63	2	36,95
71	72,	SUCCESS	2	10	11,54	14,11	25,65	2	36,22
60	61,	SUCCESS	2	23	11,61	14,04	25,65	2	36,43
57	58,	SUCCESS	2	26	11,62	14,06	25,68	2	36,45
74	75,	SUCCESS	2	9	11,6	14,09	25,69	2	36,4
32	33,	SUCCESS	2	32	11,6	14,11	25,71	2	36,4
34	35,	SUCCESS	2	28	11,64	14,09	25,73	2	36,52
44	45,	SUCCESS	2	33	11,65	14,11	25,76	2	36,54
29	30,	SUCCESS	2	19	11,86	13,91	25,77	2	37,19
28	29,	SUCCESS	2	29	11,68	14,09	25,77	2	36,65
61	62,	SUCCESS	2	24	11,75	14,04	25,79	2	36,84
67	68,	SUCCESS	2	34	11,69	14,11	25,8	2	36,67
31	32,	SUCCESS	2	11	11,66	14,14	25,8	2	36,58
63	64,	SUCCESS	2	15	11,46	14,34	25,8	2	35,98
65	66,	SUCCESS	2	35	11,71	14,11	25,82	2	36,73
69	70,	SUCCESS	2	27	11,78	14,06	25,84	2	36,93
47	48,	SUCCESS	2	39	11,7	14,14	25,84	2	36,69
73	74,	SUCCESS	2	30	11,76	14,09	25,85	2	36,88
77	78,	SUCCESS	2	31	11,76	14,09	25,85	2	36,88
42	43,	SUCCESS	2	14	11,57	14,3	25,87	2	36,3
26	27,	SUCCESS	2	36	11,78	14,11	25,89	2	36,95
58	59,	SUCCESS	2	13	11,7	14,19	25,89	2	36,71
36	37,	SUCCESS	2	37	11,78	14,11	25,89	2	36,95
30	31,	SUCCESS	2	20	12,02	13,91	25,93	2	37,65
54	55,	SUCCESS	2	1	11,11	25,43	36,55	2	34,14
20	21,	SUCCESS	2	18	11,56	25,2	36,76	2	36,29
62	63,	SUCCESS	2	12	11,57	25,24	36,81	2	36,31
76	77,	SUCCESS	2	25	11,58	25,35	36,93	2	36,34
48	49,	SUCCESS	2	0	11,59	25,39	36,97	2	36,36
53	54,	SUCCESS	2	38	11,7	25,39	37,08	2	36,69
45	46,	SUCCESS	2	2	11,67	25,43	37,1	2	36,6
16	17,	SUCCESS	2	4	11,68	25,52	37,21	2	36,65
18	19,	SUCCESS	2	5	11,69	25,57	37,26	2	36,67
17	18,	SUCCESS	2	6	11,71	25,57	37,28	2	36,73
25	26,	SUCCESS	2	3	11,71	25,57	37,28	2	36,73
24	25,	SUCCESS	2	7	11,72	25,57	37,29	2	36,77
75	76,	SUCCESS	2	8	11,72	25,58	37,3	2	36,76
46	47,	SUCCESS	2	16	11,73	25,58	37,32	2	36,8
19	20,	SUCCESS	2	17	11,75	25,63	37,38	2	36,84
64	65,	SUCCESS	2	21	11,76	25,62	37,38	2	36,87

