



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LOJA**



Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

“Agentes inteligentes para la gestión de recursos digitales de aprendizaje”

Tesis de Grado previa a la Obtención del Título de Ingeniero en Sistemas

Autor:

- Alex Rubén Condoy Carrión

Director y Tutor Académico:

- Ing. Luis Antonio Chamba Eras. PhD.

LOJA - ECUADOR

2019

Certificación

Ing. Luis Antonio Chamba Eras. PhD.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que el egresado **Alex Rubén Condoy Carrión** autor de la Tesis de Grado, “**AGENTES INTELIGENTES PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS DIGITALES DE APRENDIZAJE**”, ha sido dirigido, orientado y discutido bajo mi asesoramiento y reúne a satisfacción los requisitos exigidos a una investigación de tercer nivel (exploratoria y descriptiva), por lo cual autorizo su presentación y sustentación.

Loja, 13 de septiembre del 2019



Ing. Luis Antonio Chamba Eras

DIRECTOR DE TESIS

Autoría

Yo, **Alex Rubén Condoy Carrión** declaro ser autor de la presente Tesis de Grado y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de la Tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula: 1105876328

Fecha: 13 de septiembre del 2019

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LA TESIS DE GRADO POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **Alex Rubén Condoy Carrión**, declaro ser autor de la Tesis titulada: **AGENTES INTELIGENTES PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS DIGITALES DE APRENDIZAJE**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN SISTEMAS**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los cuatro días del mes de diciembre del 2019.



Firma:

Autor: Alex Rubén Condoy Carrión

Cédula: 1105876328

Dirección: Loja, (Cdma, Colinas del Pucará).

Correo electrónico: arcondoyc@unl.edu.ec

Teléfono: 2103343 **Celular:** 0993863155

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Luis Antonio Chamba Eras. PhD.

Tribunal de Grado: Ing. Pablo Fernando Ordóñez, Mg.Sc.

Ing. Oscar Miguel Cumbicus Pineda, Mg.Sc.

Ing. Marlon Santiago Viñan Ludeña, Mg.Sc.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres Raúl Condoy y Lucy Carrión, por todo el apoyo, esfuerzo, y sacrificio que han realizado para verme terminar mi carrera de ingeniero; este triunfo es mío y de ustedes.

Dedico también a todas las personas que de una u otra manera me han brindado sus consejos, apoyo, y palabras de aliento durante este largo camino de estudios.

Y finalmente... a mí, por todo el esfuerzo y sacrificio realizado durante estos años; un recordatorio de que todo lo que se consigue con esfuerzo trae una mayor satisfacción, y que nada es imposible si decidimos obtenerlo.

Alex Rubén Condoy Carrión.

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios, porque sin él no podría haber llegado tan lejos, ha sido, y será el que acompañe siempre mi camino.

De corazón agradezco a mis padres, que salieron de un hogar humilde sin lujos ni comodidades, y se han esforzado por formar a un ser humano de bien.

Un agradecimiento especial para toda mi familia; que, aunque no han estado todo el tiempo a mi lado, siempre me han brindado sus palabras de aliento, y apoyo incondicional a la distancia.

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja, a la Carrera de Ingeniería en Sistemas, y a todos sus docentes que a lo largo de estos cinco años me han sabido brindar sus conocimientos. De manera especial al Ing. Luis Chamba por haberme guiado durante el desarrollo de este Trabajo de Titulación, gracias por su tiempo y paciencia.

Finalmente, un agradecimiento a mis compañeros y amigos; el recorrido de este camino habría sido mucho más difícil sin sus bromas y risas, gracias por el apoyo y la compañía durante estos años.

Alex Rubén Condoy Carrión.

Tabla de Contenidos

Índice General

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
TABLA DE CONTENIDOS	VII
Índice General.....	VII
Índice de Figuras.....	XI
Índice de Tablas.....	XIII
1. TÍTULO	1
2. RESUMEN	2
2.1. SUMMARY	3
3. INTRODUCCIÓN	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1. Objetos de Aprendizaje (OAs)	6
4.1.1 Reseña Histórica	6
4.1.2 Definición.....	7
4.1.3 Estándar de metadatos IEEE-LOM.....	7
4.1.4 Representación ontológica de los metadatos.....	9
4.1.4.1 Ontología.....	9
4.1.4.2 Lenguaje de representación	10
4.1.5 Repositorio de Objetos de Aprendizaje.....	10
4.1.5.1 Repositorio ViSH	11
4.2. Inteligencia Artificial	12
4.2.1 Inteligencia Artificial en la educación	12
4.2.2 Agentes inteligentes	13
4.2.2.1 Arquitecturas de Agentes	14
4.2.2.2 Metodología de desarrollo de Agentes	14
4.2.2.3 Framework para Desarrollo de Agentes.....	15
4.3. Perfil Inteligente.....	15
4.3.1 Inteligencias Múltiples.....	16
4.3.2 Estilos de Aprendizaje	16

4.4.	Salón de Clases Inteligente (SaCI)	17
4.4.1	Middleware usado en un SaCI.....	17
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
5.1.	Contexto	19
5.2.	Proceso	20
5.3.	Recursos	21
5.3.1	Métodos Científicos	21
5.3.2	Recursos Técnicos	22
5.3.3	Recursos Éticos.....	23
5.3.4	Recursos Académicos	23
5.4.	Participantes.....	24
6.	RESULTADOS	25
6.1.	OBJETIVO I: Diseñar una arquitectura de sistemas multiagente que defina el proceso de búsqueda y recomendación de recursos digitales de aprendizaje.....	25
6.1.1	Trabajos Relacionados	25
6.1.2	Selección de los Repositorios de Objetos de Aprendizaje	27
6.1.3	Analizar las metodologías para el desarrollo del SMA	31
6.1.3.1	Selección de la metodología para el desarrollo del SMA	33
6.1.4	Selección de la herramienta para el desarrollo del SMA	33
6.1.5	Análisis y selección de la metodología para desarrollo de ontologías....	34
6.1.6	Análisis y selección de la herramienta para el desarrollo de la ontología.....	35
6.1.7	Diseño del Perfil Inteligente del Estudiante.....	36
6.1.7.1	Estilos de Aprendizaje	36
6.1.7.2	Inteligencias Múltiples.....	37
6.1.7.3	Perfil Inteligente.....	37
6.1.8	Representación Ontológica de los Elementos.....	38
6.1.9	Diseño de la Arquitectura Multiagente	41
6.1.9.1	Conceptualización del SMA.....	41
6.1.9.2	Diseño del SMA.....	43
6.2.	OBJETIVO II: Implementar la arquitectura de sistema multiagente en una interfaz	47
6.2.1	Agente Gestor de Repositorio (AGR).....	48
6.2.2	Agente Interfaz	51
6.2.3	Agente Buscador	53
6.2.4	Agente Perfil del Estudiante.....	56
6.2.5	Agente Coordinador.....	57

6.2.6	Interfaz de Usuario	58
6.2.7	Ejecución de los Agentes	61
6.2.7.1	Plataforma	61
6.2.7.2	Envío de mensajes	61
6.3.	OBJETIVO III: Evaluar la arquitectura de sistema multiagente en un escenario real	63
6.3.1	Pruebas de Ontología.....	63
6.3.1.1	Verificación de errores más comunes.....	63
6.3.1.2	Verificación del cumplimiento de los requerimientos.....	64
6.3.1.3	Conclusiones de pruebas de Ontología	67
6.3.2	Pruebas de Técnicas	67
6.3.2.1	Herramienta.....	68
6.3.2.2	Pruebas de Carga	69
6.3.2.3	Pruebas de rendimiento.....	72
6.3.2.4	Pruebas de estrés	74
6.3.3	Verificación con usuarios.....	76
7.	DISCUSIÓN	79
7.1.	Desarrollo de la propuesta alternativa.....	79
7.1.1	Diseñar una arquitectura de sistema multiagente que defina el proceso de búsqueda y recomendación de recursos digitales de aprendizaje.	79
7.1.2	Implementar la arquitectura de sistema multiagente en una interfaz.....	80
7.1.3	Evaluar la arquitectura de sistema multiagente en un escenario real.....	81
7.2.	Valoración técnica, económica, ambiental y científica	82
7.2.1	Valoración Técnica	82
7.2.2	Valoración económica	83
7.2.3	Valoración científica.....	84
7.2.4	Valoración ambiental	85
8.	CONCLUSIONES	86
8.1.	Aportaciones Principales	86
8.2.	Otras aportaciones	87
9.	RECOMENDACIONES	89
9.1.	Trabajos Futuros	90
10.	BIBLIOGRAFÍA	91
11.	ANEXOS	98
	Anexo 1: Revisión sistemática de literatura	98
	Anexo 2: Desarrollo de la Ontología.....	116

Anexo 3: Análisis de requerimientos y diseño preliminar	128
Anexo 4: Diseño de la Arquitectura	139
Anexo 5: Casos de prueba y ejecución de ontología	155
Anexo 6: Test de VARK y Gardner	162
Anexo 7: Pruebas de carga del SMA.....	169
Anexo 8: Desarrollo de la Experimentación	177
Anexo 9: Desarrollo de la encuesta.....	188
Anexo 10: Cuestionario de Encuesta	197

Índice de Figuras

Figura 1. Estándar IEEE-LOM.	8
Figura 3. Web actual vs Web semántica.	9
Figura 4. Plataforma ViSH.	11
Figura 5. Ejemplo de consulta mediante ViSh Search API.	12
Figura 6. Arquitectura reactiva.	14
Figura 6. Inteligencias múltiples.	16
Figura 7. Middleware usado en un SaCI.	18
Figura 8. Pasos de método triangular.	22
Figura 9. Perfil Inteligente del Estudiante.	38
Figura 10. Proceso de desarrollo Methontology. Adaptado de [57].	39
Figura 11. Taxonomía de la ontología.	40
Figura 12. Diagrama de casos de uso	41
Figura 13. Simbología para el modelado de agentes.	42
Figura 14. Agente Interfaz.	43
Figura 15. Objetivos y Tareas Agente Perfil del Estudiante.	44
Figura 16. Diagrama de comunicación para recomendación de OAs.	44
Figura 17. Interacción Agente Interfaz – Buscador.	45
Figura 18. Entorno de Repositorios.	45
Figura 19. Arquitectura sistema SMA.	46
Figura 19. URL para conexión con repositorio.	48
Figura 21. Diagrama de flujo del comportamiento AGR.	49
Figura 22. Diagrama de flujo de para descargar metadatos de Rigths.	50
Figura 23. Ejemplo de tripletas en ontología.	50
Figura 24. Clase Mensaje.	51
Figura 25. Ejecución del agente interfaz (GatewayAgent).	52
Figura 26. Parámetros FIPA ACL Mensaje.	53
Figura 27. Diagrama de flujo para recibir un mensaje.	53
Figura 28. Diagrama de flujo de la búsqueda avanzada.	55
Figura 29. Diagrama de flujo de la operación del agente perfil del estudiante.	56
Figura 30. Diagrama del método GetInteligencias.	57
Figura 31. Diagrama de flujo del Agente Coordinador.	58
Figura 32. Búsqueda avanzada de OAs.	59
Figura 33. Interfaz test de Gardner.	59
Figura 34. Ejemplo de búsqueda para la cadena html.	60

Figura 35. Objeto de aprendizaje y su información.	60
Figura 36. Objetos recomendados para potenciar IM.....	61
Figura 37. Interfaz gráfica JADE.	62
Figura 38. Captura de mensajes de agente sniffer.....	62
Figura 39. Verificación del caso CPO1.	66
Figura 40. Verificación del caso CPO7.	66
Figura 41. Arquitectura de despliegue.	68
Figura 42. Configuración de Thread Group para P-ES2.....	70
Figura 43. Gráfica de resultados escenario 1 (P-ES1).	71
Figura 44. Gráfica de resultados escenario 1 (P-ES2).	71
Figura 45. Gráfica de resultados prueba de rendimiento PR1.....	73
Figura 46. Gráfica de resultado prueba de rendimiento PR2.....	73
Figura 47. Gráfica de resultado prueba de rendimiento PR3.....	74
Figura 48. Gráfica de resultado prueba de estrés PE1.....	75
Figura 49. Gráfica de resultado prueba de estrés PE2.....	75
Figura 50. Resultados de la facilidad de uso.....	77
Figura 51. Resultados de la aceptación del sistema.	78

Índice de Tablas

TABLA I. TRABAJOS RELACIONADOS.....	26
TABLA II. PESOS PARA CARACTERÍSTICAS DE OAS.....	27
TABLA III. COMPARACIÓN DE REPOSITORIOS DE OAS.....	28
TABLA IV. REPOSITORIOS DE OBJETOS DE APRENDIZAJE.....	29
TABLA V. METODOLOGÍAS PARA DESARROLLO DE SMA.....	32
TABLA VI. AGENTES Y REAS.....	42
TABLA VII. CLASES DEL SMA Y SUS MÉTODOS.....	47
TABLA VIII. OPERACIONES DEL AGENTE INTERFAZ.....	52
TABLA IX. OBJETOS DE APRENDIZAJE RECOMENDADOS PARA VARK.....	54
TABLA X. PALABRAS CLAVE PARA INTELIGENCIAS MÚLTIPLES.....	55
TABLA XI. VERIFICACIÓN DE ERRORES COMUNES EN ONTOLOGÍAS.....	63
TABLA XII. CASO DE PRUEBA DE ONTOLOGÍA 1 (CPO1).....	65
TABLA XIII. CASO DE PRUEBA DE ONTOLOGÍA 7 (CPO7).....	65
TABLA XIV. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE IMPLEMENTACIÓN.....	67
TABLA XV. CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	69
TABLA XVI. RESULTADOS TOTALES ESCENARIO 1 (P-ES1).....	70
TABLA XVII. RESULTADOS TOTALES ESCENARIO 1 (P-ES2).....	71
TABLA XVIII. RESULTADOS GENERALES DE PRUEBAS DE CARGA.....	72
TABLA XIX. CONFIGURACIÓN DE PRUEBAS DE RENDIMIENTO.....	72
TABLA XX. RESULTADOS PRUEBA DE RENDIMIENTO PR1.....	73
TABLA XXI. RESULTADOS PRUEBA DE RENDIMIENTO PR2.....	73
TABLA XXII. RESULTADOS PRUEBA DE RENDIMIENTO PR3.....	74
TABLA XXIII. RESULTADOS PRUEBA DE ESTRÉS 1.....	75
TABLA XXIV. RESULTADOS PRUEBA DE ESTRÉS 2.....	75
TABLA XXV. RECURSOS HUMANOS.....	83
TABLA XXVI. SERVICIOS Y RECURSOS MATERIALES.....	83
TABLA XXVII. RECURSOS TECNOLÓGICOS.....	84
TABLA XXVIII. COSTO TOTAL APROXIMADO DEL PROYECTO.....	84

1. Título

“Agentes Inteligentes para la Gestión de Recursos Digitales de Aprendizaje”

2. Resumen

Si bien los avances tecnológicos han implicado cambios en el paradigma educativo como el acceso masivo a la información, educación virtual, entornos virtuales de aprendizaje, entre otros; aún persiste un modelo tradicional en donde el maestro es el único encargado de preparar las temáticas, recursos y métodos de enseñanza; pero no todos los estudiantes aprenderán de la misma manera, es por ello que resulta oportuno plantear una alternativa que involucre más al estudiante en dicho proceso, tomando en cuenta que estos poseen inteligencias emocionales, inteligencias múltiples y diferentes estilos de aprendizaje. El objetivo del presente Trabajo de Titulación (TT) es implementar una arquitectura de sistemas multiagentes (prototipo), para la gestión de recursos digitales de aprendizaje (objetos de aprendizaje); con este fin la pregunta de investigación es: ¿Cómo influye la implementación de agentes inteligentes, en la gestión de recursos digitales de aprendizaje, de acuerdo con el perfil inteligente de cada estudiante (estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples)? El TT se ejecutó en tres fases, en la primera, por medio de una Revisión Sistemática de Literatura (RSL) se identificó las herramientas y metodologías para sistemas multiagentes (SMA): INGENIAS para el desarrollo del SMA, Methontology para la elaboración de la ontología (gestión de metadatos), y JADE para la implementación de la arquitectura del SMA. Como segunda fase se procedió con el desarrollo de un prototipo del SMA, que recomienda objetos de aprendizaje (OAs) en base al perfil de cada usuario, estos OAs son consultados desde los repositorios ROA-CEDIA, ViSH, EducaInternet, y gestionados por la arquitectura de SMA, conformada por: un agente interfaz, agente buscador, agente gestor de repositorios, agente coordinador y el agente perfil del estudiante. En la tercera fase, el prototipo fue implementado en un servidor Web para la evaluación de arquitectura; primero se realizó pruebas técnicas, y pruebas de ontología a través de JMeter y el método triangular respectivamente; posteriormente se llevó a cabo una experimentación académica, en la cual participaron estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Nacional de Loja, verificando que la facilidad de uso y aceptación del sistema son bastante apropiadas. Concluyendo que la gestión de recursos digitales de aprendizaje (OAS) mediante un SMA, puede influir positivamente al vincularlo a un salón de clases inteligente en las tareas de gestión de recursos en base a las preferencias de los usuarios, por ejemplo.

2.1. Summary

Although technological advances have implied changes in the educational paradigm, such as mass access to information, virtual education, virtual learning environments, among others; there is still a traditional model where the teacher is the only one in charge of preparing the topics, resources and teaching methods; But not all the students will learn in the same way, and that is why it is appropriate to propose an alternative method that involves the student more in this process, taking into account that they have emotional intelligences, multiple intelligences and different learning styles. The goal of this work is to implement an architecture of multi-agent system (prototype), for the management of digital learning resources (learning objects); Aiming to this, the research question is: How does the implementation of smart agents influence the management of digital learning resources, according to the intelligence profile of each student (learning styles and multiple intelligences)? The present final project (TT) was executed in three phases. The first one, through a systematic literature review (SLR) the tools and methodologies for multi-agent systems (SMA) were identified: INGENIAS for the development of SMA, Methontology for the development of ontology (metadata management), and JADE for the implementation of the SMA architecture. As a second phase, we developed an SMA prototype, which recommends learning objects (OAs) based on each user's profile, these OAs are consulted from the ROA-CEDIA, ViSH, EducalInternet repositories, and managed by the architecture of the SMA, consisting of: an interface agent, searching agent, repository managing agent, coordinating agent and the student profile agent. In the third phase, the prototype was implemented in a Web server for architecture evaluation; first, technical tests and ontology tests were performed through JMeter and the triangular method respectively; later, an academic experimentation, in which participated the students of the "Carrera de Ingeniería en Sistemas" of the "Universidad Nacional de Loja", verifying that the ease of use and acceptance are quite appropriate. In conclusion, the management of digital learning resources (OAS) through an SMA, can positively influence by linking it to a smart classroom in the tasks of resource management based on user preferences, for instance.

3. Introducción

La investigación de nuevas formas para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), resulta de vital importancia; actualmente la era digital ofrece una lista de opciones para mejorar este proceso, como son los repositorios de objetos de aprendizaje, plataformas virtuales de aprendizaje, entornos de educación inteligentes entre otros. Por ende, muchos estudios se han orientado a la rama de los Ambientes Inteligentes (Aml), que apoyen la formación de los estudiantes. Pero a pesar de lo mencionado, aún persiste un modelo de educación tradicional, en el que los recursos, materiales, y herramientas educativas están dirigidas a todos los estudiantes [1]; sin considerar que cada individuo posee inteligencias múltiples desarrolladas en mayor o menor medida, y diferentes estilos de aprendizaje (perfil inteligente); y por lo tanto aprenderán de diferentes maneras.

Con la llegada de la Industria 4.0 a la educación, nace también el concepto de e-learning, o aprendizaje electrónico, su principal meta es apoyar el proceso de enseñanza aprendizaje de los individuos mediante las TIC, pero para lograr este objetivo se requiere combinar una serie de tecnologías, un claro ejemplo es el Salón de Clase Inteligente (SaCI), un área que incorpora dispositivos y software, tales como tableros inteligentes, entornos virtuales de aprendizaje (VLE), sistemas inteligentes de tutoría (ITS), entre otros [2]; que ayudan al proceso de enseñanza-aprendizaje, y que más específicamente cumplen la función de adaptar el curso y sus contenidos a las necesidades, capacidades e inteligencias múltiples de los estudiante [3].

Por lo expuesto, resulta oportuno diseñar una alternativa al salón de clase tradicional, que permita aprovechar los recursos TIC que están a disposición de manera libre y apoye el proceso educativo de los estudiantes. En base a ello, se plantea el presente Trabajo de Titulación (TT) que aborda el estudio de agentes inteligentes para la gestión de recursos digitales de aprendizaje (objetos de aprendizaje).

El planteamiento de una arquitectura de agentes inteligentes, llamada sistema multiagente (SMA) para la gestión de recursos digitales de aprendizaje, puede beneficiar ampliamente el proceso educativo actual, brindando una alternativa que toma en cuenta aspectos que los métodos tradicionales de enseñanza no lo hacen, tal es el caso del perfil inteligente del estudiante. Resulta oportuno expresar que el TT constituye un proyecto investigativo, con fines académicos, y está bajo las líneas de investigación de: Sistemas Inteligentes, Informática Educativa Inteligente, Hardware y Tecnologías de la

Información, de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Nacional de Loja (CIS-UNL) plan de estudios ajustado 2013; además está bajo la línea investigación y/o desarrollo tecnológico TIC para la educación e inclusión social que impulsa la Secretaría de Educación Superior, Ciencia y Tecnología .

Los objetivos sobre los que se realiza el TT son tres: Diseñar una arquitectura de SMA que defina el proceso de búsqueda y recomendación de recursos digitales de aprendizaje. Implementar la arquitectura de SMA en una interfaz. Y evaluar la arquitectura de SMA en un escenario real. Todos ellos encaminados a cumplir el objetivo general, que consiste en implementar una arquitectura de SMA (prototipo) para la gestión de recursos digitales aprendizaje, con la finalidad de abordar la pregunta de investigación: ¿Cómo influye la implementación de agentes inteligentes, en la gestión de recursos digitales de aprendizaje, de acuerdo con el perfil inteligente de cada estudiante (estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples)?

El TT se realizó en la CIS-UNL, mediante el desarrollo de tres objetivos; el primero de ellos se divide en dos secciones, por un lado se ejecutó una Revisión Sistemática de Literatura (RSL) para dar un sustento científico al TT, y seleccionar las metodologías/herramientas para su desarrollo; y por otra parte, se obtuvo: el perfil inteligente del estudiante, una ontología para gestionar los metadatos y la arquitectura del SMA; en el segundo objetivo se implementó esta arquitectura en una interfaz Web mediante el framework JADE y Java Web, permitiendo al usuario interactuar con el SMA; por otra parte, el tercer objetivo presenta la evaluación del SMA en un ambiente real. Esta investigación es de carácter exploratoria y descriptiva, que utiliza recursos científicos como el método analítico, científico, del experimento, de la encuesta, metodología de Bárbara Kitchenham, estudio de casos, muestreo por conveniencia, y Gestión de proyecto PMBOK; además recursos técnicos como la metodología INGENIAS, Methontology, el framework JADE, OpenLink Virtuoso, Protégé y Apache JENA; recursos académicos como el test de VARK y el test de Gardner; y recursos éticos como el consentimiento informado. Los participantes del TT fueron: los estudiantes de la CIS-UNL en calidad de sujetos de experimentación, el investigador, y el docente tutor.

El proceso investigativo seguido para alcanzar los objetivos, según los lineamientos de la Universidad Nacional de Loja, inicia con una revisión de literatura, posterior a esto se detalla los materiales y métodos utilizados, seguidamente se presentan los resultados, y finalmente se expone las conclusiones y recomendaciones del TT.

4. Revisión de Literatura

La presente sección brinda las bases teóricas que sustentan el TT, así como los conceptos que permiten una mejor comprensión del tema. Se inicia con una reseña histórica y las definiciones de los objetos de aprendizaje en la sección 4.1, posteriormente en la sección 4.2 se presentan los conceptos más relevantes de los agentes inteligentes, seguidamente la sección 4.3 está dedicada a detallar el perfil del estudiante, inteligencias múltiples y estilos de aprendizaje respectivamente, para finalmente en la sección 4.4 presentar los componentes de un salón de clase inteligente (SaCI).

4.1. Objetos de Aprendizaje (OAs)

4.1.1 Reseña Histórica

Hodgins Wayne nombra por primera vez en 1992 el término Objeto de Aprendizaje (OA), asociándolo con bloques de LEGO [4]. Desde entonces no se ha establecido una definición estándar sobre los OA, pero se ha tomado una que abarca la mayoría de ellos: *“cualquier recurso digital que pueda reutilizarse para apoyar el aprendizaje”* [5], de esta manera se puede decir que los OAs son recursos que permiten apoyar el proceso enseñanza-aprendizaje del individuo.

Alrededor del año 2002, David Wiley publica *“The Instructional Use of Learning Objects”* [5], un artículo en el que habla muy a fondo sobre los objetos de aprendizaje, desde su definición hasta los usos que se podría darles. A partir de ahí han ido en auge los estudios y diferentes estándares sobre los mismos.

Posteriormente se empiezan a investigar sobre los objetos de aprendizaje vinculados al e-learning, un claro ejemplo es el estudio [6] denominado *“Los Repositorios de Objetos de Aprendizaje como soporte a un entorno e-learning”*, el cual presenta una amplia visión de cómo se puede integrar los objetos de aprendizaje con el aprendizaje electrónico, *“a través de la comunicación de aplicaciones interoperables y del intercambio de catálogos de metadatos”* [6].

Con el resurgimiento y auge de la inteligencia artificial en los últimos años, algunos estudios pretenden integrar los objetos de aprendizaje y la inteligencia artificial, así mismo las preferencias y necesidades de los estudiantes. Uno de los estudios más tempranos es el de Casali Ana, que en el año 2010 publica el artículo denominado *“Sistema inteligente para la recomendación de objetos de aprendizaje”* [7]. Desde

entonces muchos estudios han ahondado en la vinculación de la inteligencia artificial y los objetos de aprendizaje. Pero estos estudios no se han quedado ahí y han vinculado diversas teorías, principalmente sobre la diversidad de inteligencias y estilos de aprendizaje dentro de sistemas multiagente, cuya función es gestionar objetos de aprendizaje; tal es el caso de [8][9].

De esta manera en el presente TT se pretende reforzar estos conceptos, agregando teorías y tecnologías de actualidad como la Web semántica, los estilos de aprendizaje y las inteligencias múltiples; y cómo puede influir la implementación de agentes inteligentes sobre un SaCI en la gestión de recursos digitales de aprendizaje, de acuerdo con el perfil inteligente de cada estudiante.

4.1.2 Definición

Algunos autores también los llaman recursos digitales de aprendizaje u objetos virtuales educativos (OVA); pero de manera general su definición se establece como recursos digitales que pueden apoyar el proceso de enseñanza aprendizaje, que cumplen ciertas características que se mencionan a continuación, y que permiten obtener el máximo provecho en el aprendizaje: flexibilidad, personalización, modularidad, adaptabilidad, reutilización, durabilidad, un estándar de metadatos, entre otras [4]. Estas características son muy importantes para seleccionar los recursos en la recomendación por parte de los agentes inteligentes; el éxito del SMA dependerá en gran parte de la sugerencia correcta de los OAs para el estudiante.

4.1.3 Estándar de metadatos IEEE-LOM

Los metadatos nacen con la necesidad de describir el contenido, significado y relación de los recursos que se encuentran en la Web, este concepto pretende ser alcanzado por la Web semántica, la misma que busca darle sentido a todos los recursos publicados en ella; principalmente para su reutilización y aplicación en diferentes contextos [10].

Existen dos estándares principales para los objetos de aprendizaje, el estándar Dublin Core (DC), y el estándar IEEE-LOM; para el desarrollo de este TT se utilizó el segundo estándar, ya que los Repositorios de Objetos de Aprendizaje (ROA) seleccionados trabajan con este.

El estándar LOM está patrocinado por el Comité de Estandarización de Tecnologías Educativas de la IEEE, destaca dentro el ámbito educativo y es idóneo para plataformas

educativas. Otra de las ventajas de LOM es que cubre aspectos pedagógicos como el estilo de enseñanza o el nivel de interactividad [10].

IEEE-LOM está compuesto por información educativa, técnica, derechos de autor, entre otros. Tal y como se muestra en la Figura 1 tomada de [11] y su respectiva descripción por cada apartado.

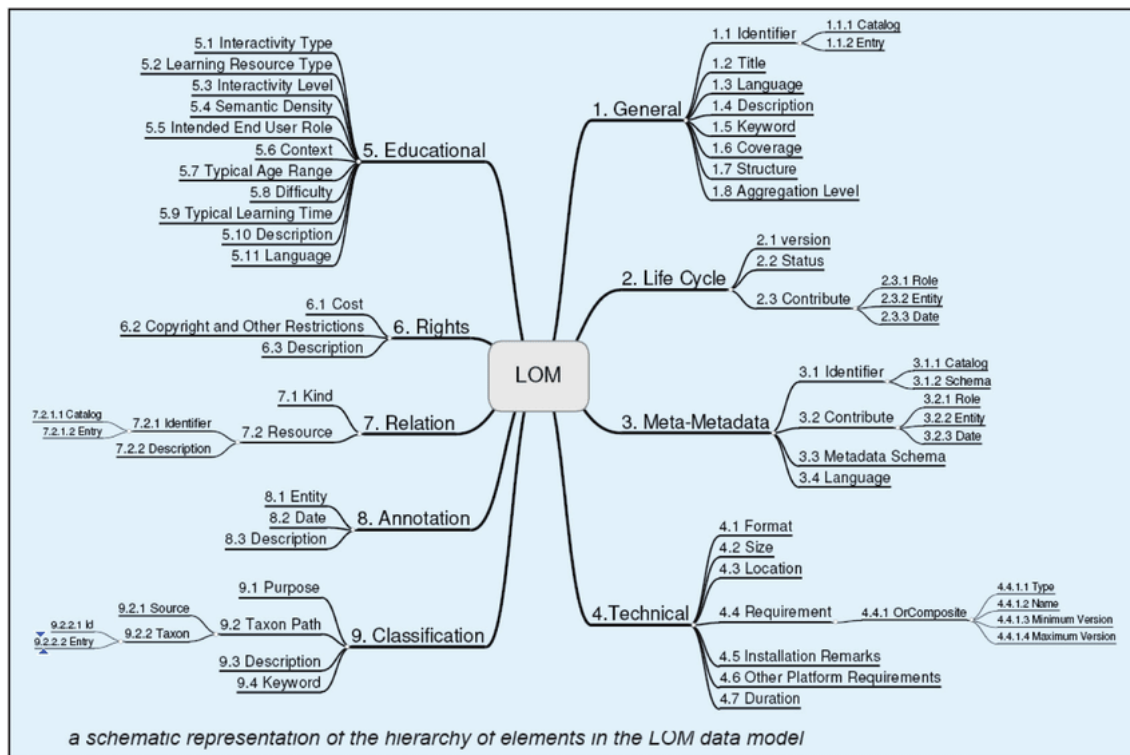


Figura 1. Estándar IEEE-LOM.

1. **General:** contiene información de identificación, y otra información de manera general como el título, idioma y palabras claves.
2. **Ciclo de Vida:** contiene información acerca de la historia, estado actual del proceso productivo y mantenimiento recibido.
3. **Meta-metadatos:** proporciona información referente al esquema de metadatos.
4. **Técnica:** información referente al formato, tamaño, URI, duración y requisitos técnicos para la utilización del recurso.
5. **Uso educativo:** describe como puede ser usado el recurso dentro del ámbito educativo: como el tipo de recurso, tipo y nivel de usuario al que se dirige, contexto en el cual puede ser usado, tipo y nivel de interactividad, densidad semántica, dificultad, idioma y descripción de su uso.
6. **Derechos:** información referente a los derechos de autor del recurso como: licencia, costo, y otras restricciones de uso.

- 7. **Relación:** apartado que contiene la información de otros OA con los cuales puede relacionarse.
- 8. **Anotación:** comentarios sobre el uso del recurso.
- 9. **Calificación:** permite la clasificación del material a partir de vocabularios y palabras claves.

De manera total el estándar LOM contiene 77 elementos organizados en 9 categorías, estos metadatos son cosechados de los ROA y almacenados en una ontología, para uso por parte del SMA desarrollado en presente TT.

4.1.4 Representación ontológica de los metadatos

La Web Semántica es una Web que dota de mayor significado a los elementos que la componen, para relacionar e inferir nuevo conocimiento, y de esta manera las máquinas puedan entender un poco mejor el significado de la Web [12].

Esta Web se maneja mediante metadatos y ontologías, que son la manera en que se representa el conocimiento y sus relaciones (ver Figura 2 tomada de [12]). Si bien actualmente es una tecnología que no está explotada al 100%, está en auge su utilización especialmente ligada con la inteligencia artificial [13].

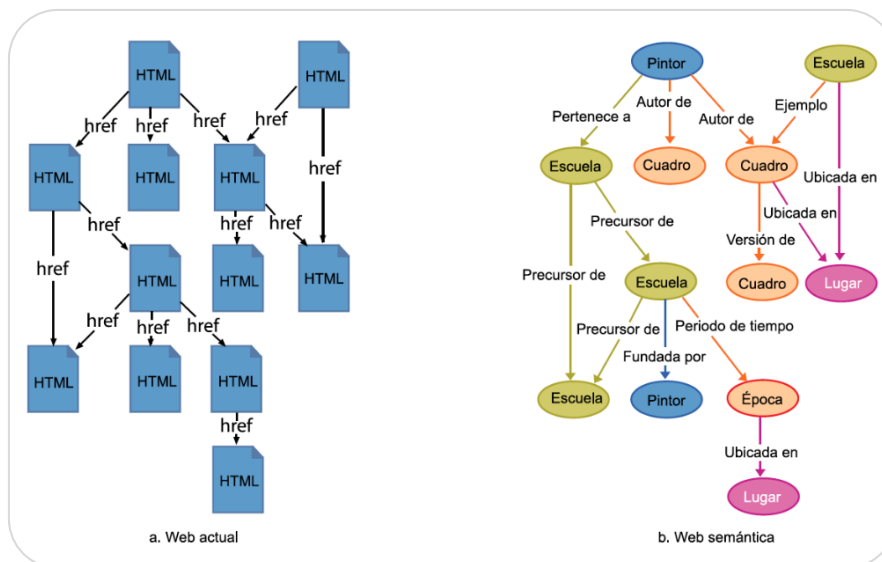


Figura 2. Web actual vs Web semántica.

4.1.4.1 Ontología

Una ontología es una forma de representar el conocimiento, mediante una taxonomía relacional; la misma que expone las características y relaciones entre los diferentes

conceptos que la compone [12]. Actualmente los OAs ya cuentan con un estándar de metadatos que permite su correcto manejo y acceso; pero por la gran cantidad de recursos han resultado inconvenientes, y como respuesta a esto se está investigando la utilización de OAs mediante ontologías para mejorar su manejo y acceso.

Existen diferentes componentes que permiten a las ontologías cumplir su función, entre las más importantes están los conceptos, instancias, relaciones, funciones y axiomas.

4.1.4.2 Lenguaje de representación

Las ontologías deben cumplir ciertos estándares para que sean comunicables y reutilizables dentro de la Web Semántica, para ello existe un conjunto de lenguajes apropiados que permiten su definición. Dentro de los lenguajes más utilizados están el RFD, RDFS y el OWL [14].

- **RDF:** es el lenguaje básico para el desarrollo de ontologías, sus siglas significan (Resource Description Framework). RDF propone un concepto simple para representar el conocimiento; manifiesta que cada cosa tiene ciertas propiedades y estas propiedades a su vez pueden tomar ciertos valores, de aquí nace el concepto de tripleta la cual se compone de: sujeto – predicado – objeto (cosa-propiedad-valor).
- **RDFS:** RDFS representa una extensión del lenguaje RDF, que permite describir sus propiedades y las clases. Propone una serie de conceptos que se pueden utilizar sobre las sentencias RDF; en otras palabras, representa un apoyo al lenguaje RDF ampliándolo y enriqueciendo sus características.
- **OWL:** no es un lenguaje aislado de los anteriores; OWL (Web Ontology Language) es un lenguaje pensado para compartir y publicar ontologías en la Web; fue desarrollado por la W3C, tiene mayor capacidad de interpretación que RDF y RDFS. Su objetivo principal es constituirse como una capa superior que permita compartir y publicar ontologías.

4.1.5 Repositorio de Objetos de Aprendizaje

“Los Repositorios de Objetos de Aprendizaje (ROA) son sistemas Web que almacenan, clasifican y distribuyen recursos educativos en forma de OAs.” [15]. De manera simplificada un ROA es una base de datos que contiene objetos de aprendizaje. Para el desarrollo del TT se analizaron diversos repositorios, de ellos fueron seleccionados el repositorio ViSH, ROA de CEDIA, y Educainternet.

4.1.5.1 Repositorio ViSH

Es una plataforma – repositorio centrado en la creación y compartición de objetos de aprendizaje de manera libre. Los usuarios de ViSH pueden registrarse y crear nuevos OAs o en su defecto pueden subir recursos ya creados. Los recursos pueden pertenecer a diferentes categorías y por ende tienen diferentes características; las categorías de ViSH son: Audio, Videos, Excursiones, Documentos, Links, Imágenes, Paquetes SCORM, Ficheros ZIP, Objetos FLASH, aplicaciones Web, entre otras categorías [15]. Además, posee una interfaz intuitiva para buscar recursos, como se puede apreciar en la Figura 3.

La plataforma es de código abierto por lo que su código está disponible en el repositorio github¹, desde donde se puede descargar para su implementación en cualquier institución; en Ecuador la red CEDIA tiene su propio repositorio de OAs creado sobre la plataforma ViSH, llamada ROA-CEDIA². Otro de los repositorios creados sobre la plataforma ViSH es Educainternet³, creado en el año 2015, definidos a sí mismos como “una plataforma creada para que los docentes puedan formarse en el uso seguro y responsable de la tecnología, así como un lugar donde crear y compartir con el resto de la comunidad sus recursos y materiales didácticos”. Para el acceso de recursos en cualquiera de las instancias de la plataforma se puede usar la **ViSH Search API**, Esta API permite acceder mediante peticiones HTTP a los recursos y está disponible en <http://vishub.org/apis/search>.

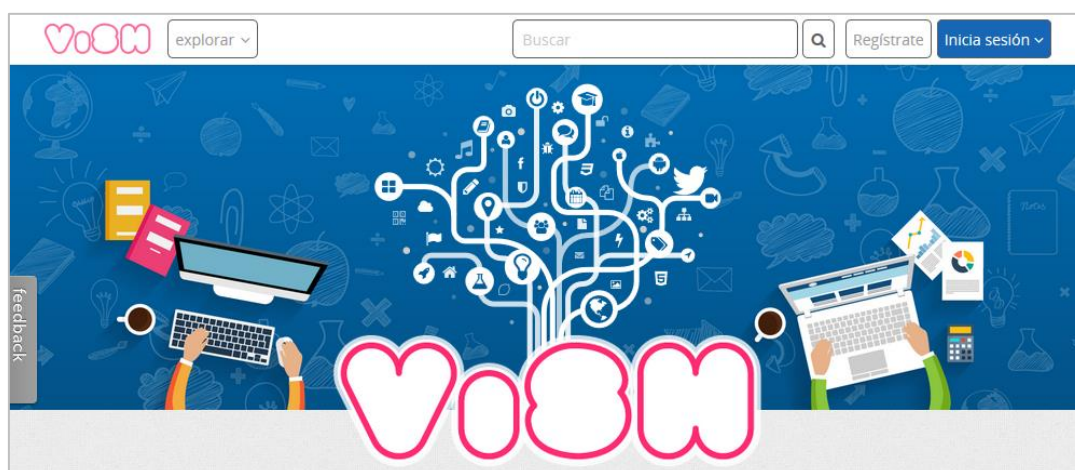


Figura 3. Plataforma ViSH.

¹ <https://github.com/ging/vish>

² <https://roa.cedia.edu.ec/>

³ <http://educainternet.es/>

Un ejemplo de consulta se muestra en la Figura 4.

Query	Description
<code>/apis/search?q=biology&type=Excursion,Picture&n=100</code>	Search for <i>Excursions</i> and <i>Pictures</i> related to <i>biology</i> . Return the first 100 results.

Figura 4. Ejemplo de consulta mediante ViSh Search API.

Como se observa, el cliente envía una consulta con la palabra clave biología, para recuperar un recurso de tipo Excursión e Imagen y se limita la consulta a 100 resultados.

4.2. Inteligencia Artificial

Alrededor del año 1950 Alan Turing ya se cuestionaba si “las máquinas podrían pensar” [16]. Esta pregunta hasta la fecha no ha sido respondida afirmativamente, pero desde su aparición ha dado lugar a una serie de conceptos y avances tecnológicos en lo que respecta a la inteligencia artificial. Algunos de estos avances se han dado en el campo de la educación, los mismos que son descritos a continuación.

4.2.1 Inteligencia Artificial en la educación

Desde el nacimiento de la Inteligencia Artificial (IA) alrededor del año 1956, muchos han sido los aportes que se han presentado, un claro ejemplo es en campo de la educación; su principal aporte en este campo, radica en el cambio de paradigma tradicional mediante la aplicación de diferentes técnicas de IA al desarrollo de sistemas de enseñanza-aprendizaje, con el objetivo de dotarlos de mayor dinamismo e “inteligencia” [17] [18].

Las principales técnicas de IA aplicadas en la educación son: la Planificación Instruccional (PI), Razonamiento Basado en Casos (CBR), Sistemas de Tutoría Inteligentes (ITS), Ambientes Colaborativos de Aprendizaje (CSCL), Sistemas Multiagente (SMA), Salones de Clase Inteligentes (SaCI), entre otros [17]. Estos métodos están produciendo una revolución en los procedimientos tradicionales de enseñanza, pero no han llegado al punto de reemplazar al profesor, y aun es necesario su apoyo. Por otra parte, el objetivo principal de estos métodos está encaminado a facilitar el acceso a la información, aumentar la rapidez de su búsqueda, facilitar el proceso de cálculo, y contribuir al desarrollo de habilidades de forma interactiva [19].

En [20] se expone las formas en las que la IA puede realizar un cambio en la educación; por un lado se puede automatizar las tareas administrativas del docente, dándole un

nuevo significado y papel dentro del proceso de enseñanza aprendizaje; por otra parte para los estudiantes, la producción de software que brinde educación personalizada, detectando los temas que necesitan más trabajo en clases; así mismo la IA puede realizar cambios en la búsqueda e interacción del estudiante con la información, mediante el uso de sistemas de manera más inteligente, que permitan enseñar y apoyar al estudiante.

4.2.2 Agentes inteligentes

A lo largo de la historia se han planteado muchas definiciones sobre los agentes inteligentes (AI), pero se ha considerado como una de las más acertadas la presentada en [21], “es un sistema de cómputo situado en un ambiente cualquiera, y que es capaz de realizar acciones autónomas que afectan su ambiente de acuerdo con ciertos objetivos de diseño”. Además de esta definición un AI debe cumplir ciertas características como: reactividad, cooperación y coordinación, autonomía, distribución de tareas, movilidad, paralelismo, inteligencia [22][12].

Los AI están íntimamente relacionados con tres áreas de las ciencias de la computación; por un lado, constituyen una rama de la inteligencia artificial que estudia la interacción entre agentes, ya sean humanos u otros agentes de software; y por otra parte tienen características de los sistemas distribuidos, en donde “el problema está distribuido entre varios agentes”, los cuales coordinan sus acciones para resolverlo, utilizando recursos y conectándose con otros sistemas [23]; otra de las áreas con la cual están íntimamente ligados, es la ingeniería del software, ya que al igual que cualquier sistema, se necesita establecer un proceso para su desarrollo, llamado metodología, la cual debe ser adaptada al caso específico de los AI, y que las metodologías tradicionales de desarrollo no pueden cumplir [24].

Estos conceptos fueron utilizados para plantear una arquitectura multiagente o también denominada Sistema Multiagente (SMA), este tipo de sistemas están formados por un conjunto de AI que se agrupan para alcanzar un objetivo común, en base a la colaboración de agentes autónomos que tienen asignada una tarea específica, y se unen para lograr un objetivo común [25][26], compartiendo conocimiento acerca de sus problemas y las soluciones, utilizando además protocolos y lenguajes de comunicación de alto nivel [24].

4.2.2.1 Arquitecturas de Agentes

Guamán y Martínez en [12] presentan tres tipos de arquitectura de agentes, las arquitectura reactivas, deliberativas e híbridas. En el presente trabajo se planteó una arquitectura reactiva, por lo cual se describe seguidamente.

- **Arquitecturas reactivas**

Este tipo de arquitectura considera un tipo de inteligencia de agentes que no se basa en el razonamiento simbólico complejo, sino en la hipótesis que la inteligencia se da a partir de una jerarquía de tareas que definen un comportamiento [27]. La organización de estas arquitecturas se da en capas con diferentes niveles de abstracción, como lo muestra la Figura 5, tomada de [27].

En este tipo de arquitectura los sensores recogen diferentes estímulos del medio, son procesados por los comportamientos de los agentes y reflejan un comportamiento a través de los actuadores.

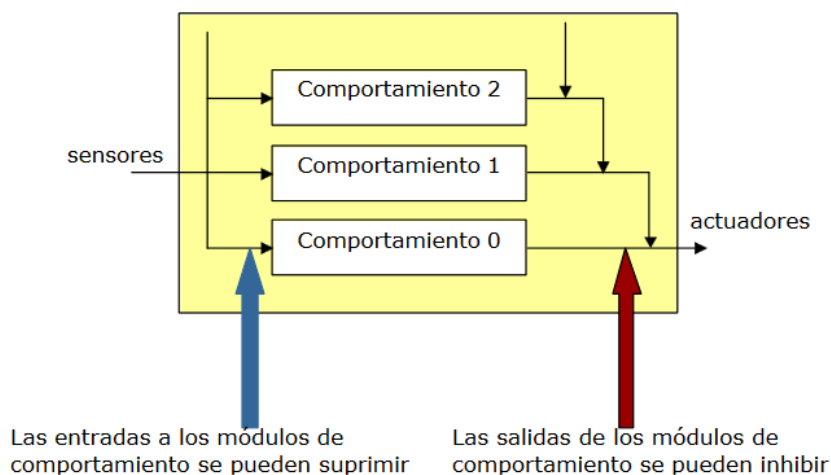


Figura 5. Arquitectura reactiva.

4.2.2.2 Metodología de desarrollo de Agentes

Una metodología de desarrollo constituye la guía para el desarrollo de agentes inteligentes, que las metodologías tradicionales no pueden cumplir, debido a las necesidades específicas de los SMA [24].

Existen un sin número de metodologías para el desarrollo de SMA, pero algunas de las más conocidas se presentan a continuación: MaSE, GAIA, TROPOS, INGENIAS, MASINA.

MaSE: Esta metodología posee una arquitectura independiente, también posee una herramienta de soporte, y su respectiva documentación. Se basa en un ciclo de vida que consta de: especificación de requerimientos, análisis, diseño e implementación [12].

GAIA: Es una de las primeras metodologías de SMA; proporciona un enfoque que tanto un desarrollador como un experto en el dominio no técnico pueden comprender, facilitando su interacción [28].

TROPOS: La metodología Tropos proporciona una orientación para las cuatro fases principales del desarrollo de aplicaciones. Una de sus principales contribuciones es poner énfasis en los objetivos de modelado y su relación con los actores, tareas y recursos del sistema [28].

INGENIAS: Posee una notación para modelar SMA, y una colección de actividades que guían el proceso de desarrollo de un sistema multiagente. INGENIAS está basado en cinco meta-modelos y en una herramienta de software llamada INGENIAS Development Kit (IDK) [28].

MASINA: Es una extensión de MAS-CommonKADS, esta metodología desarrolla las fases de: conceptualización, análisis, diseño, codificación y pruebas, integración, operación y mantenimiento. Otra de las ventajas es que trabaja con el Lenguaje de Modelado Unificado UML [29].

4.2.2.3 Framework para Desarrollo de Agentes

Java Agent Development (JADE), es un framework basado en el lenguaje Java, que permite el desarrollo de sistemas multiagente, basado en un software intermedio que cumple con las especificaciones FIPA; todo esto mediante una interfaz gráfica. Una de las principales ventajas de JADE consiste en la arquitectura distribuida, pudiendo distribuir el SMA entre maquinas sin que compartan el mismo hardware o sistema operativo [12].