50	51,	SUCCESS	2	22	11,77	25,63	37,4	2	36,91
52	53,	SUCCESS	2	10	11,78	25,65	37,43	2	36,93
49	50,	SUCCESS	2	23	11,8	25,65	37,45	2	36,99
23	24,	SUCCESS	2	26	11,86	25,68	37,54	2	37,17
70	71,	SUCCESS	2	32	11,88	25,71	37,59	2	37,23
41	42,	SUCCESS	2	9	11,9	25,69	37,59	2	37,29
78	79,	SUCCESS	2	0	4,97	37,59	42,56	3	14,92
79	80,	SUCCESS	2	0	5,34	42,56	47,9	4	16,02
85	86,	SUCCESS	2	0	11,04	47,9	58,95	5	34,73
82	83,	SUCCESS	2	1	11,16	47,9	59,07	5	35,09
84	85,	SUCCESS	2	2	11,21	47,9	59,11	5	35,24
93	94,	SUCCESS	2	4	11,24	47,9	59,15	5	35,33
91	92,	SUCCESS	2	3	11,27	47,9	59,18	5	35,42
88	89,	SUCCESS	2	5	11,27	47,9	59,18	5	35,42
83	84,	SUCCESS	2	6	11,29	47,9	59,2	5	35,48
90	91,	SUCCESS	2	8	11,29	47,9	59,2	5	35,48
94	95,	SUCCESS	2	7	11,29	47,9	59,2	5	35,48
87	88,	SUCCESS	2	10	11,32	47,9	59,22	5	35,57
92	93,	SUCCESS	2	9	11,32	47,9	59,22	5	35,57
95	96,	SUCCESS	2	11	11,33	47,9	59,23	5	35,6
89	90,	SUCCESS	2	12	11,41	47,9	59,32	5	35,84
80	81,	SUCCESS	2	13	11,44	47,9	59,34	5	35,93
86	87,	SUCCESS	2	14	11,46	47,9	59,37	5	35,99
81	82,	SUCCESS	2	15	11,52	47,9	59,43	5	36,17
96	97,	SUCCESS	2	0	16,52	59,43	75,94	6	62,35
97	98,	SUCCESS	2	0	9,6	75,94	85,54	7	42,6
98	99,	SUCCESS	2	0	16,17	85,54	101,71	8	62,5
99	100,	SUCCESS	2	0	1,02	101,71	102,72	9	3,25

Tabla 61. Resultado completo del MODS en ambiente de fallos

2017-05-12					
NombreServicio	IdJob	IdVM	FechaUso	Confiabilidad	Estatus
mProjectPP	1	0	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	4	1	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	14	2	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	6	3	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	3	4	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	13	5	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	2	6	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	10	7	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	5	8	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	15	9	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	12	10	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	7	12	2017-05-12	95.6	ACEPTADO
mProjectPP	8	11	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
mProjectPP	9	13	2017-05-12	95.4	ACEPTADO
mProjectPP	11	14	2017-05-12	95.8	ACEPTADO
mProjectPP	0	15	2017-05-12	95.6	ACEPTADO
mDiffFit	72	18	2017-05-12	77.7	FALLIDO
mDiffFit	51	12	2017-05-12	78.9	FALLIDO
mDiffFit	59	25	2017-05-12	77.7	FALLIDO
mDiffFit	40	0	2017-05-12	78.0	FALLIDO
mDiffFit	66	38	2017-05-12	78.2	FALLIDO
mDiffFit	39	2	2017-05-12	78.0	FALLIDO
mDiffFit	22	1	2017-05-12	78.0	FALLIDO
mDiffFit	37	4	2017-05-12	78.0	FALLIDO
mDiffFit	35	6	2017-05-12	78.0	FALLIDO
mDiffFit	21	3	2017-05-12	78.0	FALLIDO
mDiffFit	33	5	2017-05-12	78.0	FALLIDO
mDiffFit	43	7	2017-05-12	78.0	FALLIDO
mDiffFit	38	8	2017-05-12	78.0	FALLIDO
mDiffFit	68	16	2017-05-12	79.5	FALLIDO
mDiffFit	55	21	2017-05-12	78.7	FALLIDO

Apéndice B

mDiffFit	56	22	2017-05-12	79.5	FALLIDO
mDiffFit	27	17	2017-05-12	78.7	FALLIDO
mDiffFit	71	10	2017-05-12	78.0	FALLIDO
mDiffFit	60	23	2017-05-12	78.7	FALLIDO
mDiffFit	57	26	2017-05-12	78.7	FALLIDO
mDiffFit	74	9	2017-05-12	78.0	FALLIDO
mDiffFit	32	32	2017-05-12	78.2	FALLIDO
mDiffFit	34	28	2017-05-12	78.5	FALLIDO
mDiffFit	44	33	2017-05-12	78.5	FALLIDO
mDiffFit	29	19	2017-05-12	79.3	FALLIDO
mDiffFit	28	29	2017-05-12	78.5	FALLIDO
mDiffFit	61	24	2017-05-12	76.9	FALLIDO
mDiffFit	67	34	2017-05-12	79.3	FALLIDO
mDiffFit	31	11	2017-05-12	79.1	FALLIDO
mDiffFit	63	15	2017-05-12	77.2	FALLIDO
mDiffFit	65	35	2017-05-12	78.5	FALLIDO
mDiffFit	69	27	2017-05-12	79.3	FALLIDO
mDiffFit	47	39	2017-05-12	79.3	FALLIDO
mDiffFit	73	30	2017-05-12	79.3	FALLIDO
mDiffFit	77	31	2017-05-12	79.3	FALLIDO
mDiffFit	42	14	2017-05-12	78.2	FALLIDO
mDiffFit	26	36	2017-05-12	78.5	FALLIDO
mDiffFit	58	13	2017-05-12	79.1	FALLIDO
mDiffFit	36	37	2017-05-12	79.3	FALLIDO
mDiffFit	30	20	2017-05-12	79.3	FALLIDO
mDiffFit	54	1	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	20	18	2017-05-12	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	62	12	2017-05-12	88.2	ACEPTADO
mDiffFit	76	25	2017-05-12	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	48	0	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	53	38	2017-05-12	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	45	2	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	16	4	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	18	5	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	17	6	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	25	3	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	24	7	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	75	8	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	46	16	2017-05-12	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	19	17	2017-05-12	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	64	21	2017-05-12	90.0	ACEPTADO
mDiffFit	50	22	2017-05-12	89.7	ACEPTADO
mDiffFit	52	10	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mDiffFit	49	23	2017-05-12	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	23	26	2017-05-12	90.2	ACEPTADO
mDiffFit	70	32	2017-05-12	90.0	ACEPTADO
mConcatFit	78	0	2017-05-12	94.4	ACEPTADO
mBgModel	79	0	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
mBackground	85	0	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mBackground	82	1	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mBackground	84	2	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mBackground	93	4	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mBackground	91	3	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mBackground	88	5	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mBackground	83	6	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mBackground	90	8	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mBackground	94	7	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mBackground	87	10	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mBackground	92	9	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mBackground	95	11	2017-05-12	92.8	ACEPTADO
mBackground	89	12	2017-05-12	88.8	ACEPTADO
mBackground	80	13	2017-05-12	91.6	ACEPTADO
mBackground	86	14	2017-05-12	92.3	ACEPTADO
mBackground	81	15	2017-05-12	92.3	ACEPTADO
mImgTbl	96	0	2017-05-12	100.0	ACEPTADO
mAdd	97	0	2017-05-12	77.2	FALLIDO
mShrink	98	0	2017-05-12	90.0	ACEPTADO

mJPEG	99	0	2017-05-12	95.0	ACEPTADO
-------	----	---	------------	------	----------

Se presentan a continuación, en la Tabla 62, los datos y cálculos para el caso de prueba **MOD-01-03.3.2.1** de los atributos dependientes e independientes presentados en los servicios sustitutos para la obtención del grado de satisfacción de cada uno de ellos.

Tabla 62. Atributos dependientes e independientes para el caso de prueba MOD-01-03.3.2.1

SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit (S1)		72	35
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta (ms)	Tiempo de Procesamiento (ms)
\$34.83	10	13.84	11.6562
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput
1.9898	3	0	0.2167

SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit (S2)		72	38
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta (ms)	Tiempo de Procesamiento (ms)
\$34.83	10	13.84	11.6562
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia (ms)	Throughput
0.9897	3	0.38	0.2167

SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit (S3)		72	39
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta (ms)	Tiempo de Procesamiento (ms)
\$34.83	10	13.84	11.6562
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia (ms)	Throughput(mbps)
1.00	2	0	0.1445

Tabla 63. Atributos dependientes e independientes requeridos

Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta (ms)	Tiempo de Procesamiento (ms)
\$34.11	10	13.84	11.34
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia (ms)	Throughput (mbps)
1.00	2	0	0.1445

A continuación, se presentan los cálculos realizados para el grado de satisfacción en la elección del servicio atómico sustituto referente al caso del trabajo con **ID 72**.