4.3. Perfil Inteligente

[30] define el perfil como “*el modelado de un objeto en forma compacta mediante sus características primordiales*”; de esta manera, un estudiante posee características únicas para adquirir conocimiento, así como también cuestiones del entorno que afectan la forma en la que un individuo recibe el conocimiento, por lo tanto, el perfil inteligente está formado por “*datos personales y características del sistema computacional, como también patrones de comportamiento, intereses personales y preferencias*”. El perfil que

se analiza en el presente TT consta de dos características principales, conocidas como inteligencias múltiples y estilos de aprendizaje.

4.3.1 Inteligencias Múltiples

Gardner, un psicólogo y educador norteamericano refuta la creencia de una sola inteligencia, y propone lo que se conoce como la Teoría de las Inteligencias Múltiples (IM), en la cual define a la inteligencia como: “la capacidad de resolver problemas o de crear productos que sean valiosos en una o más culturas”. Y aún más importante desecha la definición unidimensional de inteligencia, y propone un conjunto de inteligencias heterogéneas [31]. En la Figura 6 se resume las inteligencias propuestas.

Es por ello que al hablar de un SaCI y de recursos adaptativos, se debe tomar en cuenta la existencia de estas inteligencias múltiples en cada estudiante, y deben ser medidas para determinar los objetos de aprendizaje más óptimos que mejoren su aprendizaje individual, ya que como lo manifiestan [32][33] uno de los factores fundamentales a considerar en el proceso enseñanza-aprendizaje, son las inteligencias múltiples.



Figura 6. Inteligencias múltiples.

4.3.2 Estilos de Aprendizaje

Según [34], cada individuo se apropia de la cultura de manera diferente, independiente del contexto socio-histórico al que está sometido, de esta manera los niveles de asimilación cambian dependiendo del individuo, y surge lo que se conoce como “estilos de aprendizaje”, que “son rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos” [34], que indican la manera en la que los individuos asimilan el conocimiento. En un SaCI resulta

fundamental tomar en cuenta estas definiciones, para poder adaptar los recursos acordes con el estilo de aprendizaje de cada estudiante y otros factores que puedan influir.

Existe varios modelos para clasificar los estilos de aprendizaje, el más conocido es el de Felder y Silverman que está diseñado en base a cuatro escalas bipolares: Activo-Reflexivo, Sensorial-Intuitivo, Visual-Verbal y Secuencial-Global. El modelo de Kolb es otro modelo que define al alumno en base a las categorías activo, teórico, reflexivo o pragmático. El modelo de VARK define el estilo de aprendizaje desde el punto de vista sensorial, y puede ser Visual, Auditivo, Lector-Escritor, y Kinestésico [35].

4.4. Salón de Clases Inteligente (SaCI)

Los recursos digitales que brindan las diferentes plataformas, no sirven de mucho si no se integran con otros componentes que ayuden al proceso de aprendizaje, y es aquí donde aparece el concepto de SaCI, en inglés denominado “Smart Classroom” o Salón de Clases Inteligente, es un área que incorpora dispositivos y software, tales como tableros inteligentes, entornos virtuales de aprendizaje (VLE), sistemas inteligentes de tutoría (ITS), entre otros que ayudan al proceso de aprendizaje, y que más específicamente cumplen la función de adaptar el curso y sus contenidos a las necesidades, capacidades e inteligencias múltiples de los estudiantes [3]. Solventando de esta manera una de las falencias de la educación tradicional, la misma que considera que todos los estudiantes tienen las mismas capacidades, necesidades, y aprenderán de la misma forma en base a los mismos recursos.

4.4.1 Middleware usado en un SaCI

Un SaCI consta de 6 niveles que van desde capas físicas hasta capas lógicas, mostrados en la Figura 7 tomado de [36].

La capa física contiene los elementos de software utilizados para interconectar los elementos del entorno, ya sean estos de hardware o software. El nivel de gestión del SMA está compuesto por una comunidad de agentes, para soportar la ejecución de aplicaciones multiagente. La capa de administración de servicios tiene la responsabilidad de buscar y encontrar los servicios requeridos en un momento dado por las aplicaciones en la plataforma. La capa física del Ambiente Inteligente (Aml) representa los diferentes dispositivos presentes en el entorno, representados como agentes. La capa lógica de Aml representa los diferentes componentes de software que se utilizan en la plataforma, pero además tiene dos agentes: un agente de perfil para

representar a cada estudiante en SaCI (sus capacidades, estilo de aprendizaje, entre otros) y el agente tutor para representar al profesor. Finalmente, la capa de aprendizaje de Aml es donde se implementan los diferentes dispositivos y software de SaCI [36].

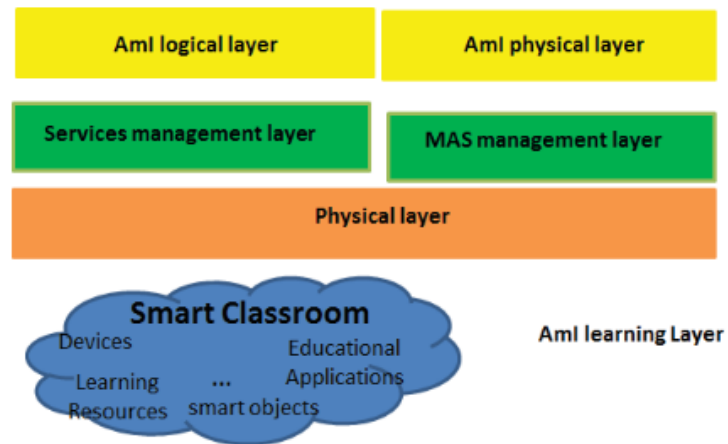


Figura 7. Middleware usado en un SaCI.

5. Materiales y Métodos

De acuerdo con el Reglamento de Régimen Académico que rige a las Instituciones de Educación Superior de Ecuador RPC-SO-08-No. III-2019, en el artículo 32, se define que la aprobación de la unidad de integración curricular de tercer nivel se realizará mediante el desarrollo de un trabajo de integración curricular antes llamado Trabajo de Titulación (TT) [37]; y en su artículo 40, se define también, que la investigación a nivel de grado es de carácter exploratorio y descriptivo, constituyéndose de esta manera en una propuesta innovadora, que como mínimo contiene una investigación diagnóstica y exploratoria [38]. De manera exploratoria y en base a una RSL, se desarrolló un prototipo de SMA que permite la gestión de los recursos digitales de aprendizaje, de acuerdo con el perfil inteligente del estudiante; este prototipo además, refleja una investigación tecnológica, a través de la obtención de nuevos conocimientos prácticos (programación de los AI y arquitecturas de despliegue), aplicados a corto plazo en la producción del prototipo, y que permiten apoyar el proceso de enseñanza aprendizaje [39]. En cuanto al ámbito descriptivo, se presenta el estado actual de los Objetos de Aprendizaje, Agentes Inteligentes, y Ontologías; de la misma manera se realizó una revisión de literatura para obtener una descripción histórica del objeto de estudio y los conceptos básicos.

Esta sección expone los materiales y métodos utilizados durante el desarrollo del TT. En el apartado 5.1 se expone el contexto en donde se llevó a cabo el TT; seguidamente en la sección 5.2 se muestra todo el proceso para cumplir con cada objetivo, exponiendo cada una de sus tareas; la sección 5.3 presenta los recursos utilizados; y finalmente en la sección 5.4 se detallan los participantes del TT.

5.1. Contexto

El laboratorio para el desarrollo del proyecto fue la Carrera de Ingeniería en Sistemas en la Facultad de Energía de la Universidad Nacional de Loja⁴ (CIS-UNL). Por otra parte al ser un proyecto enfocado al e-learning, también fueron utilizados espacios virtuales o repositorios, dentro de los cuales se encuentra la plataforma ViSH [15], la plataforma ROA⁵ (Cedia), y la plataforma EducaInternet⁶. La evaluación del TT (experimentación) se realizó en la CIS-UNL; para lo cual se integraron tecnologías de *Microsoft Azure* que

⁴ <http://www.unl.edu.ec/>

⁵ <https://roa.cedia.edu.ec/>

⁶ <http://educainternet.es/>

permitieron la implementación del SMA, una ontología para el manejo de metadatos, y una base de datos.

5.2. Proceso

El proceso para alcanzar el objetivo general del TT se detalla a continuación, mencionando los objetivos con sus respectivas actividades:

1. Diseño de una arquitectura de sistemas multiagente que defina el proceso de búsqueda y recomendación de recursos digitales de aprendizaje.
 - Búsqueda bibliográfica (ver sección 4).
 - Revisión sistemática de literatura (ver Anexo 1).
 - Selección de metodologías y herramientas (ver resultados, secciones 6.1.2-6.1.6).
 - Diseño del perfil inteligente del estudiante (ver resultados, sección 6.1.7).
 - Representación ontológica de los elementos (ver resultados, sección 6.1.8).
 - Diseño de la arquitectura de SMA (ver resultados, sección 6.1.9).
 - Documentar actividades (Preparación del reporte técnico).
2. Implementar la arquitectura de sistema multiagente en una interfaz.
 - Programar servicios Web para la interoperabilidad con repositorios de OA (ver agente gestor de repositorios sección 6.2.1).
 - Programar los agentes inteligentes mediante JADE (ver resultados sección 6.2).
 - Diseño y desarrollo de la interfaz (ver resultados sección 6.2.6).
 - Documentar actividades (Redacción del reporte técnico)
3. Evaluar la arquitectura de sistemas multiagente en un escenario real.
 - Determinar los parámetros que serán evaluados (ver sección 6.3 en evaluación de arquitectura).
 - Pruebas de ontología (ver resultados sección 6.3.1)
 - Pruebas de software (ver resultados sección 6.3.2).
 - Verificación con usuarios (ver resultados sección 6.3.3).
 - Documentar actividades (Completar el reporte técnico).

5.3. Recursos

Para dar respuesta a la pregunta de investigación se usó tanto recursos científicos, como técnicos, éticos, académicos y metodológicos, los cuales se presentan seguidamente:

5.3.1 Métodos Científicos

- *Método analítico*: este método es un proceso cognoscitivo que descompone un fenómeno en partes para su estudio por separado [40]. El cual fue usado para la planeación de actividades por cada objetivo (ver anteproyecto sección E).
- *Metodología para la RSL*: Para el desarrollo de una RSL objetiva se siguió el proceso de Bárbara Kitchenham expuesto en [41], dando como resultado la revisión presentada en el Anexo 1.
- *Estudio de casos*: según [38], los estudios de casos pueden ser observacionales o estudios de campo, de esta manera el estudio de casos se realizó utilizando la RSL, en donde abordaron casos de estudio similares para comprender y sustentar el Trabajo de Titulación desde el punto de vista teórico (ver Anexo 1, y Anteproyecto sección F).
- *Gestión de proyecto PMBOK*: guía que proporcionó los pasos en la gestión del proyecto; el inicio y la planificación (ver Anteproyecto), ejecución, control y cierre que se especifican en las secciones posteriores de la presente memoria.
- *Método científico*: según [40], el método científico es usado para la producción de conocimiento en las ciencias, basando en una serie de pasos que permiten responder la pregunta de investigación. Las fases de este método fueron cumplidas de la siguiente manera, el primer paso fue la definición del problema, seguidamente formulación de la hipótesis (ver Anteproyecto), a continuación se procedió con la obtención y análisis de datos (ver Resultados), para finalmente hacer una confrontación de los datos con la hipótesis (ver Discusión), y plantear las conclusiones y generalización de los datos (ver Conclusiones), adicionalmente se plantea recomendaciones y trabajos futuros.
- *Muestreo por conveniencia*: consiste en una técnica no probabilística, elegida por la facilidad que tiene el experimentador para seleccionar una muestra [42]. Este método fue utilizado para seleccionar los individuos que formaron parte de la etapa de evaluación del SMA.

- *Método del Experimento*: es una investigación empírica que pretende estudiar el efecto que una variable(independiente) tiene sobre otra (dependiente); mediante la manipulación de las mismas [42]. Para su desarrollo fue necesario seguir un proceso experimental que detalla todas las actividades necesarias, así como las entradas y las salidas de cada actividad; este proceso se lo utilizó en la de evaluación del sistema (ver Anexo 8)
- *Método de la Encuesta*: una encuesta es un método empírico, utilizado para recoger información de o sobre individuos y, de esta manera describir, comparar, o explicar sus comportamientos frente a determinado fenómeno [42]. Este método fue utilizado dentro del método del experimento para obtener información sobre la facilidad de uso, tiempos de respuesta y aceptación del SMA, aplicándolo a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Sistemas (ver Anexo 9).

5.3.2 Recursos Técnicos

- *INGENIAS*: metodología para el desarrollo de SMA; define cinco modelos sobre los cuales trabajar y de esta manera obtener la arquitectura del SMA (ver sección resultados 6.1.3.1).
- *Método Triangular*: [43] Propone el método de evaluación triangular, que recoge las mejores prácticas de algunos trabajos relacionados, buscando evaluar una ontología en base a los requisitos para los que fue creada. Este método busca realizar la evaluación en base a una validación mediante razonadores, casos de prueba, y una lista de chequeo con errores más comunes. El método triangular busca satisfacer tres ámbitos, de allí su nombre, estos ámbitos se muestran en la Figura 8 tomada de [43].

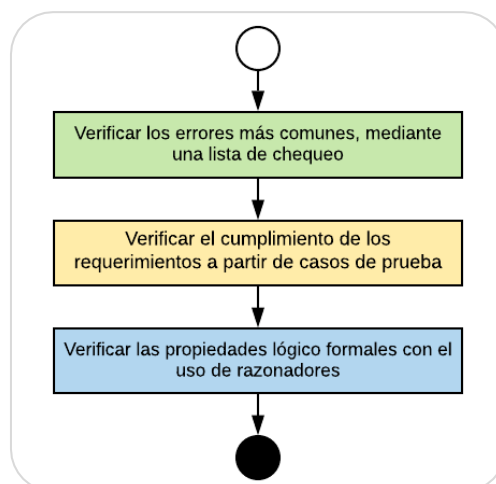


Figura 8. Pasos de método triangular.

- *JADE (v4.5.0)*: framework basado en el lenguaje para la programación e implementación de los agentes inteligentes y SMA; cumple con las especificaciones FIPA y utiliza una interfaz gráfica. (ver sección resultados 6.1.4).
- *NetBeans (v8.0.2)*: entorno de programación utilizado para desarrollo del SMA.
- *API ViSH (v1.0)*: interfaz de programación de aplicaciones (API) de la plataforma ViSH para el acceso a los objetos de aprendizaje en los repositorios: ViSH, ROA-CEDIA y EducalInternet (ver sección resultados 6.1.2).
- *Methontology*: metodología para el desarrollo de la ontología, que plantea cinco fases para su ejecución, entre las cuales se describen: Especificación, Conceptualización, Formalización, Implementación y Mantenimiento (ver sección resultados 6.1.5).
- *Protégé (v4.3)* y *Apache JENA (v3.9.0)*: herramientas para la implementación de la ontología; Protégé utilizado para implementar la ontología y Apache JENA para su manipulación y poblado (ver sección resultados 6.1.6).
- *Cmapstools (v6.03.01)*: software para representación taxonómica de los elementos (ver Figura 11).
- *OpenLink Virtuoso (v7.2)*: híbrido de middleware y base de datos, para gestionar la ontología y las tripletas generadas por los objetos de aprendizaje y perfil del estudiante (ver agente gestor de repositorio sección 6.2.1)
- *JMeter (v5.1.1)*: Es una herramienta de libre acceso, que permite realizar pruebas de rendimiento, estrés, de carga, entre otras, y que permite la visualización de resultados mediante tablas y graficas. Además, posee un conjunto de características adicionales que permiten realizar las pruebas [44].

5.3.3 Recursos Éticos

- *Consentimiento Informado*: fue redactado dentro del cuestionario de la encuesta, para dejar constancia de la participación voluntaria de los individuos durante el proceso de experimentación (ver Anexo 10).

5.3.4 Recursos Académicos

- *Test de Estilos de aprendizaje*: para determinar el estilo de aprendizaje de cada usuario se aplica en test de VARK. Este modelo permite clasificar a las personas de acuerdo a su preferencia sensorial al procesar información, por sus siglas en inglés VARK corresponde a cuatro preferencias modales sensoriales: Visual= Visual, Aural=Auditivo, Read/Write=Lectura/Escritura, Kinesthetic=Kinestésico [45]; el test

consta de 16 preguntas que permiten determinar la medida de cada preferencia presente en el individuo (ver Anexo 6 sección).

- *Test de Inteligencias múltiples:* Howard Gardner, un psicólogo y educador norteamericano propone la teoría de las inteligencias múltiples, en la cual refuta la creencia de una sola inteligencia y manifiesta que se puede poseer una o varias inteligencias de entre ocho identificadas, ya sea mayor o menormente desarrolladas. Gardner de igual manera, creó un test para determinar las inteligencias múltiples del individuo, el mismo que consta de 35 preguntas y es aplicado dentro del SMA (ver Anexo 6).

5.4. Participantes

El proyecto de Investigación fue ejecutado por Alex Rubén Condoy en calidad de investigador; conjuntamente con el asesoramiento Dr. Luis Chamba Eras (docente guía de la materia y tutor del TT) el mismo que supervisó los aspectos técnicos y académicos del TT. También fueron partícipes del proyecto los estudiantes del cuarto y séptimo ciclo de la Carrera de Ingeniería en Sistemas durante la fase de evaluación, en calidad de individuos de experimentación, los cuales probaron el SMA.

6. Resultados

Para el desarrollo de la arquitectura SMA, se plantearon tres objetivos, los mismos que se desglosan en actividades para su cumplimiento. El resultado del primer objetivo, es el planteamiento de la arquitectura del Sistema Multiagente y se muestra en la sección 6.1, para ello se realizó una Revisión Sistemática de Literatura (RSL), un análisis de los repositorios de aprendizaje, las metodologías para el desarrollo del SMA, metodologías para el desarrollo de ontologías y las herramientas para el desarrollo del TT; el segundo objetivo consistió en el desarrollo del SMA y su implementación en una interfaz Web mediante el framework JADE cuyos resultados se muestran en la sección 6.2; Y finalmente en la sección 6.3 se aborda la evaluación del SMA aplicándolo en un entorno real, de manera que se pueda apreciar sus fortalezas y debilidades y comprobar la efectividad y eficiencia del SMA.

6.1. OBJETIVO I: Diseñar una arquitectura de sistemas multiagente que defina el proceso de búsqueda y recomendación de recursos digitales de aprendizaje.

El desarrollo de un SMA requiere una arquitectura sólida sobre la cual trabajar, es por ello que, en el presente objetivo, se realizaron las actividades necesarias para el planteamiento de esta arquitectura sobre la que se desarrollará el segundo objetivo. Se partió desde el análisis de trabajos relacionados que brindan sustento científico al TT, y una noción general sobre los conceptos necesarios para su desarrollo; para luego seleccionar el repositorio, las metodologías, y las herramientas necesarias que permitan implementar la arquitectura; continuando con la definición del perfil inteligente del estudiante, el mismo que fue gestionado por uno de los agentes del SMA, para finalmente desarrollar una ontología que se integró con la arquitectura presentada como resultado de esta primera fase.

6.1.1 Trabajos Relacionados

En base a una revisión sistemática de literatura RSL (ver Anexo 1), acerca de la recomendación de recursos digitales mediante agentes inteligente se obtuvo una lista de trabajos que aportaron información relevante al presente TT, principalmente en lo referente conceptos, metodologías, arquitecturas de SMA y aspectos generales que se toman en cuenta. En la TABLA I se presenta un resumen de dichos trabajos y su aporte a este caso de estudio, de tal manera que lo sustenta académicamente.

TABLA I. TRABAJOS RELACIONADOS.

Estudio	Área	Aporte
[3]	SaCI SMA	Presenta la arquitectura de una comunidad de agentes para gestionar los recursos digitales de aprendizaje, recuperándolos desde el repositorio MERLOT. El SMA es desarrolla en el framework JADE.
[36]	SaCI SMA	Middleware utilizado para SaCI, que consta de las capas: física, de gestión, de administración, física del Aml, lógica del Aml
[46]	OAs EA	Para la recomendación de OAs, se debe considerar el perfil del estudiante, tomado del modelo de Felder.
[47]	OAs	Un OA es una entidad ya sea esta digital o no, que puede ser utilizada durante el proceso de aprendizaje apoyado en la tecnología. Y es reusable, auto contenible, escalable, interactivo e inter operativo.
[48]	ROA SMA	Se plantea una arquitectura de SMA para recomendación de OAs desde Federación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje
[49]	Aml	Debe determinarse el contexto del mundo en el que se sitúa un estudiante para la recomendación de recursos digitales. Los agentes del middleware basado en C-Learning son: Agente Perfil de Estudiante, Agente Tutor, Agente Dispositivo, Agente Gestión de Servicios, y Agente Servicio.
[50]	SMA OAs	Se realiza la recomendación basado en computación ubicua y agentes inteligentes, usando ontologías y acceso a la federación de OAs.
[51]	ROA SMA	SMA que recomienda OAs en base al perfil cognitivo del estudiante, los agentes incluidos son: Agente interfaz, Agente usuario, Agente coordinador, Agente repositorio local y agentes repositorios remotos, Agente de recomendación, Agente evaluador. Se incluye además las ontologías.
[52]	TIC's	Un repositorio para teleclase o audiovisuales, potencia las TIC's en la educación.
[53]	SaCI	En un SaCI debe existir mecanismo de coordinación, estos mecanismos se modelan matemáticamente para su reutilización.
[12]	SMA OAs ROA	Importancia de la Web semántica conjuntamente con Agentes Inteligentes para la recomendación de OAs. El desarrollo de Agentes, y ontologías debe basarse en metodologías y herramientas confiables.
[2]	SaCI	Un mapa cognitivo difuso, como sistema recomendador explota el conocimiento, aprende, descubre nueva información, e infiere preferencias, utiliza cinco tipos de conocimiento de SaCI: estudiantes, recursos de aprendizaje, temas, contexto y crítica.
[54]	SMA	En un entorno virtual de aprendizaje se puede analizar las publicaciones y comentarios, para establecer una polaridad emocional y determinar la pertinencia de una retroalimentación.

Estudio	Área	Aporte
[55]	EA	Resulta importante la inclusión de los estilos de aprendizaje en un Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA), en tres dimensiones que deben ser tomadas en cuenta cuando un humano percibe o recoge información: a) Visual, b) Auditiva y c) Kinestésica,
[31]	IM	Refuta la creencia de una sola inteligencia, y propone a la inteligencia como: "la capacidad de resolver problemas o de crear productos que sean valiosos en una o más culturas". Lo ideal consiste en identificar el perfil intelectual de un individuo en una edad precoz, y utilizar este conocimiento para mejorar sus oportunidades y opciones de educación.

6.1.2 Selección de los Repositorios de Objetos de Aprendizaje

Los recursos digitales de aprendizaje que pueden ser accedidos mediante un SMA se encuentran alojados en muchos repositorios de la Web; para su análisis se seleccionó aquellos que ya han sido utilizados en otros trabajos relacionados y que brindan sus servicios Web de manera libre. En la TABLA IV se presenta los principales repositorios que fueron seleccionados para su análisis, para la elaboración de esta tabla se ha basado en los trabajos [6], [56], los cuales presentan un estudio sobre los Repositorios de Objetos de Aprendizaje (ROA). Para la selección del repositorio se utilizó la TABLA II de características y pesos, en ella se especifica cada una de las características de los repositorios junto con un peso para cada tipo, definidas según los requerimientos del TT. Posteriormente se realizó una comparativa (ver TABLA III), y se determinó los valores totales para cada repositorio.

TABLA II. PESOS PARA CARACTERÍSTICAS DE OAS.

Ref	característica	Tipo	Peso
C1	Estándar	IEEE	2
		Otro	1
C2	Acceso	Libre	2
		Pagado	1
C3	Nivel	Básico	1
		Superior	2
		Todos	3
C4/C5	Metadatos / OA's	Local	1
		Distribuido	2
C6	Organización	Nacional	1
		Internacional	2
C7/C8	Tipo de Búsqueda / Disciplinas	Pocas	1
		Suficientes	2
		Muchas	3

TABLA III. COMPARACIÓN DE REPOSITORIOS DE OAS.

Repositorio	Característica								Total
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	
<i>Merlot</i>	2	2	2	1	2	2	3	3	17
<i>FROAC</i>	2	2	0	2	2	1	1	1	11
<i>ESLRE</i>	2	2	3	2	2	2	1	2	16
<i>iLumia</i>	2	2	2	0	0	2	2	2	12
<i>Alberta</i>	2	2	1	0	0	2	2	2	11
<i>ViSH</i>	2	2	3	1	1	3	2	2	16

Si bien el repositorio Merlot es el más recomendado para trabajar debido a sus características técnicas con 17 puntos, el cambio en sus políticas de privacidad no permitió acceder a su API para la consulta masiva de OAs; por otro lado, el repositorio ESLRE con 16 puntos, no posee información ni acceso a su API en la página oficial. Es por ello que como alternativa a esto se seleccionó repositorios basados en ViSH, la cual “es una plataforma de e-Learning centrada en la creación y compartición de recursos educativos abiertos formada por un ROA”; esta plataforma es una red social para la creación y compartición de Objetos de aprendizaje de manera libre [15]. En la TABLA IV se muestra la plataforma ViSH, nombrando tres organizaciones que la implementan, ViSH propiamente, ROA-CEDIA de Ecuador y EducaInternet. Estos repositorios permiten acceder a sus servicios mediante una API (ViSH search API); al trabajar con el estándar IEEE-LOM son ideales para el TT ya que la ontología fue modelada para este contexto; por otra parte, sus recursos están desarrollados en su mayoría en el lenguaje español e inglés, siendo una plataforma de libre acceso para la creación y compartición de recursos; posee diversas categorías sobre las cuales buscar, como el idioma, la materia, el tipo de material, entre otros. Y su API es de libre acceso, lo que facilita la obtención de los OAs.

TABLA IV. REPOSITARIOS DE OBJETOS DE APRENDIZAJE.

Repositorio	Características		Organización	Búsqueda	Disciplina	Dirección
Merlot	Estándar	IEEE-LOM	Internacional	Palabra clave, Disciplina, Tipo de material, URL, Calidad de material, Descripción, Audiencia, Formato técnico, Idioma, Nombre del autor, ISBN, Plataforma móvil, Licencia, Costo, Disponibilidad de código fuente, Fecha de publicación	Ciencia, Ingeniería, Negocios, Justicia, Música, Medicina	https://www.merlot.org
	Acceso	Abierto				
	Nivel	Superior				
	Metadatos	Locales				
	OA's	Distribuidos				
FROAC	Estándar	IEEE-LOM	Universidad Nacional de Colombia	Palabra clave	NE	http://gaia.manizales.unal.edu.co/froac/
	Acceso	Abierto				
	Nivel	NE				
	Metadatos	Distribuidos				
	OA's	Distribuidos				
European Schoolnet Learning Resource Exchange (ESLRE)	Estándar	IEEE-LOM	European Learning Network/ Europa	Palabra clave, Lenguaje, Disciplina, Proveedor, Etiquetas	Arte, Ciencia, Ingeniería, Negocios, Justicia, Música, Medicina, Tecnología	http://lreforschools.eun.org/Web/guest/home
	Acceso	Abierto				
	Nivel	Todos				
	Metadatos	Distribuidos				
	OA's	Distribuidos				

Repositorio	Características		Organización	Búsqueda	Disciplina	Dirección		
iLumia	Estándar	IEEE-LOM	National Science Foundation	Palabra clave, Tipo de material, Año, Lenguaje del tema, Autor, Título del artículo, ISBN/ISSN	Química, Biología, Matemática, Física, Ciencias de la Computación	http://dl.uncw.edu/		
	Acceso	Abierto						
	Nivel	Superior						
	Metadatos	NE						
	OA´s	NE						
Alberta	Estándar	IEEE-LOM	Alberta Government/ Canadá	Palabra clave, Por Grados, Temática, Audiencia, Lenguaje del Recurso, Formato, Tipo	Matemáticas, Estudios Sociales, Ciencia, Educación física, francés	http://www.learnalberta.ca/		
	Acceso	Abierto						
	Nivel	Básico/Inter medio						
	Metadatos	NE						
	OA´s	NE						
ViSH	Estándar	IEEE-LOM	Red Cedia/Ecuador	Tema, Idioma, Edad, Etiquetas, Tipo de recurso, Autor, Palabra clave	Telemedicina, Telesalud, Educación, Informática, Tecnología-Educativa, Desarrollo, Computación, TICS, Biología, Matemáticas, objetos de aprendizaje etc.	https://roa.cedia.edu.ec		
	Acceso	Abierto	EducaInternet				ViSH	http://educainternet.es/
	Nivel	Todos						
	Metadatos	Locales						
	OA´s	Locales						

6.1.3 Analizar las metodologías para el desarrollo del SMA

Para el análisis de las metodologías, se tomó como referencia los parámetros expuestos en [12] así como también las metodologías MASINA, MAS-CommonKADS, INGENIAS y Prometheus, las cuales son expuestas en [3][54][12][57] respectivamente, cabe mencionar que también existen otras metodologías para el desarrollo de SMA, pero se creyó conveniente comparar las más utilizadas en estudios con temáticas similares a la planteada (ver RSL Anexo 1), debido principalmente a que en muchos de esos estudios ya se han hecho comparaciones y se ha obtenido las ideales para el caso de estudio.

Los criterios para llevar a cabo la comparación fueron:

- **Arquitectura agente:** criterio que evalúa si la metodología está orientada a un solo tipo de arquitectura o a varias de ellas.
- **Herramienta de soporte:** si la metodología cuenta con una herramienta desarrollada que le de soporte.
- **Disponibilidad de documentación:** nivel de documentación disponible en sitios oficiales que faciliten su consulta.
- **Ciclo de vida:** evalúa que la metodología tenga actividades que formen un ciclo de vida.
- **Enfoque hacia el desarrollo SMA:** criterio que verifica si la metodología se orienta al desarrollo de agentes específicos o al desarrollo de SMA.
- **UML:** indica si la metodología soporta UML para modelar los agentes.
- **Ambientes orientados:** criterio que especifica los ámbitos a los que ha sido orientada la metodología.

En base a estos criterios y una recopilación de las características de cada metodología revisada en la literatura [24][22], se ha proporcionado algunos detalles que no se encontraban en la RSL, mismos que se incluyen en la TABLA V mostrando una comparativa de las cuatro metodologías elegidas, permitiendo tener una perspectiva de las ventajas y desventajas de la mismas.

TABLA V. METODOLOGÍAS PARA DESARROLLO DE SMA.

Metodología →	MASINA	MAS-CommonKADS	INGENIAS	Prometheus
Criterio ↓				
Arquitectura agente	Independiente	Independiente	Independiente	Independiente
Herramienta de soporte	SISGECOMA	-	INGENIAS Development kit	Prometheus Design Tool kit
Documentación disponible	Algunos detalles	Pocos detalles	Suficientes detalles	Algunos detalles
Ciclo de Vida	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Conceptualización</i> - <i>Análisis y Diseño</i> - <i>Codificación y Prueba</i> - <i>Integración</i> - <i>Operación y mantenimiento</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Conceptualización</i> - <i>Análisis</i> - <i>Modelado de agentes</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Requisitos</i> - <i>Análisis</i> - <i>Diseño</i> - <i>Implementación</i> - <i>Pruebas</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Especificaciones del sistema</i> - <i>Arquitectura del sistema</i> - <i>Diseño detallado del sistema</i>
Enfoque hacia el desarrollo SMA	Si	Si	Si	Si
UML	Si	Si	NO (GOPRR ⁷)	Si
Ambientes orientados	Industriales	Sistemas Expertos	General	Académico e Industria

⁷ Graph, Object, Property, Relationship, and Role

Realizada la comparativa entre las diferentes metodologías, se observó que cada una posee sus ventajas, desventajas y cosas en común. Si bien todos los aspectos analizados son importantes, la Herramienta de soporte, el Ciclo de Vida, y Ambientes orientados tuvieron mayor relevancia debido a que, una herramienta facilita de forma amplia la elaboración de SMA, que junto con un ciclo bien definido y con etapas claras llevan al fácil desarrollo del sistema; además, se ha de tener en cuenta a que ámbitos está dirigida la metodología, eligiendo la que más se acerque al objeto de estudio de este TT.

6.1.3.1 Selección de la metodología para el desarrollo del SMA

En base al análisis realizado en la sección 6.1.3 se concluyó, que cada metodología tiene sus ventajas, desventajas, y también características similares entre sí. De esta manera, las cuatro metodologías coinciden la Arquitectura agente, el enfoque hacia el desarrollo SMA y el soporte para UML, excepto la metodología INGENIAS cuyo modelado se denomina GOPRR, pero cabe mencionar que es muy similar a UML.

En lo referente a la herramienta de soporte, tanto MASINA, INGENIAS y Prometheus la poseen, pero solo la herramienta de INGENIAS fue encontrada en su página oficial⁸, aspecto importante para su selección, y que también tuvo fuerte relación con los detalles documentales en páginas oficiales y en artículos científicos.

Otro de los puntos que se consideró fuerte para la selección, es la similitud que el ciclo de vida de la metodología tiene con relación a las fases principales del ciclo de vida para el desarrollo de software, que tanto MASINA como INGENIAS fueron las que más se asemejaron en esta característica.

Se concluyó que la Metodología INGENIAS es la más apropiada para la construcción de SMA, tomando en cuenta que es una metodología orientada al desarrollo de agentes en general y con características muy potentes.

6.1.4 Selección de la herramienta para el desarrollo del SMA

Existe múltiples herramientas para el desarrollo de agente inteligentes entre las que destacan: AgentBuilder, JACK, JADE y ZEUS. En base a la RSL (Ver Anexo 1) la herramienta que más se mencionó en la literatura consultada para el desarrollo de SMA

⁸ <http://ingenias.sourceforge.net/> ultimo acceso 2018-11-08

fue el framework JADE [3][48][50][51][12][54]. Principalmente por las ventajas que esta herramienta presenta como:

- La arquitectura base con la que puede trabajar JADE no está sujeta a BDI como otras herramientas.
- Soporta el desarrollo de agentes independiente del tipo.
- El estándar para el protocolo de mensajes es el ACL FIPA.
- Soporta el lenguaje JAVA, ampliamente usado en el desarrollo en general y además de uso libre.
- JADE presenta una licencia LGPL, es decir esta liberada para su uso.
- Posee una interfaz gráfica para su manipulación.
- Existe documentación suficiente y ejemplos en la Web.

Por estas ventajas y además por el amplio uso que ya se le ha dado en diferentes investigaciones relacionadas al objeto de estudio del presente TT, se seleccionó la herramienta JADE para el desarrollo de los agentes inteligentes.

6.1.5 Análisis y selección de la metodología para desarrollo de ontologías

Similar a los SMA, el desarrollo de una Ontología debe basarse en una metodología para la certificación del producto final. Es por ello que [12] realiza una comparativa entre distintas metodologías para la construcción de ontologías.

Dichas metodologías fueron comparadas en base a un conjunto de criterios que se exponen a continuación:

- **Documentación:** cantidad de documentación disponible en sitios oficiales y accesibles.
- **Reutilización:** capacidad de replicar los pasos de la metodología para otro caso de estudio.
- **Basado en estándares:** criterio que evalúa si la metodología se basa en estándares internacionales que garanticen la calidad de esta.
- **Herramientas de soporte:** software u otra herramienta que den soporte o facilite su aplicación.
- **Facilidad de uso:** sencillez para aplicar los pasos con los que cuenta la metodología.
- **Ciclo de vida:** evalúa si la metodología posee un ciclo de vida definido, con algunas de las actividades comunes en la construcción de ontologías.

Basado en la comparativa realizada por [12], se eligió la metodología METHONTOLOGY, por ser usada en estudios relacionados al objeto de estudio del presente TT [50][57], y además por las siguientes características: Es una de las metodologías que se enfoca en la reutilización, además de esto cuenta con el estándar IEEE 1074 y presenta un ciclo de vida recomendado para la construcción de la ontología. Esta metodología también utiliza un proceso iterativo, permitiendo la entrega de software en pequeños incrementos, pudiendo así el desarrollador realizar tareas de control, aseguramiento de calidad y adquisición de conocimiento.

6.1.6 Análisis y selección de la herramienta para el desarrollo de la ontología

En lo referente al criterio de selección para las herramientas usadas en el desarrollo de la ontología, se consideró pertinente seleccionarlas en base a la RSL, tomando las herramienta que predominaron en los estudios revisados [50][51][12], estos estudios ya han determinado la más recomendada para el caso de estudio, y en su mayoría coincidieron en la utilización de “Protégé” para el modelamiento de la ontología y en framework JENA para el razonamiento de la misma.

Protégé: Permitió el modelamiento de la ontología, sus características principales son:

- Posee una interfaz gráfica para el diseño de la ontología.
- Los lenguajes soportados para la importación de ontologías son RDF(S) y OWL.
- Los lenguajes soportados para la exportación de ontologías son RDF(S), OWL, CLIPS, Java y html.
- La manera en que se almacena la ontología es en Archivos y DBMS (Data Base Management System).
- Posee gran cantidad de documentación y ejemplos en la Web.

JENA: Se utilizó para poblar la ontología y consultarla, sus características principales son:

- API para la lectura, procesamiento y escritura de datos RDF en XML.
- API para la gestión de ontologías OWL y RDFS.
- Posee un motor de inferencia para razonar sobre ontologías RDF y OWL.
- Almacenamiento para una gran cantidad de tripletas RDF.
- Un motor de búsqueda compatible con la última especificación de SPARQL.
- Servidores para permitir que los datos RDF se puedan publicar en otras aplicaciones utilizando diferentes protocolos, incluyendo SPARQL

6.1.7 Diseño del Perfil Inteligente del Estudiante

En los trabajos identificados en la RSL, se cita la definición de perfil de usuario como *“perfil es el modelado de un objeto en forma compacta mediante sus características primordiales. En el caso de un perfil de usuario de un sistema de software, éste puede comprender tanto datos personales y características del sistema computacional, como también patrones de comportamiento, intereses personales y preferencias. Este modelo de usuario está representado por una estructura de datos adecuada para su análisis, recuperación y utilización”* [30].

En el caso de estudio del presente TT se diseñó el perfil del estudiante con el fin de conocer sus características, preferencias y necesidades, las cuales pueden ser: datos personales, tales como, su identificación, nombre, sexo, lugar de origen, nivel de estudios, carrera, institución donde estudia; características de contexto, es decir aquella información que permita identificar la situación actual del estudiante [57], otra de las características que puede incluirse es lo referentes a su historial académico donde se muestra sus logros y competencias obtenidas [30]. En un estudio que aplica la *“Minería de datos educativa para identificar la relación entre cociente intelectual, estilos de aprendizaje, inteligencia emocional e inteligencias múltiples de estudiantes de ingeniería”* [33] se define el perfil inteligente del estudiante como la medición objetiva de cuatro características, el cociente intelectual, las inteligencias múltiples, los estilos de aprendizaje e inteligencia emocional. Algunas de las características mencionadas se tomaron en cuenta para proponer el perfil del estudiante para este caso de estudio, mismas que se detallan en la Figura 9, y en párrafos posteriores. El aspecto de contexto permitió describir el entorno actual de aprendizaje del estudiante, y basado en [57] se especificó la información contextual espacial, y tecnológica. En el mismo estudio además se detalla los aspectos de información básica, algunos de ellos considerados para el perfil del estudiante en este TT.

6.1.7.1 Estilos de Aprendizaje

Los estilos de aprendizaje se vienen analizando detenidamente en la educación actual, principalmente por el impacto que pueden causar al asociarlos con las TIC y más específicamente con los objetos de aprendizaje [57][30][58][59]. Si bien existen muchos modelos para determinar los estilos de aprendizaje [35]; como el modelo de Klob, Felder y Silverman o el modelo de VARK. Fue seleccionado este último por su simplicidad para

relacionarlo con los OAs, y por ser utilizado en algunos estudios que determinan los estilos de aprendizaje como [60][61][45][9].

Este modelo fue desarrollado por Neil Fleming en colaboración con Collen Mills en 1992, el mismo que constaba de 13 preguntas con tres o cuatro respuestas posibles. En septiembre del 2006 con la intención de darle mayor confiabilidad al test, se incrementó el número de preguntas a 16 con 4 respuestas cada una. Este modelo permite clasificar a las personas de acuerdo a su preferencia sensorial al procesar información, por sus siglas en inglés VARK corresponde a cuatro preferencias modales sensoriales: visual= visual, aural = auditivo, read/write = lectura/escritura, kinesthetic = kinestésico [45]. El test de VARK (ver Anexo 6), fue implementado dentro del SMA para determinar el estilo de aprendizaje y formar parte del perfil inteligente del estudiante.

6.1.7.2 Inteligencias Múltiples

Howard Gardner, un psicólogo y educador norteamericano propone la teoría de las inteligencias múltiples, en la cual refuta la creencia de una sola inteligencia y la define a la inteligencias como: *“la capacidad de resolver problemas o de crear productos que sean valiosos en una o más culturas”* [31]. Gardner manifiesta que se puede poseer una o varias inteligencias de entre las ocho propuestas: inteligencia lógico-matemática, inteligencia lingüística, inteligencia musical, Inteligencia ecológica, inteligencia interpersonal, inteligencia intrapersonal, inteligencia espacial, inteligencia kinestésica; cada una desarrollada en mayor o menor medida. De igual manera se utilizó el test de Garner usado en [33] para determinar las inteligencias múltiples del individuo, el mismo que consta de 35 preguntas y determina el nivel de desarrollo de 7 de las 8 inteligencias (ver Anexo 6), estas inteligencias forman parte del perfil inteligente.

6.1.7.3 Perfil Inteligente

El perfil definido para el TT consta de información básica como: nombre, apellido, edad, correo; además se integró el cuestionario de VARK para determinar los estilos de aprendizaje, conjuntamente con el cuestionario de Gardner para determinar las inteligencias múltiples; también se obtuvo información contextual, temporal y espacial dentro del sistema.

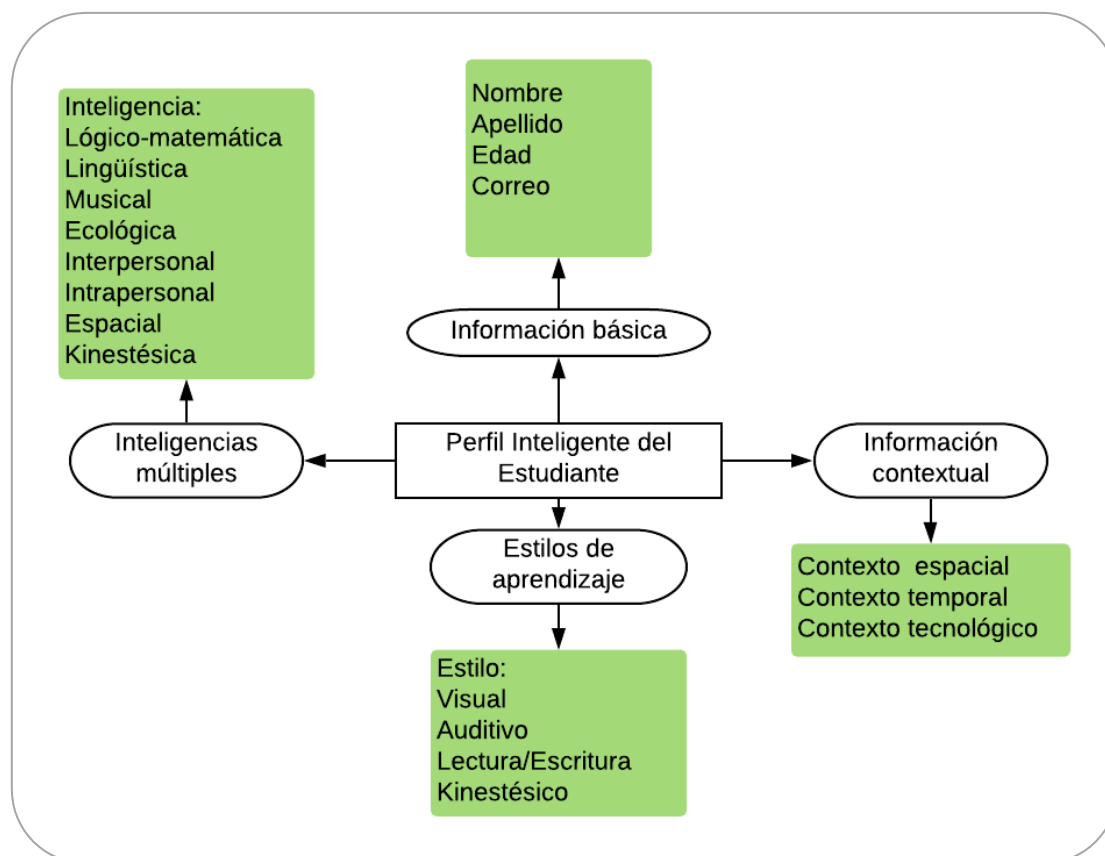


Figura 9. Perfil Inteligente del Estudiante

6.1.8 Representación Ontológica de los Elementos

La representación ontológica de elementos permitió especificar conceptos, relaciones y objetos en un área de conocimiento determinada, estableciendo un estándar para la comunicación entre personas, organizaciones y/o aplicaciones. Dentro del SMA la ontología permitió que los agentes compartan el mismo conocimiento y puedan entender las palabras en el lenguaje de comunicación que usen. Además de esto la ontología permitió lograr interoperabilidad entre sistemas informáticos [21].

Para modelar el dominio de los elementos que influyen en el desarrollo del SMA se utilizó METHONTOLOGY, metodología seleccionada en la sección 6.1.5 principalmente por el proceso de desarrollo iterativo que presenta, el cual consta de cinco fases que se muestran en la Figura 10.

Para observar cada una de estas fases desarrolladas a detalle, se puede ver el Anexo 2, en el cual se detalla todos los aspectos realizados para representar el conocimiento referente a los OAs, perfil del estudiante y aspectos generales que influyan en el

contexto; y que posteriormente permitieron integrarse con el SMA. Como resultado de esta etapa se muestra la taxonomía en la Figura 11.

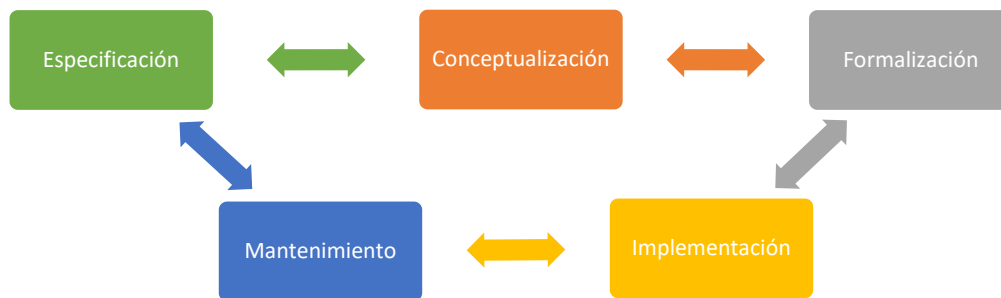


Figura 10. Proceso de desarrollo Methontology. Adaptado de [57].

Una vez que se obtuvo la taxonomía se procedió a implementar este modelo en el software para ontologías “Protégé”; esta implementación, así como el código generado en la fase de implementación se muestra en el Anexo 2.