$$S = |\alpha(C) + \beta(T) + \gamma(NumP) + \delta(D)|$$

$\alpha = 1.0$ (Tiempo Respuesta)
 $\beta = 2.5$ (Tiempo Procesamiento)
 $\gamma = 3.0$ (Reputación)
 $\delta = 3.5$ (Costo)

Tabla 64. Atributos dependientes para el grado de satisfacción del servicio

Atributos Dependientes				
Servicio	Costo	Reputación	Tiempo Respuesta	Tiempo Procesamiento
S1	-0.0206	0	0	-0.0271
S2	-0.0206	0	0	-0.0271
S3	-0.0206	0	0	-0.0271

Tabla 65. Valores de satisfacción por atributos dependientes

Satisfacción Atributos Dependientes	
Servicio	Grado Satisfacción
S1	0.1398
S2	0.1398
S3	0.1398

$$S = |\alpha(L) + \beta(T) + \gamma(NumP) + \delta(D)|$$

$\alpha = 1.0$ (Latencia)
 $\beta = 1.0$ (Throughput)
 $\gamma = 3.0$ (Num. Peticiones)
 $\delta = 5.0$ (Disponibilidad)

Tabla 66. Atributos independientes para el grado de satisfacción del servicio

Atributos Independientes				
Servicio	Grado Disponibilidad	Número de Peticiones	Latencia	Throughput
S1	0.0102	-0.3333	0	0.33
S2	0.0103	-0.3333	-1	0.33
S3	0	0	0	0.0

Tabla 67. Valores de satisfacción por atributos independientes

Satisfacción Atributos Independientes	
Servicio	Grado Satisfacción
S1	0.7789
S2	1.7784
S3	0.2500

La Figura 36 y Figura 37, muestran el resultado generado por el simulador *WorkflowSim* y el MODS en la prueba **MOD-01-03.3.2.2**, al ejecutar un ambiente simulado con sobrecarga en las máquinas virtuales.