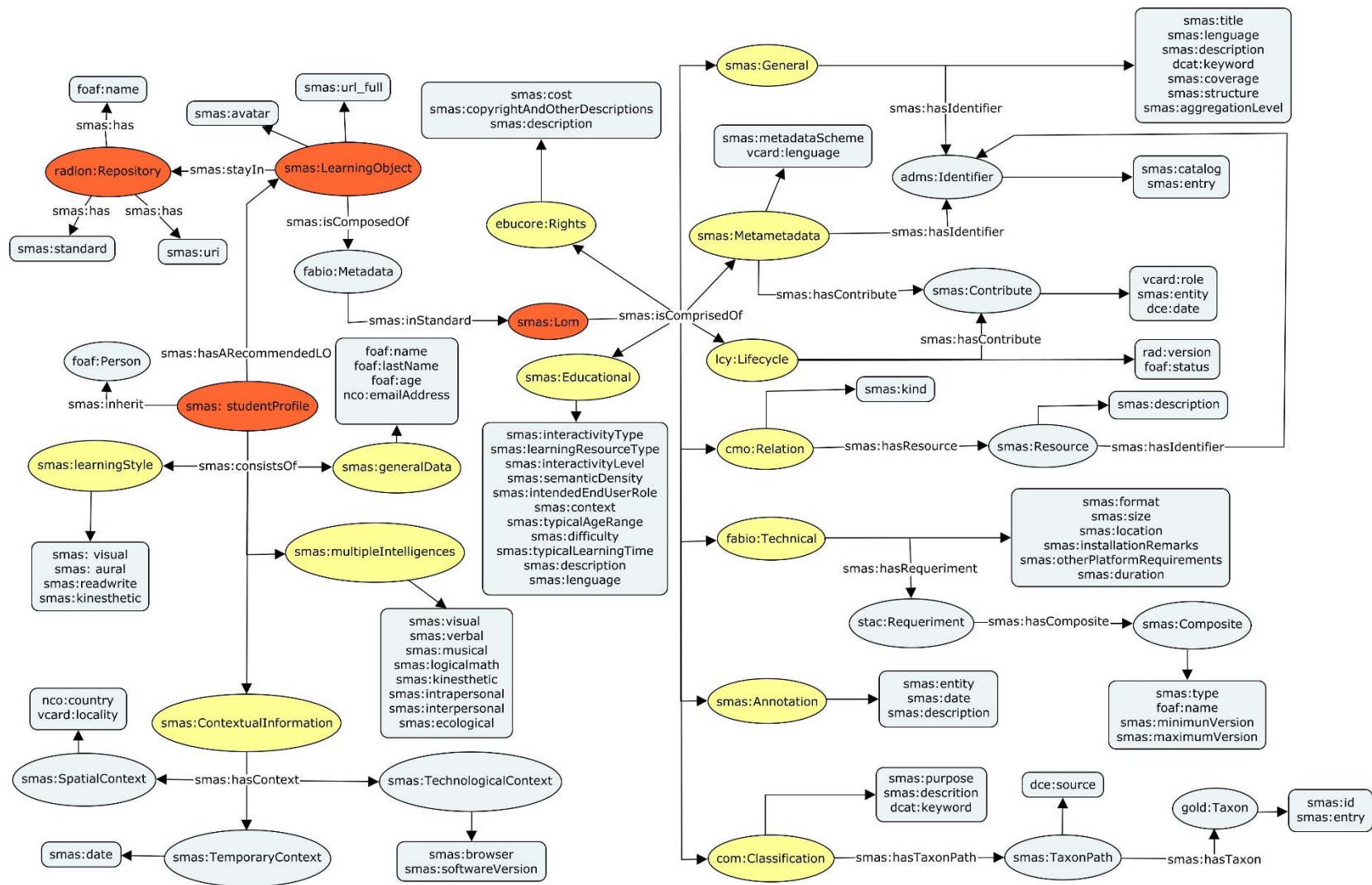


Figura 11. Taxonomía de la ontología.

6.1.9 Diseño de la Arquitectura Multiagente

Como resultado del primer objetivo, después de haber analizado herramientas, metodologías, repositorios, ontologías, entre otros. Se obtuvo la arquitectura del SMA, para ello se usó la metodología INGENIAS basada en 5 meta-modelos, así mismo se realizó la fase de análisis de requerimientos del sistema y diseño preliminar (ver Anexo 3). El desarrollo de esta fase está detallado en el Anexo 4; por lo que a continuación se realiza una descripción de cada modelo, y se presenta los diagramas más relevantes.

6.1.9.1 Conceptualización del SMA

Esta primera etapa permitió determinar el problema que se pretende resolver con el desarrollo del SMA; el dominio de la aplicación, en este caso los repositorios ViSH, ROA-Cedia y EducalInternet; así mismo se estableció la simbología que se utilizó a lo largo de los diagramas (ver Figura 13). Luego se obtuvo el diagrama de casos de uso que se muestra en la Figura 12.

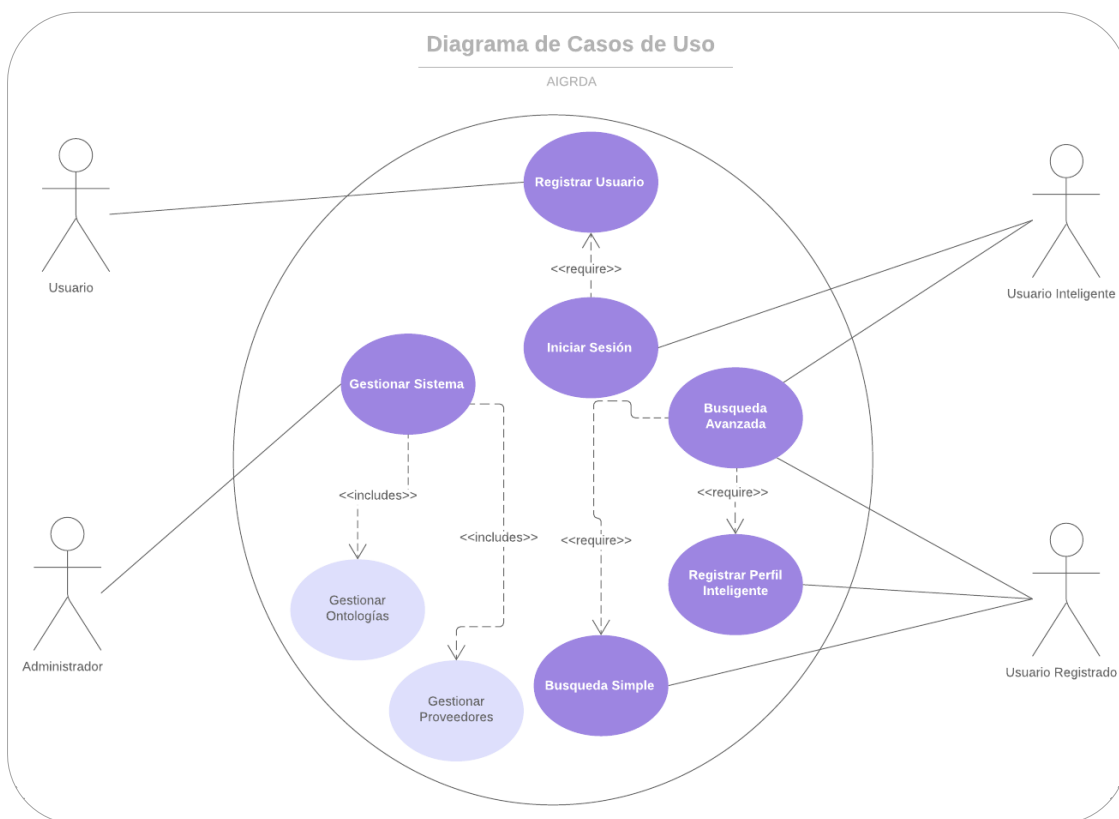


Figura 12. Diagrama de casos de uso

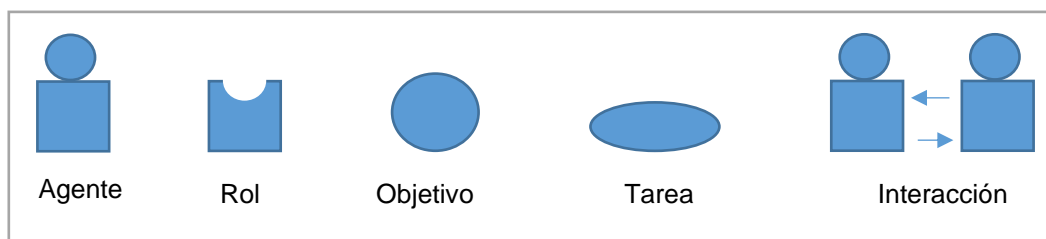


Figura 13. Simbología para el modelado de agentes.

Finalmente se definió el REAS para el SMA, especificando por cada agente sus características de rendimiento, entorno, actuadores y sensores en la TABLA VI, las mismas que sirvieron de base para elaborar el diseño del sistema conjuntamente con los casos de uso.

TABLA VI. AGENTES Y REAS.

Agente	Rendimiento	Entorno	Actuadores	Sensores
Agente Interfaz	Medir comunicación del usuario con el sistema.	Sitio Web, sistema multiagente (SMA), conjunto de usuarios.	Peticiones, inputs, clic's.	Teclado, mouse, inputs.
Agente Coordinador	Medir aciertos al inicializar agentes	Sitio Web, SMA.	Peticiones de inicialización.	Mensajes ACL.
Agente Gestor de Repositorios	Porcentaje de OAs almacenados en ontología	SMA, Repositorios de OAs	Peticiones http, API de Repositorios.	Mensajes ACL, ontología, puerto http.
Agente Perfil del Estudiante	Obtención del perfil del estudiante.	Servidor Web, SMA, pantalla, conjunto de usuarios.	Peticiones, inputs, clic's.	Formularios, teclado, mouse, ontología.
Agente Buscador	Medir la búsqueda de OAs acorde al perfil.	SMA, ontología, conjunto de usuarios.	Peticiones de búsqueda	Ontología, Mensajes ACL, pantalla.

6.1.9.2 Diseño del SMA

Para el diseño de la arquitectura, INGENIAS especifica cinco metamodelos, estos son: el modelo de organización, modelo de agentes, modelo de objetivos y tareas, modelo de interacción y modelo de entono. El desarrollador tiene la libertad de elegir el modelo que considere para empezar [28]. En el presente TT se ha considerado al modelo de agentes como el primer modelo a desarrollar, para finalizar con el modelo de organización; debido a que este modelo define la arquitectura del sistema [28]. Esta etapa tomó como base los casos de uso especificados en la sección 1.5 y la herramienta INGENIAS Development Kit.

- **Modelo de Agentes**

El diseño del SMA inició con el modelo de agentes, especificando los objetivos que persiguen el agente y el papel que desempeña dentro del sistema, como ejemplo se muestra el modelo del agente interfaz en la Figura 14.

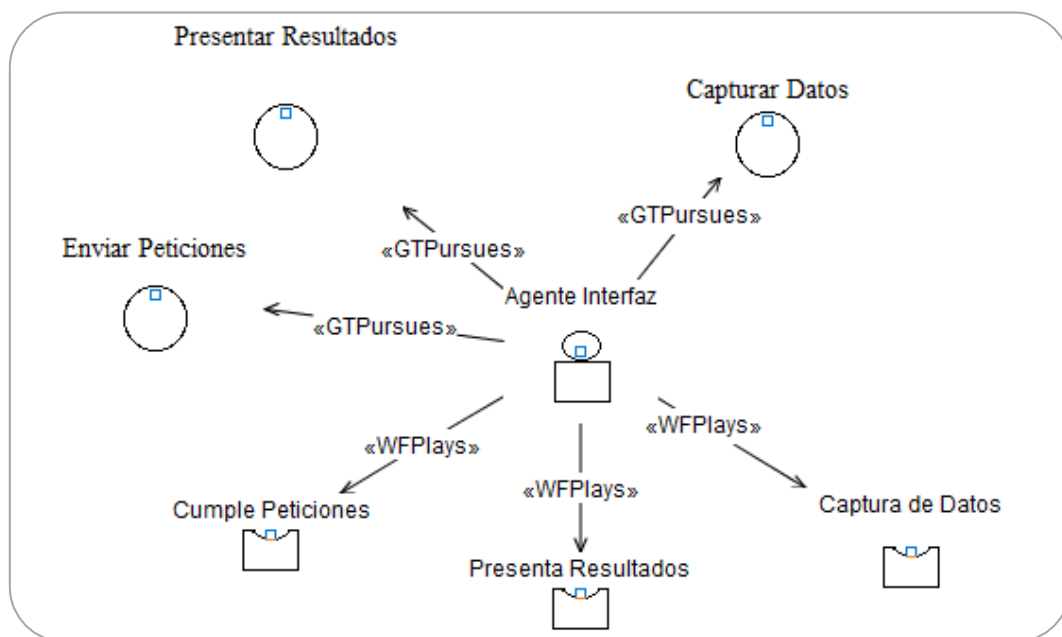


Figura 14. Agente Interfaz.

- **Modelo de Objetivos y Tareas**

La descripción detallada de los objetivos y tareas se presenta en el Anexo 4 sección 1.8; este modelo muestra las tareas que deben cumplirse para satisfacer o cumplir los objetivos planteados por cada agente; además incluye los recursos e interacciones que

usa o accede determinada tarea; en la Figura 15 se observa el modelo de objetivos y tareas del agente perfil del estudiante.

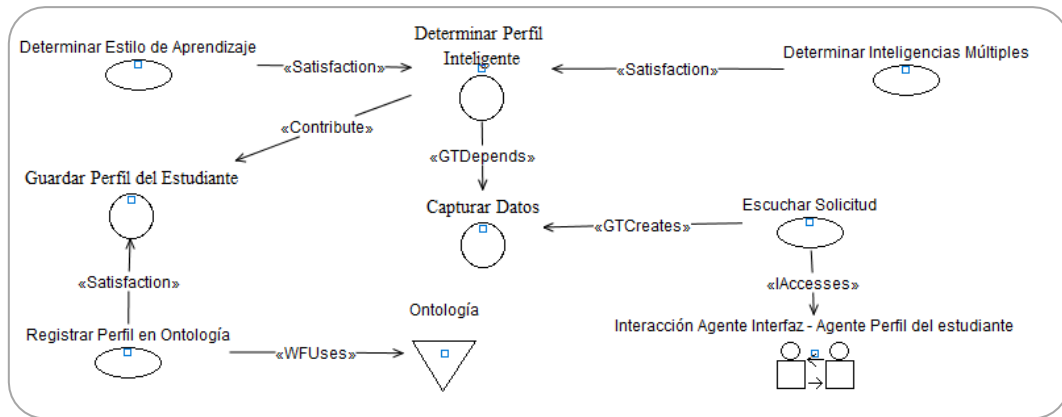


Figura 15. Objetivos y Tareas Agente Perfil del Estudiante

- **Modelo de Comunicación**

El modelo de comunicación presenta los actos de habla que determinan un conjunto de primitivas con las que se comunican los agentes. El ejemplo más claro e importante es la comunicación usada para realizar una búsqueda, en la cual intervienen tres agentes, mostrados en la Figura 16.

Si bien este modelo no forma parte del modelado INGENIAS, otras metodologías analizadas como MASINA en [62], si lo consideran; es por ello que se añadió al desarrollo del presente TT, principalmente por la importancia dentro del diseño de cualquier arquitectura.

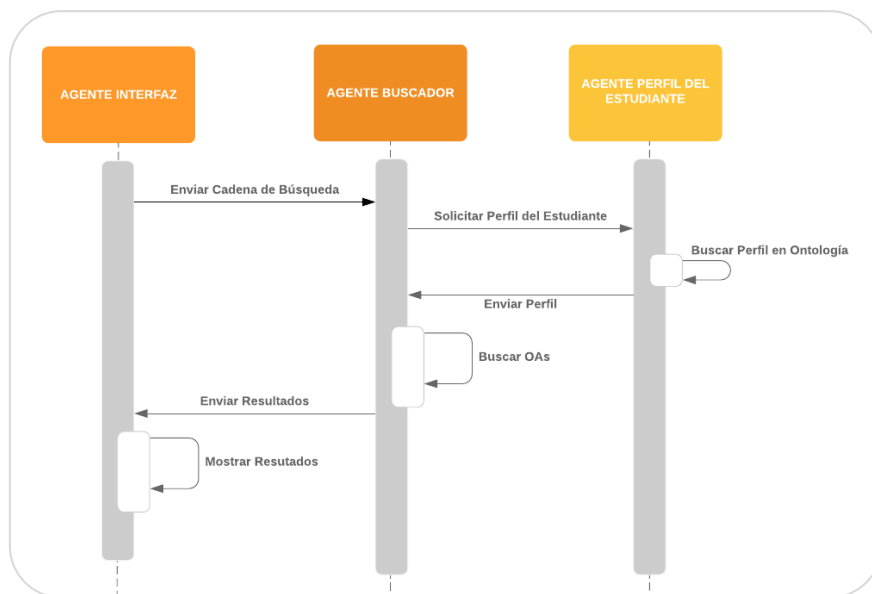


Figura 16. Diagrama de comunicación para recomendación de OAs.

- **Modelo de Interacción**

Estos modelos muestran cómo interactúan los agentes entre sí para cumplir cierto objetivo; se incluyeron los objetivos que persigue la interacción, así como los roles con los que colabora. Como ejemplo se muestra la Figura 17, la misma que especifica la interacción de agente interfaz con el agente buscador.

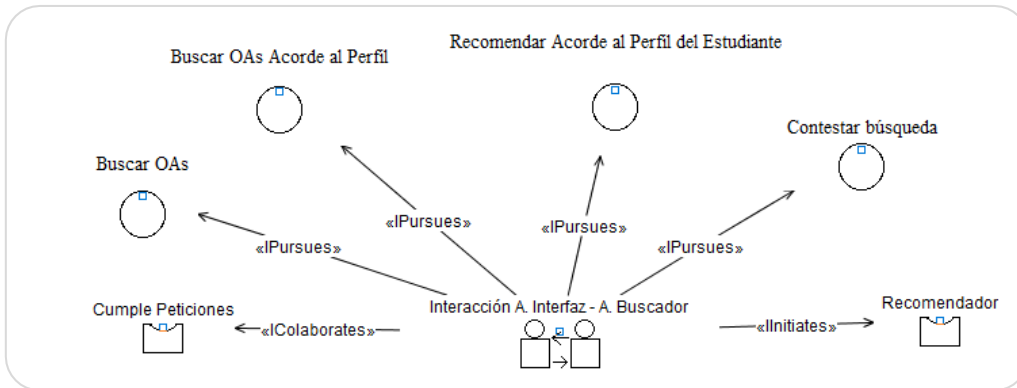


Figura 17. Interacción Agente Interfaz – Buscador.

- **Modelo de Entorno**

El entorno representa el lugar donde se desenvuelve el agente; Un SMA constituye un entorno el cual se divide en varios subentornos, los mismos que incluyen agentes, tipo de recursos y aplicaciones a utilizar. Uno de ellos es el entorno de repositorios, el cual se encarga de gestionar los repositorios Web, como se ilustra en la Figura 18.

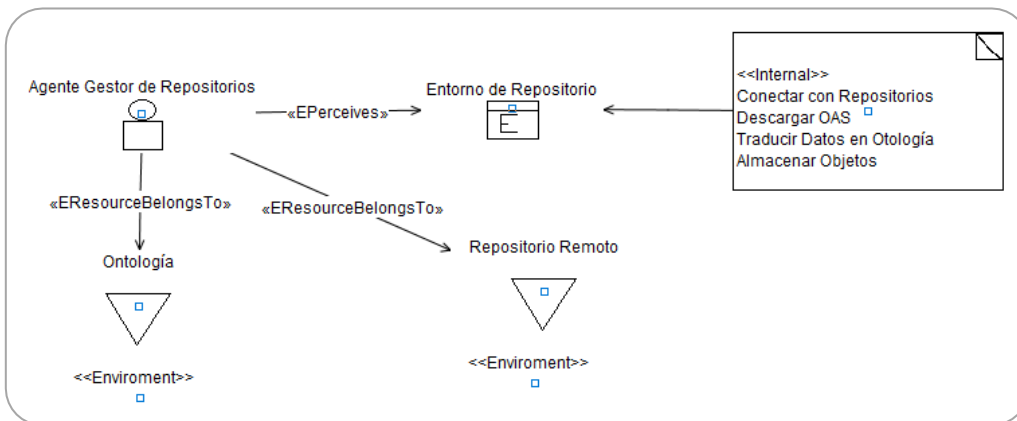


Figura 18. Entorno de Repositorios.

- **Arquitectura del SMA**

El último modelo planteado fue el modelo de organización, el cual constituye el resultado final que determina la arquitectura del sistema. Para una mejor visión de la arquitectura

resultante se trasladó el modelo de organización a un diagrama presentado en la Figura 19; en la cual se muestra el flujo de comunicación entre los agentes, así como los recursos a los que accede; el modelo de arquitectura mediante la herramienta de ingenierías puede ser visualizado en el Anexo 4 sección 1.12.

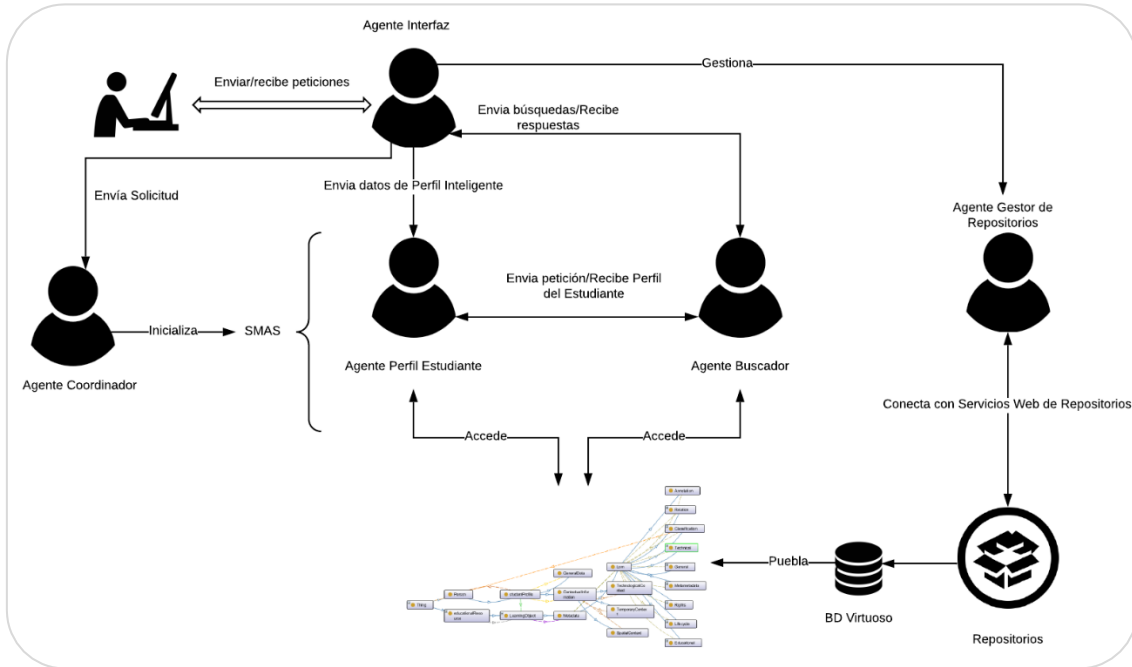


Figura 19. Arquitectura sistema SMA.

6.2. OBJETIVO II: Implementar la arquitectura de sistema multiagente en una interfaz.

En base a la arquitectura planteada en el objetivo I, se implantó el SMA mediante el framework JADE, así como también la programación para el poblado semiautomático de la ontología con los objetos de aprendizaje, desde los repositorios ROA-Cedia, ViSH y EducalInternet. Finalmente se desarrolló la interfaz para que el usuario pueda interactuar con el SMA, mediante lenguaje de etiquetas HTML, CSS, y el lenguaje de programación Java, esto debido a la facilidad de integración que permite con el framework JADE. El código de esta implementación se encuentra alojado en el repositorio GitHub⁹, así como sus manuales y archivos complementarios.

La arquitectura de SMA cuenta con 5 agentes, cada uno de ellos fue programado mediante código JADE en cinco clases diferentes, las mismas que se detallan en la TABLA VII. Por cada agente, se detalla más a fondo sus funciones principales al largo de la presente subsección.

TABLA VII. CLASES DEL SMA Y SUS MÉTODOS.

Clases	Descripción	Métodos
AgenteCoordinador.java	Implementación del agente coordinador, encargado de inicializar los agentes del sistema.	setup()
		takeDown()
AgenteGestorRepositorio.java	Implementación del agente gestor de repositorio, contiene métodos para descargar los metadatos y guardarlos en la ontología.	GetCodemetadata()
		GetLearningObjetcs()
		GetMetadata()
		GetPages()
		setup()
		takeDown()
AgenteInterfaz.java	Clase que contiene el código del agente interfaz, hereda de GatewayAgent .	processCommand()
		setup()
AgentePerfilEstudiante.java	Clase que contiene la funcionalidad del agente perfil del estudiante, encargado de determinar las preferencias de los usuarios mediante test; y enviar estas preferencias al SMA.	setup()
		takeDown()
		EstiloAprendizaje()
		InteligenciasMultiples()
		GetEstilos()
		GetInteligencias()

⁹ <https://github.com/alexrc/Sistema-Multiagente-de-Recomendacion>

Clases	Descripción	Métodos
AgenteBuscador.java	Implementación del agente buscador de OAs, contiene el código necesario para realizar la búsqueda de OAs en la ontología acorde a las especificaciones enviadas por el agente interfaz.	setup()
		takeDown()
		BusquedaSimple()
		BusquedaAvanzada()
		BusquedaInteligencias()

6.2.1 Agente Gestor de Repositorio (AGR)

El agente gestor de repositorio es el encargado de gestionar los objetos de aprendizaje de los repositorios seleccionados, y poblar la ontología con los metadatos de los mismos. Esto se realizó de manera semiautomática, "consiste en establecer las reglas de mapeo de los metadatos, con las clases y propiedades de las ontologías mediante un archivo XML que permita describir estas reglas" [10].