Job ID	Task ID	STATUS	OUTPUT	Data	center ID	VM ID	Time	Start Time	Finish Time	Depth	Cost
100	Stage-in	SUCCESS		2	0	0	0,11	0,1	0,21	0	6,73
1	2,			2	0	0	13,39	0,21	13,6	1	41,37
4	5,			2	1	1	13,44	0,21	13,65	1	41,52
14	15,			2	2	2	13,5	0,21	13,71	1	41,7
6	7,			2	3	3	13,53	0,21	13,74	1	41,79
3	4,			2	4	4	13,58	0,21	13,79	1	41,94
13	14,			2	5	5	13,64	0,21	13,85	1	42,12
2	3,			2	6	6	13,7	0,21	13,91	1	42,3
10	11,			2	7	7	13,83	0,21	14,04	1	42,69
5	6,			2	8	8	13,85	0,21	14,06	1	42,75
15	16,			2	9	9	13,88	0,21	14,09	1	42,84
12	13,			2	10	10	13,9	0,21	14,11	1	42,9
7	8,			2	12	12	13,93	0,21	14,14	1	42,99
8	9,			2	11	11	13,93	0,21	14,14	1	42,99
9	10,			2	13	13	13,98	0,21	14,19	1	43,14
11	12,			2	14	14	14,09	0,21	14,3	1	43,47
0	1,			2	15	15	14,13	0,21	14,34	1	43,59
72	73,			2	18	18	11,34	13,85	25,2	2	34,83
51	52,			2	12	12	11,1	14,14	25,24	2	34,11
59	60,			2	25	25	11,31	14,04	25,35	2	34,74
40	41,			2	0	0	11,65	13,74	25,39	2	36,54
66	67,			2	38	38	11,28	14,11	25,39	2	34,62
39	40,			2	2	2	11,69	13,74	25,43	2	36,67
22	23,			2	1	1	11,69	13,74	25,43	2	36,67
37	38,			2	4	4	11,67	13,85	25,52	2	36,62
35	36,			2	6	6	11,66	13,91	25,57	2	36,58
21	22,			2	3	3	11,78	13,79	25,57	2	36,94
33	34,			2	5	5	11,72	13,85	25,57	2	36,76
43	44,			2	7	7	11,53	14,04	25,57	2	36,19
38	39,			2	8	8	11,52	14,06	25,58	2	36,17
68	69,			2	16	16	11,73	13,85	25,58	2	36,8
55	56,			2	21	21	11,58	14,04	25,62	2	36,35
56	57,			2	22	22	11,59	14,04	25,63	2	36,38
27	28,			2	17	17	11,78	13,85	25,63	2	36,95
71	72,			2	10	10	11,54	14,11	25,65	2	36,22
60	61,			2	23	23	11,61	14,04	25,65	2	36,43
57	58,			2	26	26	11,62	14,06	25,68	2	36,45
74	75,			2	9	9	11,6	14,09	25,69	2	36,4
32	33,			2	32	32	11,6	14,11	25,71	2	36,4
34	35,			2	28	28	11,64	14,09	25,73	2	36,52
44	45,			2	33	33	11,65	14,11	25,76	2	36,54
29	30,			2	19	19	11,86	13,91	25,77	2	37,19
28	29,			2	29	29	11,68	14,09	25,77	2	36,65
61	62,			2	24	24	11,75	14,04	25,79	2	36,84
67	68,			2	34	34	11,69	14,11	25,8	2	36,67
31	32,			2	11	11	11,66	14,14	25,8	2	36,58
63	64,			2	15	15	11,46	14,34	25,8	2	35,98
65	66,			2	35	35	11,71	14,11	25,82	2	36,73
69	70,			2	27	27	11,78	14,06	25,84	2	36,93
47	48,			2	39	39	11,7	14,14	25,84	2	36,69
73	74,			2	30	30	11,76	14,09	25,85	2	36,88
77	78,			2	31	31	11,76	14,09	25,85	2	36,88
42	43,			2	14	14	11,57	14,3	25,87	2	36,3
26	27,			2	36	36	11,78	14,11	25,89	2	36,95
59	59,			2	13	13	11,7	14,19	25,89	2	36,71
36	37,			2	37	37	11,78	14,11	25,89	2	36,95
30	31,			2	20	20	12,02	13,91	25,93	2	37,65
54	55,			2	1	1	11,11	25,43	36,55	2	34,14
20	21,			2	18	18	11,56	25,2	36,76	2	36,29
62	63,			2	12	12	11,57	25,24	36,81	2	36,31
76	77,			2	25	25	11,58	25,35	36,93	2	36,34
48	49,			2	0	0	11,59	25,39	36,97	2	36,36
53	54,			2	38	38	11,7	25,39	37,08	2	36,69
45	46,			2	2	2	11,67	25,43	37,1	2	36,6
16	17,			2	4	4	11,68	25,52	37,21	2	36,65
18	19,			2	5	5	11,69	25,57	37,26	2	36,67
17	18,			2	6	6	11,71	25,57	37,28	2	36,73
25	26,			2	3	3	11,71	25,57	37,28	2	36,73
24	25,			2	7	7	11,72	25,57	37,29	2	36,77
75	76,			2	8	8	11,72	25,58	37,3	2	36,76
46	47,			2	16	16	11,73	25,58	37,32	2	36,8
19	20,			2	17	17	11,75	25,63	37,38	2	36,84
64	65,			2	21	21	11,76	25,62	37,38	2	36,87
50	51,			2	22	22	11,77	25,63	37,4	2	36,91
52	53,			2	10	10	11,78	25,65	37,43	2	36,93
49	50,			2	23	23	11,8	25,65	37,45	2	36,99
23	24,			2	26	26	11,86	25,68	37,54	2	37,17
70	71,			2	32	32	11,88	25,71	37,59	2	37,23
41	42,			2	9	9	11,9	25,69	37,59	2	37,29
78	79,			2	0	0	4,97	37,59	42,56	3	14,92
79	80,			2	0	0	5,34	42,56	47,9	4	16,02
85	86,			2	0	0	11,04	47,9	58,95	5	34,73
82	83,			2	1	1	11,16	47,9	59,07	5	35,09
84	85,			2	2	2	11,21	47,9	59,11	5	35,24
93	94,			2	4	4	11,24	47,9	59,15	5	35,33
91	92,			2	3	3	11,27	47,9	59,18	5	35,42
88	89,			2	5	5	11,27	47,9	59,18	5	35,42
83	84,			2	6	6	11,29	47,9	59,2	5	35,48
90	91,			2	8	8	11,29	47,9	59,2	5	35,48
94	95,			2	7	7	11,29	47,9	59,2	5	35,48
87	88,			2	10	10	11,32	47,9	59,22	5	35,57
92	93,			2	9	9	11,32	47,9	59,22	5	35,57
95	96,			2	11	11	11,33	47,9	59,23	5	35,6
89	90,			2	12	12	11,41	47,9	59,32	5	35,84
80	81,			2	13	13	11,44	47,9	59,34	5	35,93
86	87,			2	14	14	11,46	47,9	59,37	5	35,99
81	82,			2	15	15	11,52	47,9	59,43	5	36,17
96	97,			2	0	0	16,52	59,43	75,94	6	62,35
97	98,			2	0	0	9,6	75,94	85,54	7	42,6
98	99,			2	0	0	16,17	85,54	101,71	8	62,5
99	100,			2	0	0	1,02	101,71	102,72	9	3,25

Figura 36. Resultado de WorkflowSim con sobrecarga sin fallas

1				2		
Servicio	IdJob	IdVM	Estatus			
mProjectPP	1	0		mDiffFit	32	32
mProjectPP	4	1		mDiffFit	34	28
mProjectPP	14	2		mDiffFit	44	33
mProjectPP	6	3		mDiffFit	29	19
mProjectPP	3	4		mDiffFit	28	29
mProjectPP	13	5		mDiffFit	61	24
mProjectPP	2	6		mDiffFit	67	32
mProjectPP	10	7		mDiffFit	31	11
mProjectPP	5	8		mDiffFit	63	15
mProjectPP	15	9		mDiffFit	65	35
mProjectPP	12	10		mDiffFit	69	27
mProjectPP	7	12		mDiffFit	47	39
mProjectPP	8	11		mDiffFit	73	30
mProjectPP	9	13		mDiffFit	77	31
mProjectPP	11	14		mDiffFit	42	14
mProjectPP	0	15		mDiffFit	26	36
mDiffFit	72	18		mDiffFit	58	13
mDiffFit	51	12		mDiffFit	36	37
mDiffFit	59	25		mDiffFit	30	20
mDiffFit	40	0		mDiffFit	54	1
mDiffFit	66	38		mDiffFit	20	18
mDiffFit	39	2		mDiffFit	62	12
mDiffFit	22	3		mDiffFit	76	25
mDiffFit	37	4		mDiffFit	48	0
mDiffFit	35	6		mDiffFit	53	38
mDiffFit	21	3		mDiffFit	45	2
mDiffFit	33	5		mDiffFit	16	4
mDiffFit	43	7		mDiffFit	18	5
mDiffFit	38	8		mDiffFit	17	6
mDiffFit	68	16		mDiffFit	25	3
mDiffFit	55	21		mDiffFit	24	7
mDiffFit	56	22		mDiffFit	75	8
mDiffFit	27	17		mDiffFit	46	16
mDiffFit	71	10		mDiffFit	19	17
mDiffFit	60	23		mDiffFit	64	21
mDiffFit	57	26		mDiffFit	50	22
mDiffFit	74	9		mDiffFit	52	10
mDiffFit	32	32		mDiffFit	49	23
				mDiffFit	23	26
				mDiffFit	70	32
				mDiffFit	41	9

3			
mConcatFit	78	0	
mBgModel	79	0	
mBackground	85	0	
mBackground	82	1	
mBackground	84	2	
mBackground	93	4	
mBackground	91	3	
mBackground	88	5	
mBackground	83	6	
mBackground	90	8	
mBackground	94	7	
mBackground	87	10	
mBackground	92	9	
mBackground	95	11	
mBackground	89	12	
mBackground	80	13	
mBackground	86	14	
mBackground	81	15	
mImgTbl	96	0	
mAdd	97	0	
mShrink	98	0	
mJPEG	99	0	

Figura 37. Listado generado por el MODS para el ambiente con sobrecarga sin fallas

Se muestran a continuación la precisión encontrada en las 9 entradas restantes para este caso de prueba, las cuales determinan el grafico presentado en la Figura 28.