El funcionamiento del AGR nace desde una petición por parte del agente interfaz para agregar un nuevo repositorio; y de esta manera se da inicio al proceso de poblado de la ontología con los metadatos descargados desde el repositorio. Para ello, el método **setup** inicia el agente, y seguidamente se agrega un comportamiento **CyclicBehaviour**, este tipo de comportamientos propios de JADE siempre se están ejecutando, esperando recibir alguna petición; en el caso del AGR, espera recibir la dirección de un repositorio para agregarlo y descargar sus metadatos.

La conexión con los repositorios se realizó mediante la API de ViSH. Al ser un proyecto de código abierto la documentación y el código de la API está disponible en su cuenta Github, Independiente del repositorio, si este es una implementación de ViSH, solo se debe ingresar la URL base para su conexión; las URL de los repositorios se muestran en la Figura 20, y es a partir de ellas que empieza la descarga de OAs.

```
ROA-CEDIA: "https://roa.cedia.edu.ec"
VISH: " http://vishub.org"
EducaInternet: " http://educainternet.es"
```

Figura 20. URL para conexión con repositorio.

- **Comportamiento AGR**

El comportamiento del AGR se muestra en la Figura 21; en la cual, mediante peticiones HTTP (URL) se comunica con el repositorio, se obtiene un JSON con los OAs, y por cada elemento se llama a la función **GetMetadata**; dicha función es la encargada de descargar y almacenar los objetos de aprendizaje.

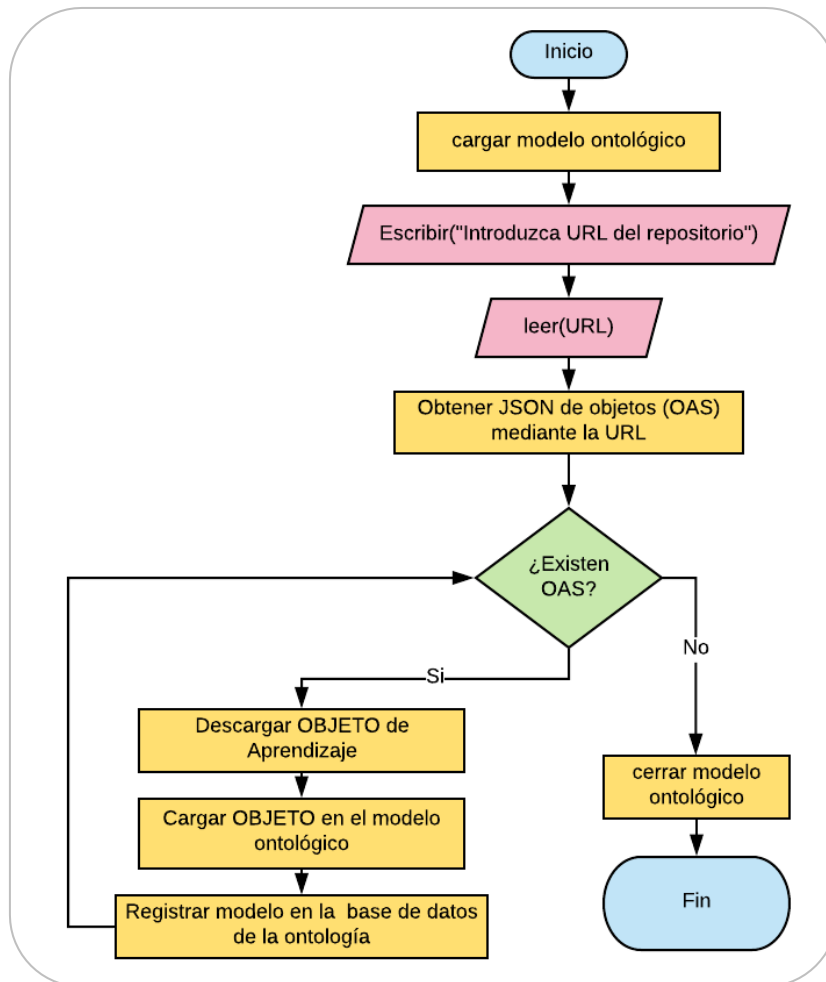


Figura 21. Diagrama de flujo del comportamiento AGR.

La función **GetMetadata** recibe la URL donde se encuentran los metadatos del OA, se crea un modelo con las clases y propiedades de la ontología (ver Anexo 2: Desarrollo de la Ontología) y seguidamente se guarda los metadatos en el modelo, para finalmente registrar estos datos en el servidor Virtuoso; en la Figura 21 se presenta el diagrama de flujo para realizar el poblado de la ontología con el apartado de derechos de autor (Rights). De manera similar ocurre para el resto de apartados como: General, Technical, Life Cycle, Metametadata, Educational, de los cuales se extraen sus nodos hijos y son almacenados en el modelo de la ontología.

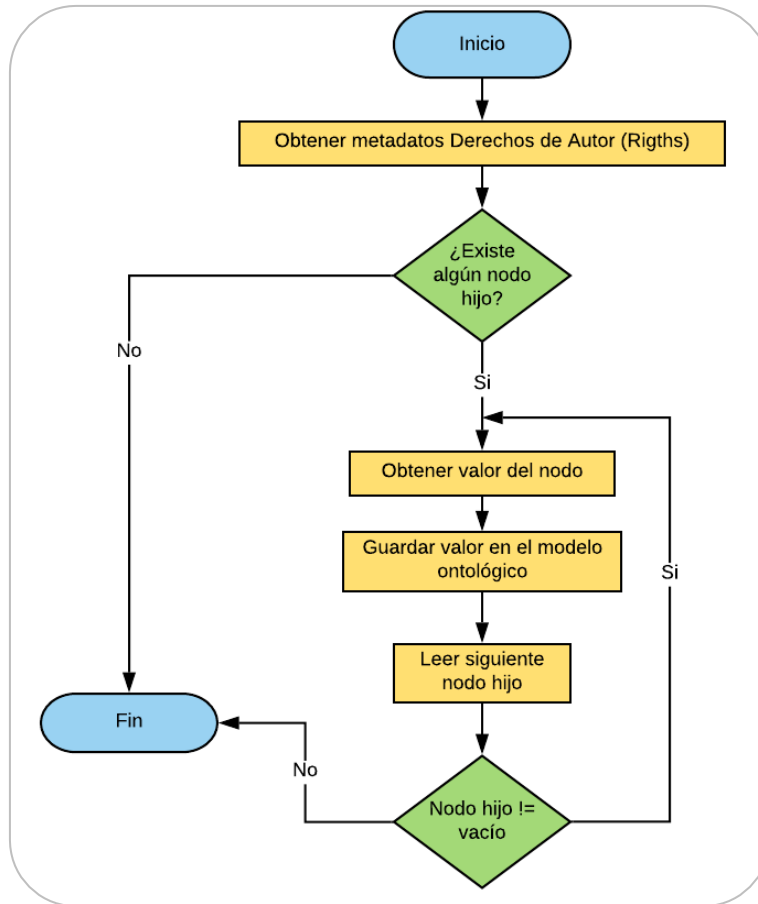


Figura 22. Diagrama de flujo de para descargar metadatos de Rights.

El servidor Virtuoso es un híbrido entre middleware y motor de base de datos, este motor permite almacenar tripletas de ontologías, y es aquí en donde se guardó todo el esquema y metadatos de los OAs.

Cada cierto número de OAs, se envía el modelo para que sea guardado en Virtuoso con la función **add(model)** y la conexión **set**. Los OAs son almacenados en la base de datos <http://LearningObjects>, guardando toda la información del estándar IEEE-LOM mediante la notación que muestra la Figura 23.

LearningObject	Categoria
http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#Excursion.667@vishub.org	http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#Educ_Excursion.667@vishub.org
http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#Excursion.667@vishub.org	http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#Gen_Excursion.667@vishub.org
http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#Excursion.667@vishub.org	http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#Lc_Excursion.667@vishub.org
http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#Excursion.667@vishub.org	http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#M_Excursion.667@vishub.org
http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#Excursion.667@vishub.org	http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#R_Excursion.667@vishub.org
http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#Excursion.667@vishub.org	http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#T_Excursion.667@vishub.org

Figura 23. Ejemplo de tripletas en ontología.

El AGR también implementa un comportamiento **TickerBehaviour**, este tipo de comportamientos tiene la cualidad de que se puede ejecutar automáticamente cada cierto tiempo; fue programado para que cada semana se actualicen los repositorios y se descargue automáticamente los objetos de aprendizaje que han sido añadidos al repositorio. El comportamiento realiza la conexión mediante la API, descarga los resultados en JSON y posteriormente usa la función **GetMetadata** para descargar los metadatos.

6.2.2 Agente Interfaz

Es el encargado de comunicar la interfaz Web con el SMA, para ello se utilizó una clase especial de JADE, llamada **GatewayAgent**; esta clase crea una pasarela que permite conectar código no JADE con sistemas multiagente. Al ser un sistema desarrollado en JSP (Java Server Pages), se trabajó con servlets, estos son programas que se ejecutan en un servidor y que permiten mostrar contenido dinámico. Es dentro de estos programas en donde se inicializa el agente interfaz mediante el método **init** propio de los servlets, el cual se encarga de inicializar el agente Gateway (interfaz) con las propiedades del localhost, el puerto 1099 y la clase del agente interfaz

Al heredar de **GatewayAgent**, para la comunicación fue necesario implementar dos métodos. El primero llamado **processCommand**, el cual establece la comunicación recibiendo un objeto con toda la información necesaria para trabajar, esta comunicación se realizó mediante una clase especial llamada **Mensaje** (ver Figura 24), la cual maneja todas las peticiones del SMA.

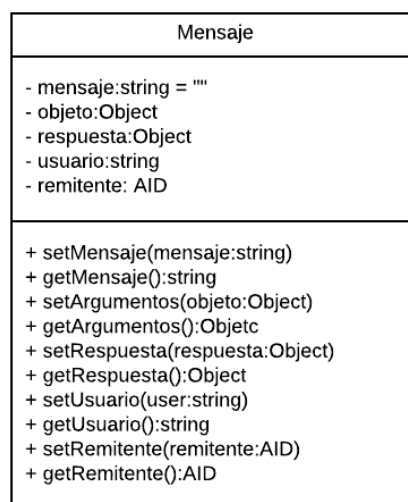


Figura 24. Clase Mensaje.

El segundo método implementado fue el **releaseCommand**, el cual una vez ejecutadas todas las operaciones del agente, devolverá el objeto (Mensaje) al servlet con la información que se considere oportuna como respuesta (ver Figura 25). Estos métodos son ejecutados después de llamar al método **execute** desde el servlet.

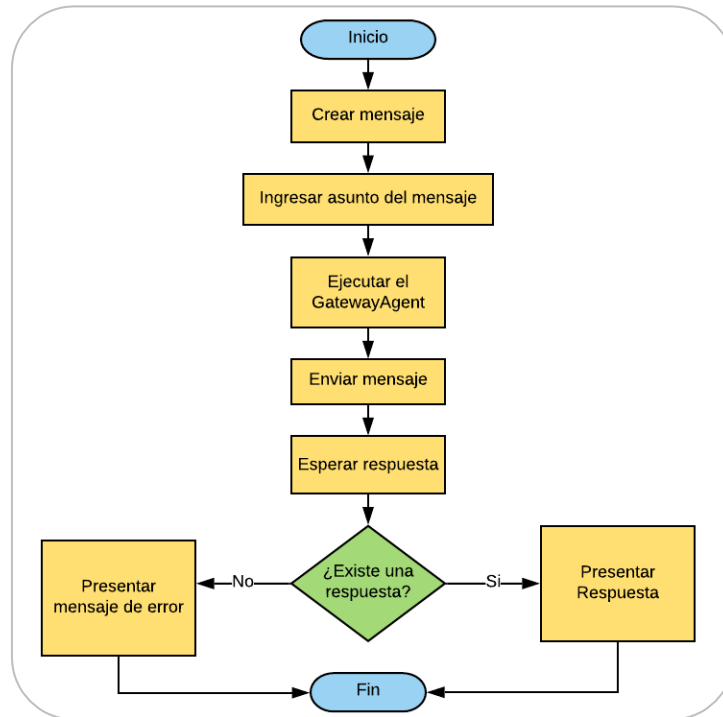


Figura 25. Ejecución del agente interfaz (GatewayAgent).

Los dos métodos mencionados contienen la lógica necesaria para comunicarse con determinado agente, dependiendo la **operación** que se especifique en el mensaje enviado desde la interfaz Web. Las operaciones que el agente interfaz puede realizar están mostradas en la TABLA VIII. Estas operaciones envían mensajes al agente involucrado, y esperan una respuesta para transmitirlo a la interfaz Web.

TABLA VIII. OPERACIONES DEL AGENTE INTERFAZ.

Acrónimo	Operación	Agente Involucrado
BS	Búsqueda simple	Agente Buscador
EA	Guardar estilos de aprendizaje	Agente Perfil del Estudiante
IM	Guardar inteligencias múltiples	Agente Perfil del Estudiante
BA	Búsqueda Avanzada	Agente Buscador
BI	Búsqueda por Inteligencias	Agente Buscador
IA	Inicializar Agentes	Agente Coordinador
AG	Agregar Repositorio	Agente Gestor de Repositorio

La comunicación entre agentes se realizó mediante la clase **ACL Message**, la misma que permite establecer el mensaje, destinatarios y otras características, como se observa en la Figura 26 tomada de [63] ; para posteriormente mediante el método **send()** enviar el mensaje.

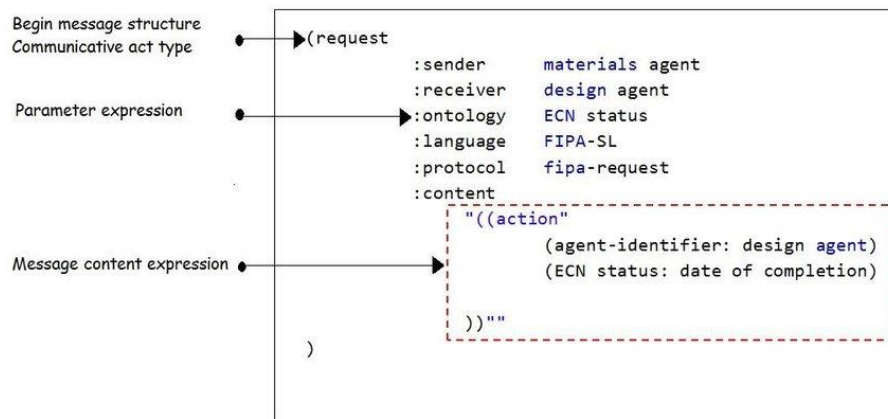


Figura 26. Parámetros FIPA ACL Mensaje.

Una vez ejecutada la operación solicitada se invoca al comportamiento **RecibirMensaje**, este comportamiento hereda de la clase **CyclicBehaviour**, esperando recibir un mensaje para transmitirlo al servlet mediante **releaseCommand**, y pueda visualizarse en la interfaz Web; este proceso se muestra en la Figura 27.

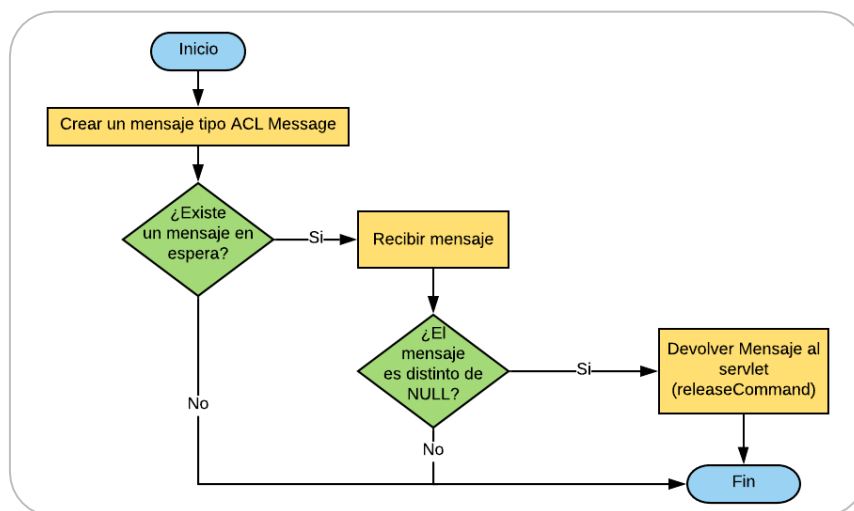


Figura 27. Diagrama de flujo para recibir un mensaje.

6.2.3 Agente Buscador

El trabajo principal del agente buscador consiste en la búsqueda avanzada de OAs, esto se realizó mediante el estilo de aprendizaje predominante, para cada estilos de

aprendizaje existe un conjunto de OAs recomendados; para ello se elaboró la TABLA IX en la que se presenta los recursos más recomendados por cada estilo; para la elaboración de esta tabla se ha basado en las investigaciones de [9][55][64].

Cada estilo de aprendizaje tiene recursos únicos que los representan, pero también existen recursos que pueden servir dentro de los cuatro estilos como es el caso de SCORM. La programación de esta tabla se realizó en la clase **Virtuoso**, en la cual se realiza la consulta SPARQL en la base de datos de Virtuoso, dependiendo el estilo de aprendizaje y las restricciones enviadas.

TABLA IX. OBJETOS DE APRENDIZAJE RECOMENDADOS PARA VARK.

Visual (0)	Auditivo (1)	Lectura-Escritura (2)	Kinestésico (3)
Excursión	Audio	Excursion	Excursion
Flash Object	Podcast	Officedoc	Flash Object
Link	SCORM	SCORM	Link
Picture	Embed	Ediphy Documents	SCORM
SCORM	Video		Web App
Video			Zip Document
Embed			Embed

La consulta SPARQL es llamada dentro del método **BúsquedaAvanzada** del agente buscador. Este método recibe los parámetros de búsqueda, y en caso de ser necesario envía un mensaje ACL al agente estudiante para solicitar los estilos de aprendizaje, cuando la respuesta es devuelta, se vuelve a ingresar al método **BúsquedaAvanzada** mediante una bandera; se calcula el estilo con mayor puntaje y se envía los datos al modelo para buscar en Virtuoso (ver Figura 28).

El agente buscador aparte de buscar mediante el estilo de aprendizaje, posee un módulo de recomendación de objetos basándose en las inteligencias múltiples, estos objetos se recomendarán automáticamente cuando el usuario visualice los detalles de un OA; y al igual que los estilos de aprendizaje, las inteligencias múltiples poseen OAs asignados para cada una; es por ello que para su recomendación se elaboró la TABLA X basada en [64], en donde se ha recogido algunas palabras claves y tipos de objetos para cada inteligencias.

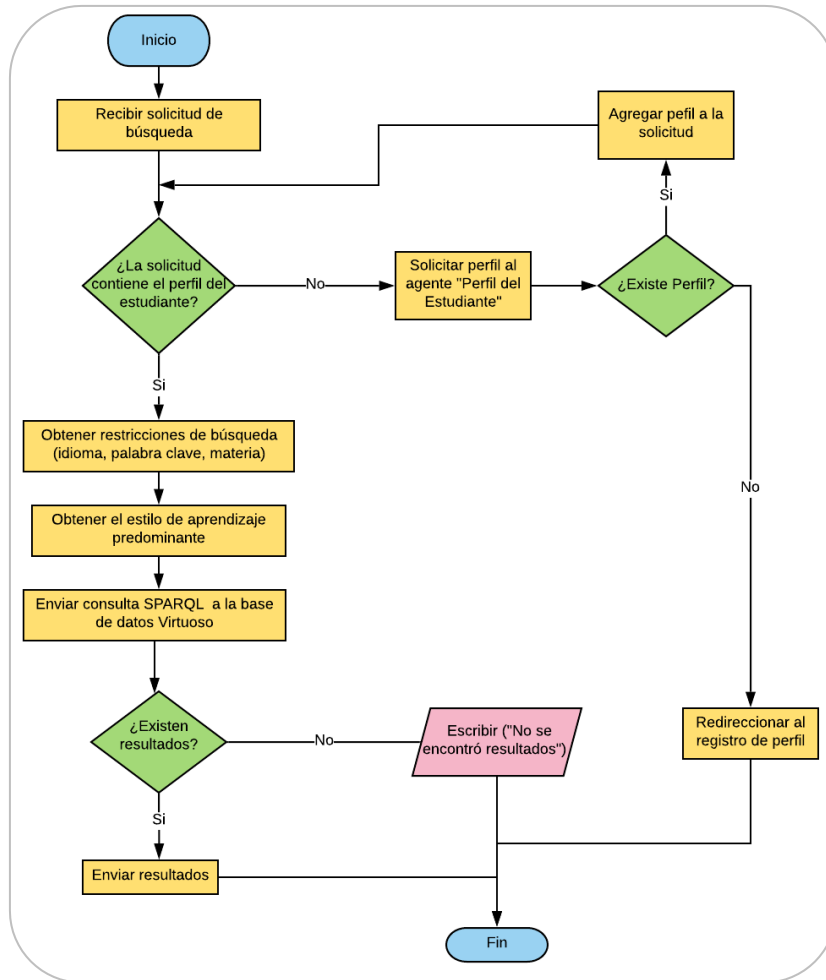


Figura 28. Diagrama de flujo de la búsqueda avanzada.

TABLA X. PALABRAS CLAVE PARA INTELIGENCIAS MÚLTIPLES.

Inteligencia	Objetos	Palabras clave
Verbal	Oficcedoc	Verbal
Lógico matemática	-	Maths, matemáticas, lógico, logical.
Visual-espacial	Picture, video, Swf	Visual, map, mapa, mapa conceptual, conceptual map.
Kinestésica	Swf, Web App	Game, juego, experimento, experiment, kinesthetic.
Musical	Audio	Podcast, audio, music, música.
Intrapersonal	-	Intrapersonal, reflexive.
Interpersonal	-	Interpersonal

De la misma manera la consulta SPARQL se realizó en base a las palabras claves de la TABLA X, y fueron programadas en la clase Virtuoso. El método que llama a esta consulta es el **BusquedaInteligencias**, el cual una vez que recibe las inteligencias múltiples del agente perfil del estudiante, realiza la consulta mediante la clase Virtuoso.

6.2.4 Agente Perfil del Estudiante

El estudiante o usuario del sistema tiene asignado un agente que determina su perfil, el mismo que recoge los datos del agente interfaz y se encarga de calcular el perfil inteligente, tanto sus inteligencias múltiples como sus estilos de aprendizaje.

Este agente implementa un comportamiento **CyclicBehaviour**, que tiene la posibilidad de ejecutar cuatro operaciones, que son: determinar y guardar estilos de aprendizaje; determinar y guardar inteligencias múltiples; y devolver tanto los estilos como las inteligencias como lo muestra la Figura 29.

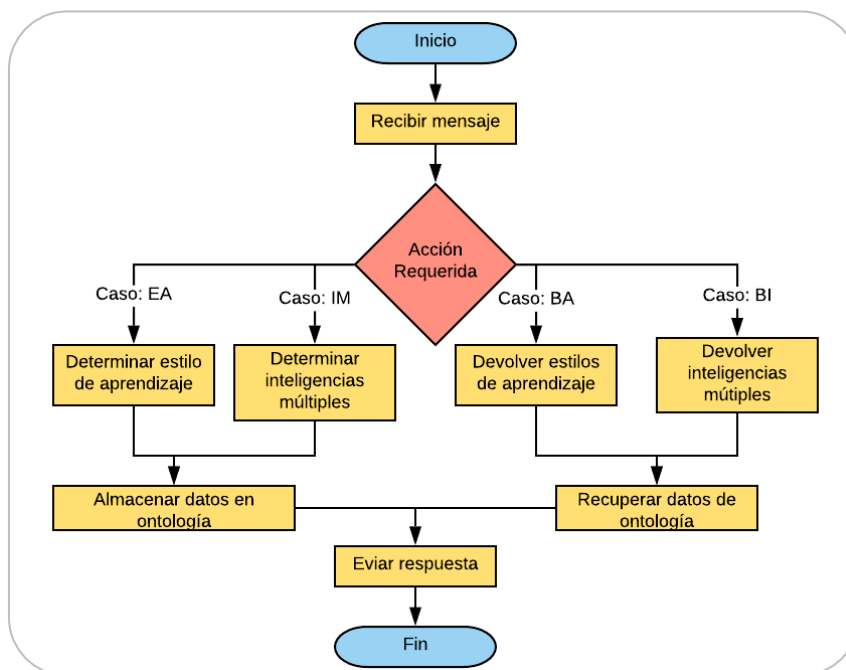


Figura 29. Diagrama de flujo de la operación del agente perfil del estudiante.

En caso de que el agente buscador solicite el perfil del estudiante para una recomendación de OAs, existen los métodos **GetEstilos** y **GetInteligencias**; estos métodos simplemente conectan con la base de datos de Virtuoso y recogen los datos de la ontología filtrando mediante el id usuario, para devolver un **ArrayList** con el perfil inteligente; este proceso lo muestra el diagrama de flujo de la Figura 30.

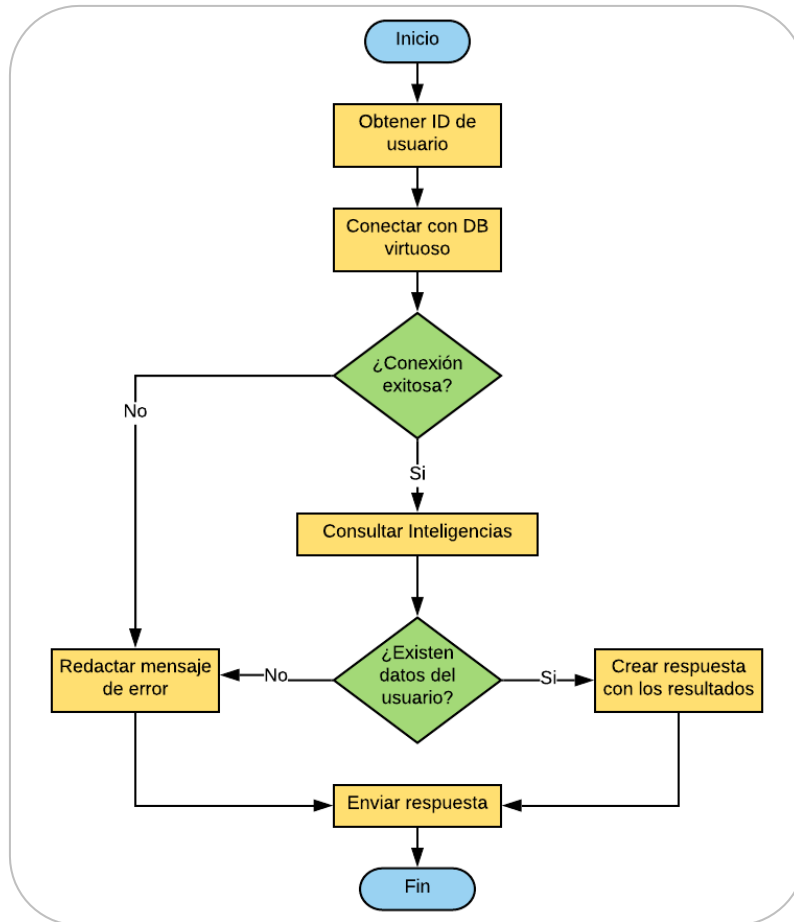


Figura 30. Diagrama del método GetInteligencias.

6.2.5 Agente Coordinador

El agente coordinador tiene la función de inicializar los agentes con los que opera el SMA. Si bien son cuatro los agentes que debe inicializar, solo se encarga de 3, esto debido a que el agente interfaz al heredar de GatewayAgent ya se inicializa mediante el método init. Por lo tanto, el agente interfaz crea al agente coordinador y este a su vez se encarga de inicializar el resto de agentes en su método setup, como se observa en la Figura 31.

El método **setup** crea un comportamiento del tipo **OneShotBehaviour**, este tipo de comportamientos tiene la cualidad que solo se ejecuta una sola vez y luego muere, es dentro de este comportamiento donde inicializa al agente estudiante, agente buscador y agente gestor de repositorio. Luego de haber cumplido su misión el agente coordinador muere.

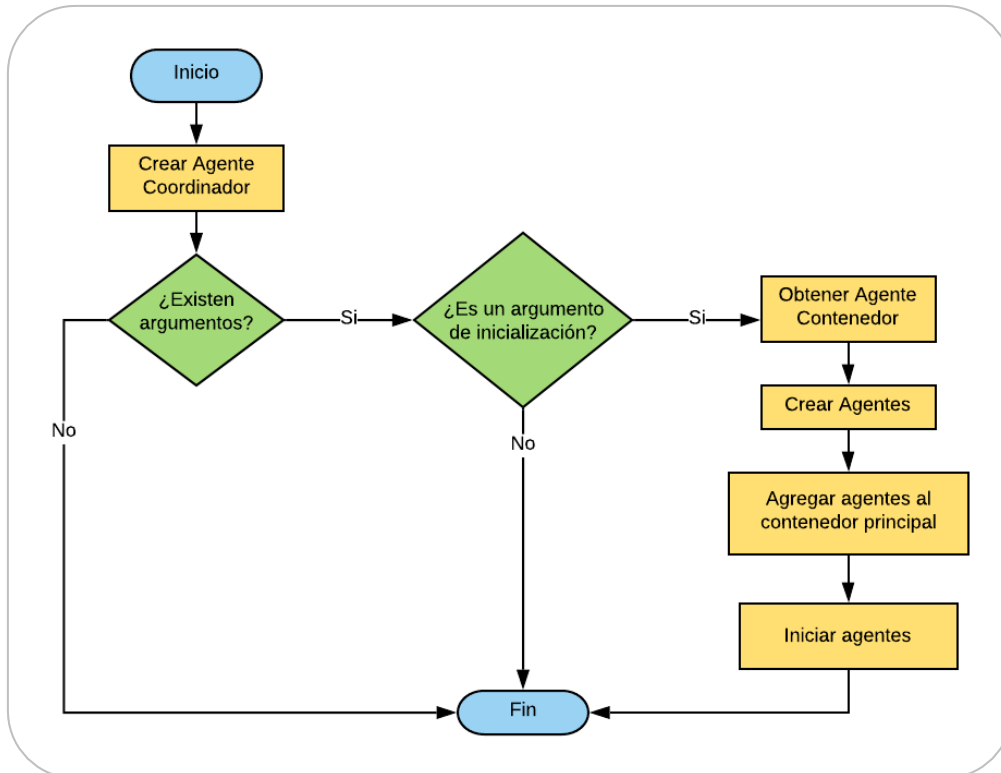


Figura 31. Diagrama de flujo del Agente Coordinador.

6.2.6 Interfaz de Usuario

Para que el usuario pueda interactuar con el SMA se desarrolló una interfaz Web en JSP (Java Server Pages), conjuntamente con HTML, CSS y JavaScript. Esta interfaz permitió al usuario registrar su perfil inteligente, y buscar objetos de aprendizaje; así mismo se programó una parte administrativa para la gestión del SMA y los repositorios de aprendizaje. Se eligió trabajar con JSP debido a la compatibilidad que posee con JADE, al estar basados en el lenguaje de programación Java.

El SMA cuenta con dos tipos de búsqueda, la simple y la búsqueda avanzada, esta última, utiliza los estilos de aprendizaje y las inteligencias múltiples para recomendar los Objetos, los parámetros con los que cuenta la búsqueda avanzada se pueden visualizar en la Figura 32. Los usuarios que ingresen al sistema por primera vez, únicamente pueden realizar búsquedas simples; solo podrán ingresar a funcionalidades avanzadas cuando se registren mediante su correo, y posterior a esto contesten al menos el test de estilos de aprendizaje.

Palabra clave:

Disciplina:

<input type="checkbox"/> Arte	<input type="checkbox"/> Biología	<input type="checkbox"/> Química	<input type="checkbox"/> Ciudadanía
<input type="checkbox"/> Informática	<input type="checkbox"/> Economía	<input type="checkbox"/> Educación	<input type="checkbox"/> Ingeniería
<input type="checkbox"/> Idiomas	<input type="checkbox"/> Cultura General	<input type="checkbox"/> Geografía	<input type="checkbox"/> Geografía
<input type="checkbox"/> Geología	<input type="checkbox"/> Historia	<input type="checkbox"/> Humanidades	<input type="checkbox"/> Literatura
<input type="checkbox"/> Matemáticas	<input type="checkbox"/> Música	<input type="checkbox"/> Ciencias Naturales	<input type="checkbox"/> Física
<input type="checkbox"/> Tecnología			

Idioma:

Buscar, basandose en mi estilo de aprendizaje:

Para buscar por otro estilo de aprendizaje, desmarque la casilla anterior ...

Estilo de aprendizaje:

Inteligencia múltiple:

Figura 32. Búsqueda avanzada de OAs.

El perfil inteligente se calcula en base a la contestación de los cuestionarios de VARK y Gardner programados en la interfaz web; en la Figura 33 se muestra la pantalla del test de Gardner.

Test de inteligencias múltiples de Gardner

Instrucciones: Lea cuidadosamente cada una de las afirmaciones siguientes.

- 1.- Si cree que refleja una característica suya y le parece que la afirmación es verdadera, seleccione "V".
- 2.- Si cree que no refleja una característica suya y le parece que la afirmación es falsa, seleccione "F".

Si está dudoso porque a veces es verdadera y a veces falsa, elija la que más frecuentemente se presenta.

Pregunta	V	F
1. Prefiero hacer un mapa que explicarle a alguien como tiene que llegar a un lugar determinado.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Si estoy enfadado o contento generalmente sé la razón exacta de por qué es así.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Sé tocar, o antes sabía, un instrumento musical.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Asocio la música con mis estados de ánimo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Puedo sumar o multiplicar mentalmente con mucha rapidez.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 33. Interfaz test de Gardner.

Los resultados de una búsqueda se muestran en una lista como se observa en la Figura 34, cada resultado puede ser visualizado individualmente, siempre y cuando posea código embebido para su visualización.

Al visualizar el detalle del objeto de aprendizaje, se puede observar algunos datos importantes como su título, descripción, palabras claves, y url del repositorio del cual fue tomado.

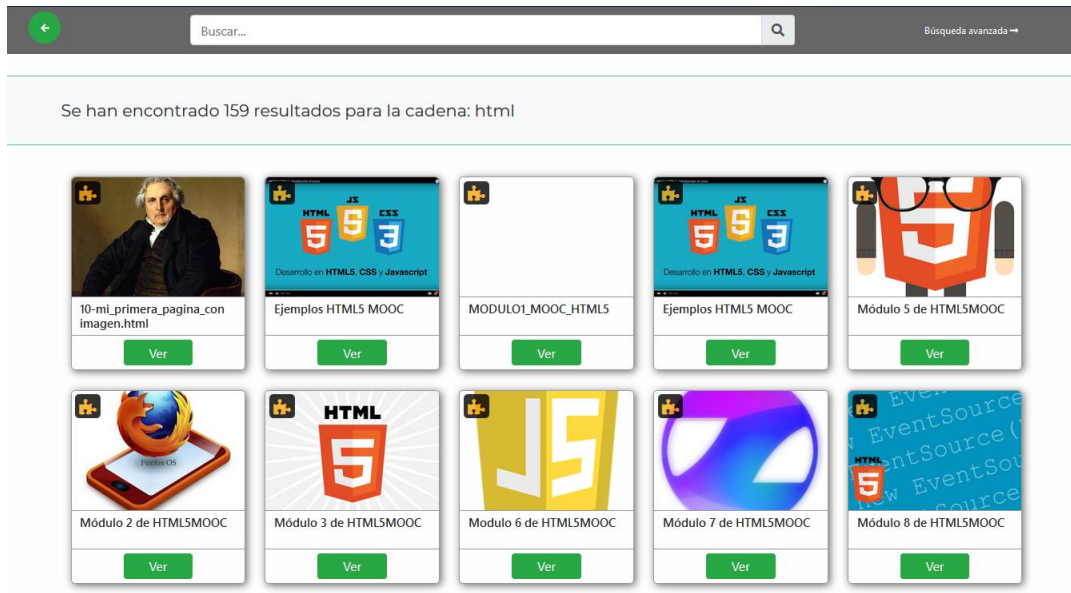


Figura 34. Ejemplo de búsqueda para la cadena html.

El código embebido del OA permite su interacción directamente en la pantalla, y también se puede acceder a él desde el enlace a su repositorio. Se presenta además el enlace a sus metadatos, el mismo que se encuentra en estándar IEEE-LOM.

Módulo 5 de HTML5MOOC

Editor interactivo de los ejemplos JavaScript del módulo 5 de @HTML5MOOC

Los ejemplos se pueden cambiar y ejecutar (visualizar) con los cambios introducidos pulsando el botón play, que está justo encima.