Tabla 68. Índice de precisión prueba 2

No. Prueba	Prueba	Índice de Precisión
------------	--------	---------------------

2	MOD-01-03.3.2.2	Caso para servicios atómicos aceptados:	
		WorkflowSim=100	MODS=100
		$P= 100/100=1$	

Tabla 69. Índice de precisión prueba 3

No. Prueba	Prueba	Índice de Precisión	
3	MOD-01-03.3.2.3	Caso para servicios atómicos aceptados:	
		WorkflowSim=78	MODS=78
		$P= 78/78=1$	
		Caso para servicios atómicos fallidos:	
		WorkflowSim=22	MODS=22
$P= 22/22=1$			

Tabla 70. Índice de precisión prueba 4

No. Prueba	Prueba	Índice de Precisión	
4	MOD-01-03.3.2.4	Caso para servicios atómicos aceptados:	
		WorkflowSim=84	MODS=84
		$P= 84/84=1$	
		Caso para servicios atómicos fallidos:	
		WorkflowSim=16	MODS=16
$P= 16/16=1$			

Tabla 71. Índice de precisión prueba 5

No. Prueba	Prueba	Índice de Precisión	
5	MOD-01-03.3.2.5	Caso para servicios atómicos aceptados:	
		WorkflowSim=98	MODS=98
		$P= 98/98=1$	
		Caso para servicios atómicos fallidos:	
		WorkflowSim=2	MODS=2
$P= 2/2=1$			

Tabla 72. Índice de precisión prueba 6

No. Prueba	Prueba	Índice de Precisión	
6	MOD-01-03.3.2.6	Caso para servicios atómicos aceptados:	
		WorkflowSim=77	MODS=77
		$P= 77/77=1$	
		Caso para servicios atómicos fallidos:	
		WorkflowSim=23	MODS=23
$P= 23/23=1$			

Tabla 73. Índice de precisión prueba 7

No. Prueba	Prueba	Índice de Precisión	
7	MOD-01-03.3.2.7	Caso para servicios atómicos aceptados:	
		WorkflowSim=99	MODS=99
		$P= 99/99=1$	

		Caso para servicios atómicos fallidos:
		WorkflowSim=1 MODS=1
		P= 1/1=1

Tabla 74. Índice de precisión prueba 8

No. Prueba	Prueba	Índice de Precisión
8	MOD-01-03.3.2.8	Caso para servicios atómicos aceptados:
		WorkflowSim=61 MODS=61
		P= 61/61=1
		Caso para servicios atómicos fallidos:
		WorkflowSim=39 MODS=39
		P= 39/39=1

Tabla 75. Índice de precisión prueba 9

No. Prueba	Prueba	Índice de Precisión
9	MOD-01-03.3.2.9	Caso para m servicios atómicos aceptados:
		WorkflowSim=83 MODS=83
		P= 83/83=1
		Caso para servicios atómicos fallidos:
		WorkflowSim=17 MODS=17
		P= 17/17=1

Tabla 76. Índice de precisión prueba 10

No. Prueba	Prueba	Índice de Precisión
10	MOD-01-03.3.2.10	Caso para servicios atómicos aceptados:
		WorkflowSim=98 MODS=98
		P= 98/98=1
		Caso para servicios atómicos fallidos:
		WorkflowSim=2 MODS=2
		P= 2/2=1

Salida de Datos para Caso de Prueba MOD-01-03.4

Datos de valores dependientes e independientes

Se presentan a continuación, en la Tabla 77, los datos relacionados con los atributos estáticos y dinámicos que permitieron la definición de servicio disponible de la lista presentada en la Figura 37.

Tabla 77. Resultados del caso de prueba MOD-01-03.4

SERVICIO	IDJOB	IDVM	
mDiffFit	51	12	
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$34.11	8	13.84	11.5932
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.900394	5	0	0.3612
SERVICIO	IDJOB	IDVM	

mDiffFit		59	25
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$34.11	10	11.59	11.6212
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.80273	3	0	0.2588
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		40	0
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.54	8	11.65	11.4235
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
1.000	12	0	1.030
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		66	38
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$34.62	9	11.28	25.3902
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.88002	3	0	0.2659
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		39	2
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.67	8	11.69	25.4312
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.87273	5	1	0.4277
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		22	3
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.67	8	11.69	25.4312
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.97273	5	0	0.4277
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		37	4
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.62	8	11.67	25.5202
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.90203	5	0	0.4277
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		35	6
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.62	8	11.67	36.6200
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)

0.99311	5	0	0.4277
SERVICIO		IDJOB	
mDiffFit		21	
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.94	8	11.78	25.5760
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.95081	5	0	0.4244
SERVICIO		IDJOB	
mDiffFit		33	
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.76	8	11.72	36.7600
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.93051	5	0	0.4266
SERVICIO		IDJOB	
mDiffFit		43	
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.76	8	11.72	36.1910
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.89001	5	0	0.4266
SERVICIO		IDJOB	
mDiffFit		38	
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.76	8	11.72	36.1700
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.88531	5	0	0.4266
SERVICIO		IDJOB	
mDiffFit		68	
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.8	8	11.73	25.580
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.89731	3	0	0.2557
SERVICIO		IDJOB	
mDiffFit		55	
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.35	8	11.58	25.6201
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.87981	3	0	0.2590
SERVICIO		IDJOB	
mDiffFit		56	
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.38	8	11.59	25.6300

Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.89991	2	0	0.1725
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		27	17
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.95	8	11.78	25.6300
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.97921	2	0	0.1697
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		71	10
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.22	8	11.54	25.6300
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.93251	2	0	0.1733
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		60	23
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.43	8	11.61	25.6500
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.96701	2	0	0.1722
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		57	26
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.45	8	11.62	25.6800
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.93009	2	0	0.1721
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		74	9
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.4	8	11.60	25.6900
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.90001	4	0	0.3448
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		32	32
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.4	8	11.60	25.6900
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.88996	2	0	0.1724
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		34	28
Atributos Dependientes			

Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.52	8	11.64	25.7300
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.98302	3	0	0.2577
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		44	33
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.54	8	11.65	25.7600
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.96438	3	0	0.2575
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		29	19
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$37.19	8	11.86	25.7700
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.95322	3	0	0.2529
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		28	29
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.65	8	11.68	25.7700
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.89992	3	0	0.2568
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		61	24
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.84	8	11.75	25.7900
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.91692	3	0	0.2553
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		67	32
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.67	8	11.69	25.800
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.97432	2	0	0.1710
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		31	11
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.58	8	11.66	25.800
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.86592	5	0	0.4288
SERVICIO		IDJOB	IDVM

mDiffFit		63	15
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.98	8	11.46	25.800
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.84846	5	0	0.4363
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		65	35
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.73	8	11.71	25.820
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.939476	3	0	0.2561
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		69	27
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.93	8	11.78	25.840
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.96696	2	0	0.1697
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		47	39
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.69	8	11.70	25.840
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.98606	2	0	0.1709
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		73	30
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.88	8	11.76	25.850
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.99005	2	0	0.1700
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		77	31
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.88	8	11.76	25.850
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.99100	2	0	0.1700
SERVICIO		IDJOB	IDVM
mDiffFit		42	14
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.30	8	11.57	25.87
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)

0.89722	4	0	0.3457
SERVICIO		IDJOB	
mDiffFit		26	
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.95	8	11.78	25.89
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.93790	2	0	0.1697
SERVICIO		IDJOB	
mDiffFit		58	
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.71	8	11.70	25.89
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.95570	3	0	0.2564
SERVICIO		IDJOB	
mDiffFit		36	
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$36.95	8	11.78	25.89
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.97761	2	0	0.1697
SERVICIO		IDJOB	
mDiffFit		30	
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$37.65	8	12.02	25.93
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.97851	2	0	0.1663
SERVICIO		IDJOB	
mAdd		97	
Atributos Dependientes			
Costo	Reputación	Tiempo de Respuesta	Tiempo de Procesamiento
\$42.60	8	9.60	85.54
Atributos Independientes			
Grado Disponibilidad	Num. Peticiones	Latencia(ms)	Throughput(mbps)
0.82304	12	0	1.25