Ejemplo: 01-if-else

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <meta charset="UTF-8">
</head>
<body>
  <h3> Sentencia if/else </h3>
  <script type="text/javascript">
    // Math.random() devuelve
    // número aleatorio entre 0 y 1.
    var numero = Math.random();
    if (numero <= 0.5){
      document.writeIn(numero + ' MENOR que 0,5');
    }
    else {
      document.writeIn(numero + ' MAYOR que 0,5');
    }
  </script>
</body>
</html>
```

Resultado:

Sentencia if/else

0.11798437828278407
MENOR que 0,5

Información

Título:
Módulo 5 de HTML5MOOC

Descripción:
Herramienta para probar código javascript con los ejemplos de la módulo 5 del curso MOOC de HTML5

Idioma:
es

Keywords:
[Software Engineering](#)
[Computerscience](#)
[Technology](#)
[Telecommunications](#)
[javascript](#)

Autor:
Enrique

Metadatos:
<http://vishub.org/excursions/588/metadata.xml>

Derechos de Autor:
License: 'Creative Commons Attribution-NonCommercial'.

URL Repositorio:
<http://vishub.org/excursions/588>

Figura 35. Objeto de aprendizaje y su información.

En la parte inferior de los detalles de cada OA, se brinda la recomendación de OAs para potenciar las inteligencias múltiples del estudiante, esto se presenta siempre que el

usuario haya respondido el test de Gardner. Las recomendaciones se realizan automáticamente llamando al método **BusquedaInteligencias** del agente buscador.

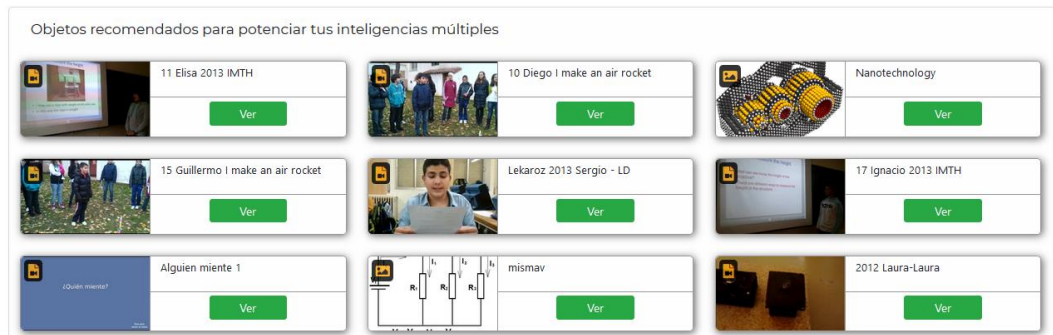


Figura 36. Objetos recomendados para potenciar IM.

6.2.7 Ejecución de los Agentes

La plataforma de agentes se ejecuta en el servidor Web, pero para la captura de los mensajes se realizó una prueba de manera local, ejecutando el agente **sniffer**, el cual tiene como función principal, mostrar la comunicación dentro de la plataforma.

6.2.7.1 Plataforma

De manera local para la ejecución de la plataforma se usa el comando **java jade.Boot-gui**, el mismo que inicia la plataforma y muestra una interfaz gráfica muy similar a la mostrada en la Figura 37; exponiendo el contenedor principal y el contenedor creado por el sistema llamado **main**, dentro de la cual se encuentran todos los agentes del SMA.

6.2.7.2 Envío de mensajes

Como se puede observar en la Figura 38, se realizó la captura de los mensajes que son necesarios para realizar el registro de perfil y las búsquedas, en los cuales intervienen tres de los agentes: agente interfaz (other), agente estudiante y agente buscador.

El agente gestor de repositorio, se ejecuta cuando se agrega un nuevo repositorio o cada vez que es necesario actualizar. Mientras que el agente coordinador se ejecuta una vez para inicializar el sistema, este es el agente encargado de crear el resto de agentes del SMA y agregarlos al contenedor main.

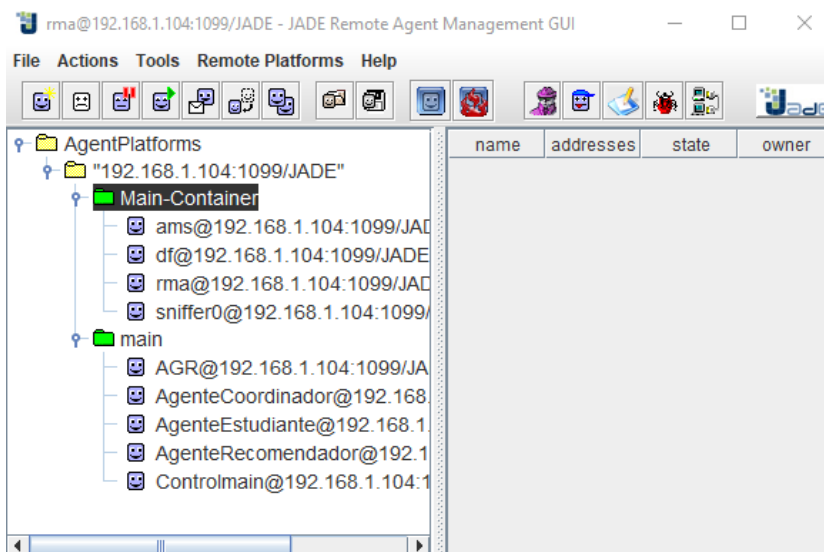


Figura 37. Interfaz gráfica JADE.

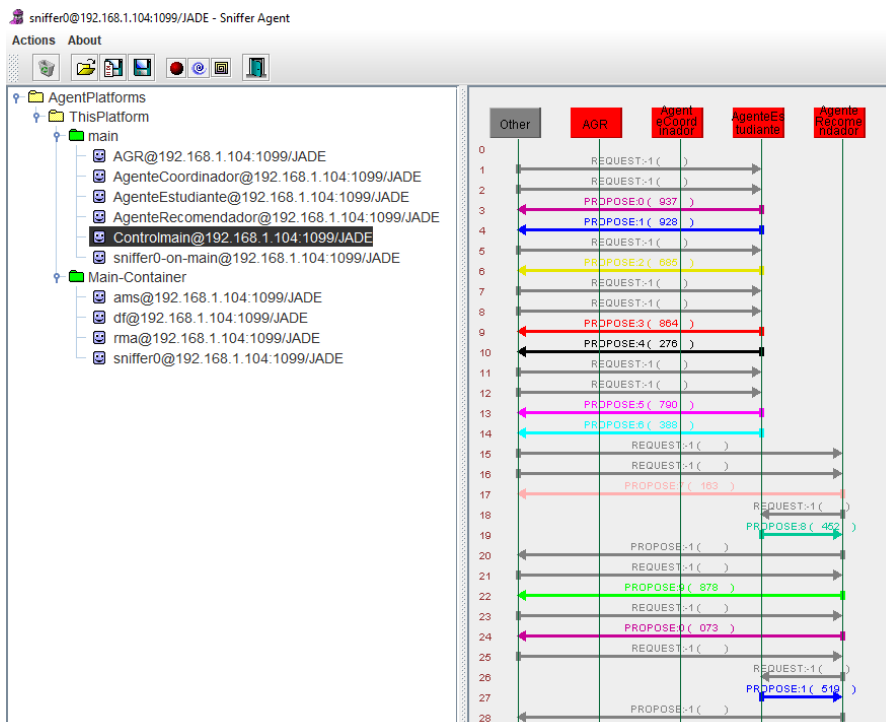


Figura 38. Captura de mensajes de agente sniffer.

6.3. OBJETIVO III: Evaluar la arquitectura de sistema multiagente en un escenario real.

Para la evaluación de la arquitectura de SMA, y al no contar con un estándar de evaluación de la misma, ésta se planteó en tres ámbitos fundamentales; como primer ámbito, la evaluación de la ontología, la cual sirvió de base de conocimiento y base de datos para el SMA; como segundo ámbito se realizó pruebas de software aplicadas al prototipo sobre el cual trabaja la arquitectura de SMA; y finalmente al constituir éste TT un prototipo académico, que por el momento no será implementado en ambientes industriales, se tomó como referencia en modelo de Gorschek [42] y se realizó una validación académica del SMA para verificar la usabilidad y aceptación del sistema.

6.3.1 Pruebas de Ontología

[43] Propone el método de evaluación triangular, el cual fue definido en la sección de materiales y métodos (ver sección 5.3.2), por lo tanto, el resultado de sus fases aplicadas a la ontología del presente TT se presentan seguidamente.

6.3.1.1 Verificación de errores más comunes

[65] expone los errores más comunes que se presentan al desarrollar una ontología, y estos han sido resumidos en [43], los cuales se presentan en la TABLA XI la misma que permitió verificar cuales de estos errores se incluyen en la ontología del presente TT.

TABLA XI. VERIFICACIÓN DE ERRORES COMUNES EN ONTOLOGÍAS.

Tipo	Error	Verificación
1	Una misma clase es definida como subclase y superclase al mismo tiempo en diferentes niveles de la taxonomía.	NO
2	Uso excesivo de la relación es-un	NO
3	Existencia de más de un concepto principal.	SI
4	Existencia de clases incompletas que provocan ambigüedad por no estar correctamente documentadas	NO
5	Falta de conocimiento disjunto. No se declara la disyunción entre conceptos provocando una incorrecta formalización del conocimiento.	SI

Tipo	Error	Verificación
6	Falta de exhaustividad. Se declaran subclases sin tener en cuenta la división completa de los conceptos en partes	NO
7	Existencia de términos repetidos.	SI
8	Poca especificación o delimitación de las propiedades que provoca un pobre razonamiento	NO
9	No se corresponden los elementos del dominio con los conceptos declarados o no se corresponde el conocimiento del dominio con los conceptos, relaciones y axiomas declarados	NO
10	Existencia de redundancia entre las extensiones disjuntas de un concepto.	NO
11	No se tiene en cuenta la traducción de los conceptos de la taxonomía a otros idiomas	SI
12	Falta de estandarización. Los nombres de los términos no siguen un estándar.	NO

La lista de chequeo fue aplicada sobre el modelo ontológico obtenido en el Anexo 5, en donde se analizó cada uno de los errores más comunes y se marcó la casilla correspondiente en caso de haber incurrido. Luego de analizar cada error en el modelo ontológico, se pudo verificar que existen errores de tipo 3, 5, 7 y 11.

6.3.1.2 Verificación del cumplimiento de los requerimientos

- **Definición de Casos de Prueba**

Para la verificación del cumplimiento de los requerimientos se planteó 7 casos de pruebas, siguiendo el estándar propuesto en el método triangular, en el cual se plantea la pregunta de competencia, el escenario de prueba, el resultado esperado, y el resultado obtenido [43]; este último es detallado en la sección de verificación de propiedades lógico formales. En esta sección se presentan 2 de los casos de prueba definidos, para mayor detalle puede observarse el Anexo 5, en el cual se especifican tanto los casos de pruebas, así como sus resultados completos.

TABLA XII. CASO DE PRUEBA DE ONTOLOGÍA 1 (CPO1).

Caso de Prueba de Ontología 1 (CPO1)	
Ámbito de evaluación	Filtrado de Objetos de aprendizaje mediante una palabra clave
Pregunta de competencia	¿Qué objetos de aprendizaje poseen la palabra clave "HTML5"?
Escenario de prueba	Mediante protégé se encuentran almacenadas las instancias de objetos de aprendizaje descargados de la plataforma vish y roa-cedia para realizar pruebas, dos instancias contienen la palabra HTML5.
Resultado esperado	Al aplicar el razonador sobre los individuos que contienen la palabra clave "HTML5", este deberá devolver las instancias Gen_Webapp 100 y 101.

TABLA XIII. CASO DE PRUEBA DE ONTOLOGÍA 7 (CPO7).

Caso de Prueba de Ontología 7 (CPO7)	
Ámbito de evaluación	Información técnica
Pregunta de competencia	¿Cuáles son los atributos técnicos para un objeto de aprendizaje?
Escenario de prueba	Cada objeto contiene "T-nombreObjeto", instancia que representa la información técnica de un objeto de aprendizaje
Resultado esperado	Se espera obtener los atributos técnicos como duración, el formato, requerimientos de instalación, ubicación, otros requerimientos, entre otros atributos que se definen en la taxonomía.

- **Verificación de propiedades lógico formales**

La verificación de las propiedades lógico formales, se dio a través de la aplicación del razonador Hermit 1.3.8 que incluye "protégé", y que permite realizar consultas "DL Query" obteniendo así, los resultados por cada uno de los casos de prueba planteados (ver Figura 39).

Antes de inicializar el razonador, se debió corregir errores de “Data Property”, en la edad (age) y fecha (date), las cuales no permitían inicializar el razonador, por lo que debió cambiarse el tipo de dato a “Literal” en ambos casos.

○ **Verificación CPO1**

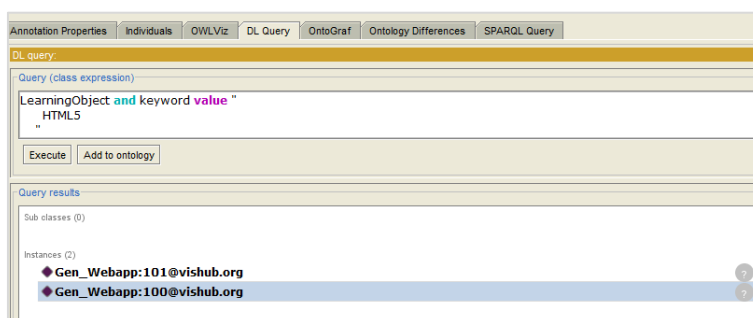


Figura 39. Verificación del caso CPO1.

Al realizar la pregunta, ¿qué objetos de aprendizaje contienen la palabra clave HTML5?, se obtuvo que dos instancias son las que el razonador contesta, las mismas son de tipo General, debido a que esta es la case que contiene las palabras claves. El resultado devuelto fue satisfactorio.

○ **Verificación CPO7**

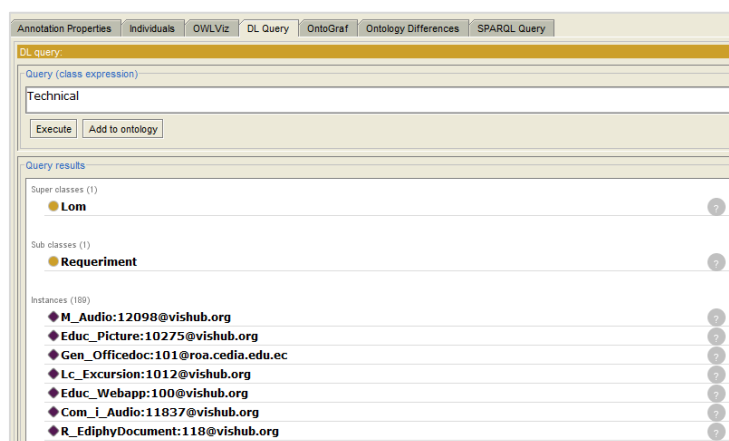


Figura 40. Verificación del caso CPO7.

Para verificar que se puede obtener mediante el razonador cada una de las subclases del OA, se preguntó por una de ellas; en este caso, sobre la información técnica (Technical), el razonador no respondió satisfactoriamente, devolviendo tanto la información técnica como aquella que pertenece a otras clases (ver Figura 40). Esto debido a la falta de disyunción, aspecto detectado en los errores comunes de las ontologías.

6.3.1.3 Conclusiones de pruebas de Ontología

Una vez realizada la evaluación triangular de la ontología propuesta para representar el perfil del estudiante y los objetos de aprendizaje, se concluye que:

- Uno de los errores comunes en los cuales se incurrió, es la falta de un concepto principal del cual nace el resto de términos.
- Se debe considerar la traducción de la ontología al idioma español, pero para el presente caso de estudio, resultó suficiente con el idioma inglés; principalmente por los nombres estándar de las características de los OAs.
- Los casos de prueba propuestos verificaron que la ontología responde satisfactoriamente a los requerimientos para los que fue creada, exceptuando que un error común presente, fue la falta de conocimiento disjunto para el caso CPO7, pero que mediante consultas SPARQL ese error fue superado, al poder filtrar dependiendo del nombre de cada instancia, lo cual el razonador no permite hacerlo, y por ello los agentes utilizaron el lenguaje de consulta SPARQL.

6.3.2 Pruebas de Técnicas

Las pruebas de software buscan la alta calidad del mismo, y de esta manera satisfacer las expectativas de los usuarios finales; Existen tres pruebas básicas de software: pruebas carga, pruebas de estrés y pruebas de rendimiento, en el presente TT se realizaron las tres pruebas sobre el SMA.

Para realizar las pruebas de software, el SMA fue desplegado en un servidor Web de *MS-Azure* (ver Figura 41); las características del servidor como las características de la máquina virtual que almacena la base de datos y la ontología, se describen en la TABLA XIV.

TABLA XIV. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE IMPLEMENTACIÓN.

Servidor Web		Máquina virtual	
Núcleos	Compartida (60 min/día)	CPU	1 vCPU
Storage	1GB	RAM	1 GB
RAM	1GB	SO	Windows server 2012
Servidor	Apache Tomcat	Procesador	Intel Xeon
Versión HTTP	1.1	Speed	2.30 GHz

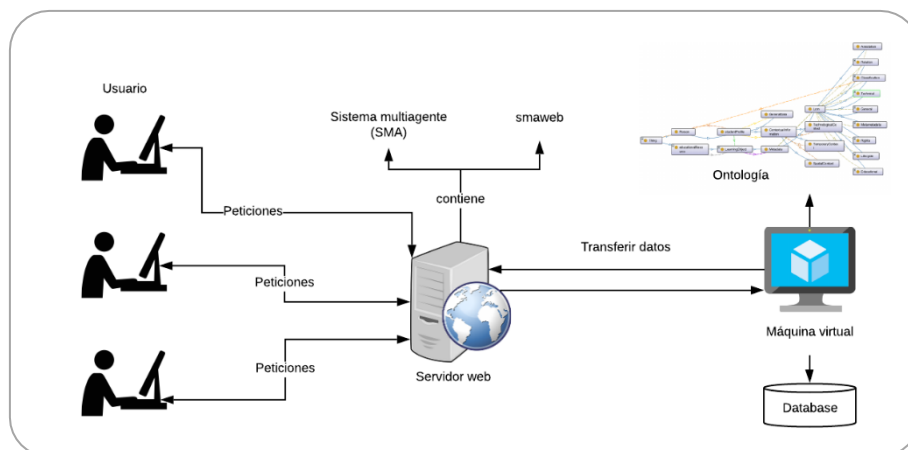


Figura 41. Arquitectura de despliegue.

6.3.2.1 Herramienta

Como herramienta de pruebas se utilizó JMeter¹⁰, expuesto en [44] y [66] para realizar pruebas de software; durante este TT la versión de JMeter utilizada, fue la 5.1.1.

Las características de JMeter elegidas para realizar las presentes pruebas fueron:

- *BlazeMeter*¹¹: Complemento para Google Chrome que ayudó a grabar el script con los casos de prueba aplicados al sistema Web.
- *SummaryReport*: Es un reporte que permitió visualizar los resultados de la prueba de carga en una tabla, detallando los siguientes parámetros:
 - *Label (Etiqueta)*: Nombre a visualizar de la muestra.
 - *#Samples (Muestras)*: Cantidad de hilos (usuarios) que realizan peticiones a la URL.
 - *Average (Promedio)*: Tiempo promedio en milisegundos transcurrido para el conjunto de resultados.
 - *Median (Mediana)*: Valor del percentil 50.
 - *90% Line*: Valor del tiempo máximo en milisegundos utilizado por el 90% de hilos.
 - *Min (Mínimo)*: Tiempo mínimo en el que las muestras acceden a la URL.
 - *Maximum (Máximo)*: Tiempo máximo en el que las muestras acceden a la URL.
 - *Error % (Porcentaje de error)*: Porcentaje de peticiones que resultan en error.

¹⁰ <https://jmeter.apache.org/>

¹¹ <https://www.blazemeter.com/>

- *Throughput (Rendimiento)*: Rendimiento medido en base a las peticiones por segundo minuto hora.
- *Received KB/sec (Datos recibidos)*: Media de datos recibidos en Kilobytes por segundo.
- *Sent KB/sec (Datos enviados)*: Media de datos enviados en Kilobytes por segundo.
- *Graph Results*: Permitió visualizar los resultados de la prueba de manera gráfica, mostrando el promedio, la mediana, la desviación, y el rendimiento promedio.

6.3.2.2 Pruebas de Carga

Las pruebas de carga simulan la petición de varios usuarios, “con diversos periodos de conexión simultánea y distintas funcionalidades específicas en ejecución” [67]. En el presente TT se realizaron pruebas de carga, que validaron el correcto funcionamiento del sistema ante un número promedio de usuario que lo testearán en la etapa de verificación, al ser un software educativo se estima que sean alrededor de 25 usuarios los que concurren simultáneamente al sistema, ya que, en un salón de clases, este es el número promedio que se espera que el prototipo soporte.

Existen diversos escenarios en los que puede desenvolverse el usuario, pero fueron seleccionados los más comunes, que son: el registro de usuario, registro del perfil, búsqueda simple y búsqueda avanzada. Cada uno de estos escenarios, constituyó un escenario de prueba, el mismo que fue evaluado en JMeter.

Para cada escenario se aplicó los criterios de evaluación mostrados en la TABLA XV. Ya que como lo manifiesta [68], las pruebas de carga se realizan para determinar que el sistema funcione correctamente “bajo condiciones normales predefinidas”.

TABLA XV. CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

# Prueba	Usuarios	Repeticiones	Tiempo de despliegue (s)	Transacciones
P-ES1	25	1	5	25
P-ES2	5	5	0	25

Para la ejecución de las pruebas se añadió un **Thread Group**, en el cual se configuró el número de usuario (#Samples) que realizarán peticiones; tal y como se muestra en los criterios de evaluación (ver TABLA XV.) se realizó dos configuraciones de pruebas P-

ES1 y P-ES2; en la Figura 42 se muestra la configuración para P-ES2 con 5 usuarios y 5 repeticiones, dando un total de 25 Transacciones.

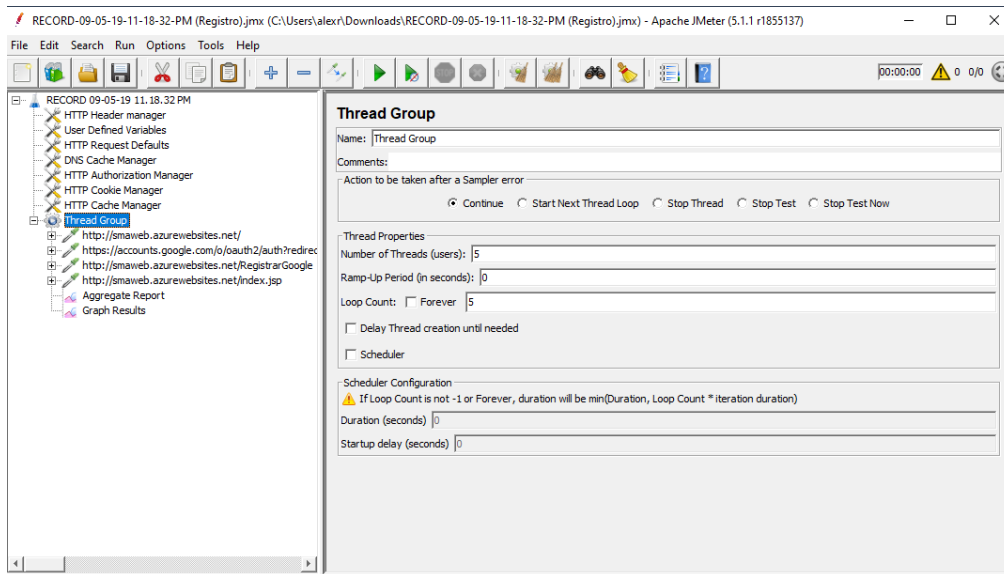


Figura 42. Configuración de Thread Group para P-ES2.

En la presente sección se presenta el caso de prueba para el registro de usuario, el cual constituye el primer escenario con el que cualquier usuario interactúa una vez ingresa al sistema. El resto de escenarios, se pueden visualizar en el Anexo 7.

- **ESCENARIO 1: Registro de usuario**

Pasos:

1. Ingresar a la página principal.
2. Clic en registrar.
3. Clic en “Regístrate con Google”.
4. Ingresar los datos de Gmail.
5. Clic en “Aceptar”
6. Volver a la página principal.

Caso de Prueba P-ES1:

TABLA XVI. RESULTADOS TOTALES ESCENARIO 1 (P-ES1).

#Samples	Average	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
100	56172	68187	104426	1088	111072	19	23.8	65.22	3.04

- Gráfica:

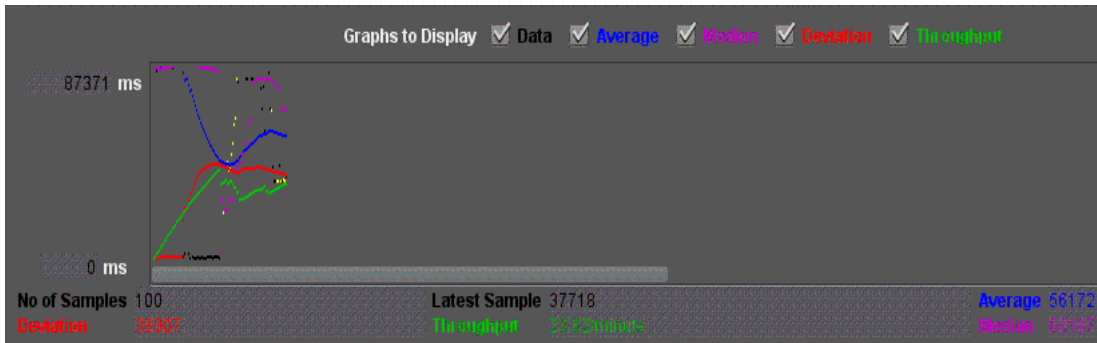


Figura 43. Gráfica de resultados escenario 1 (P-ES1).

Caso de Prueba P-ES2:

TABLA XVII. RESULTADOS TOTALES ESCENARIO 1 (P-ES2).

#Samples	Average	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
100	10908	11042	20904	1110	25626	00.00	22.1	61.66	3.01

- Gráfica:

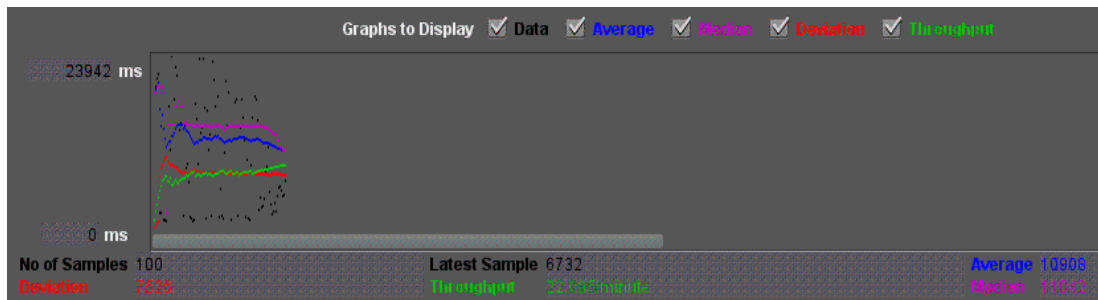


Figura 44. Gráfica de resultados escenario 1 (P-ES2).

Análisis:

Para una cantidad de 25 usuarios (P-ES1) que realizarán el proceso de registro, dando un total de 100 threads, se pudo observar que existe una cantidad de error de 19%, un tiempo promedio de respuesta de 56.8 segundos, un rendimiento del 23.8 /min y una mediana de 68.19 segundos. Por otro lado para una cantidad de 5 usuarios durante 5 iteraciones (25 usuarios P-ES2) se observó mejores resultados, dando un total de errores de 0%, un promedio de respuesta de 10.9s, un rendimiento de 22.1 /min y una mediana de 11.04s.

- **Resultados pruebas de carga**

En la TABLA XVIII se presentan los resultados obtenidos de manera general en todos los escenarios de prueba.

TABLA XVIII. RESULTADOS GENERALES DE PRUEBAS DE CARGA.

#threads	users	repetición	#muestras	promedio	Error %	Redimiento	Received	Sent
25	5	5	100	10908	00.00	22.1 /min	61.66	3.01
25	25	1	100	56172	19.00	23.8 /min	65.22	3.04
25	25	1	125	68988	31.20	17.0 /min	41.35	2.45
25	5	5	125	18540	4.00	10.2 /min	26.73	1.79
25	25	1	100	40360	13.00	27.1 /min	195.92	5.03
25	5	5	100	11886	6.00	15.6 /min	107.40	3.02
25	25	1	98	43643	19,39	14.3 /min	95.72	2.23
25	5	5	100	10567	4.00	20.6 /min	139.3	3.29

Se puede observar que el SMA trabajó de manera mas eficiente con una cantidad baja de usuarios durante largos periodos de tiempo y/o varias repeticiones; para grandes cantidades de usuarios realizando peticiones a la vez, el número de errores en las respuestas aumentó, así mismo los tiempos de respuestas.

6.3.2.3 Pruebas de rendimiento

Las pruebas de rendimiento “son utilizadas para determinar la velocidad y eficiencia” de componentes hardware o software [44]; de esta manera consistió en medir la velocidad y eficiencia del SMA a distintos niveles de consulta, pero que estén dentro de los límites propuestos de la aplicación.

Como base se tomó el número de usuarios de las pruebas de carga (25 usuarios); por lo que para analizar el rendimiento de sistema se planteó un límite superior e inferior a esta medida, mostrados en la TABLA XIX, y que fueron la cantidad de usuarios con los que se probó el SMA.

TABLA XIX. CONFIGURACIÓN DE PRUEBAS DE RENDIMIENTO.

# Prueba	Usuarios	Repeticiones	Tiempo de despliegue (s)	Transacciones
PR1	5	1	1	25
PR2	25	1	1	25
PR3	50	1	1	50

De esta manera se ejecutaron las tres pruebas de rendimiento, mostrando el “Agregate Repot” y “Grap Result” obtenido en Jmeter.

- **Prueba de rendimiento PR1**

TABLA XX. RESULTADOS PRUEBA DE RENDIMIENTO PR1.

#Samples	Average	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
75	5498	1870	11189	134	49715	13.33%	11.9	120.42	3.69

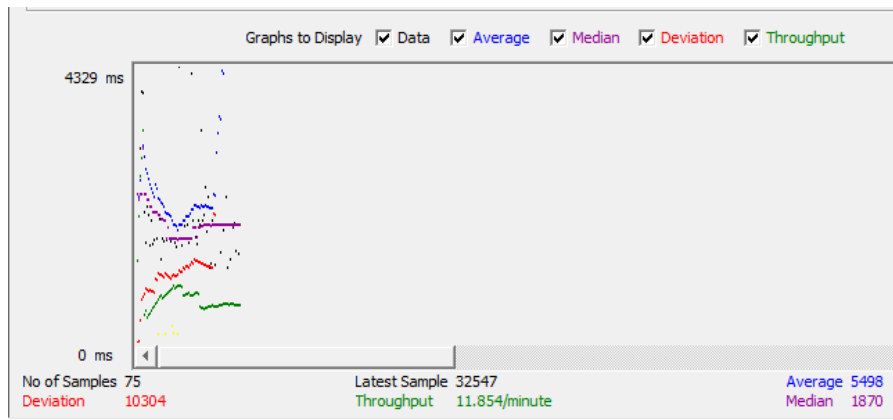


Figura 45. Gráfica de resultados prueba de rendimiento PR1.

- **Prueba de Rendimiento PR2**

TABLA XXI. RESULTADOS PRUEBA DE RENDIMIENTO PR2.

#Samples	Average	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
375	30586	1985	20904	116	522784	27.47	24.9	250.65	7.20

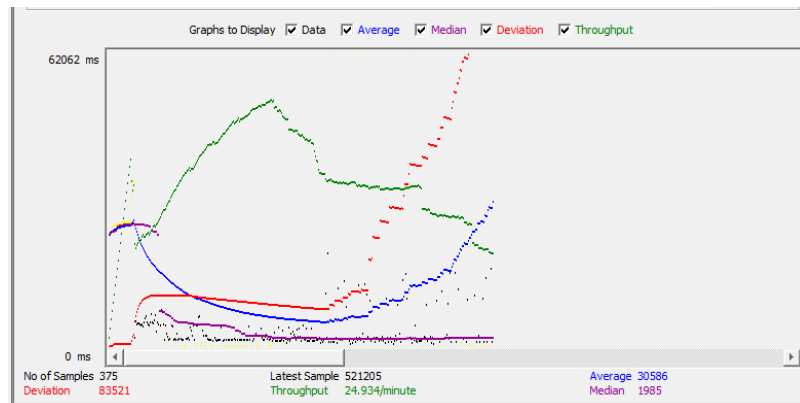


Figura 46. Gráfica de resultado prueba de rendimiento PR2.

- **Prueba de Rendimiento PR3**

TABLA XXII. RESULTADOS PRUEBA DE RENDIMIENTO PR3.

#Samples	Average	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
750	36856	1911	230217	116	527156	24.93	51.3	515.31	14.8

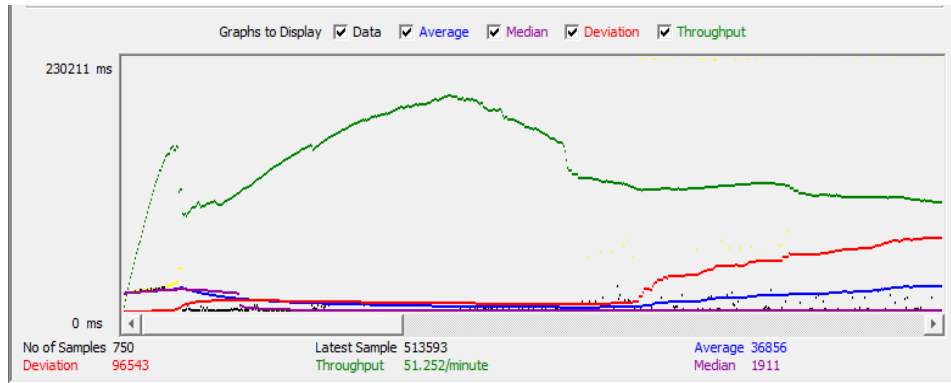


Figura 47. Gráfica de resultado prueba de rendimiento PR3.

- **Análisis**

Una vez se realizó las pruebas de rendimiento; En la **PR1**, el tiempo promedio para acceder a una página fue de 1,8 segundos realizando un total de 75 peticiones al servidor, el tiempo total para los 5 usuarios fue de $75 \times 1870 = 140\ 250$ milisegundos; Por otro lado para **PR2**, el tiempo promedio fue de 2 segundos, realizando un total de 375 peticiones simultaneas al servidor, el tiempo total para los 25 usuarios fue de $744\ 375$ milisegundos; y finalmente para la **PR3**, el tiempo promedio para los 50 usuarios fue de 1,9 segundos, realizando un total de 750 peticiones al servidor con un tiempo total para los 50 usuarios de $1\ 433\ 250$ milisegundos. Por lo tanto se estima que el tiempo promedio varía de 1,8 a 2 segundos cuando se expone a cargas de trabajo normales; lo cual está acorde con lo que se espera del sistema, que al ser un prototipo debía responder a cargas normales de usuarios.

6.3.2.4 Pruebas de estrés

Las pruebas de estrés, “analizan la capacidad que tiene un sistema para soportar picos de carga que rozan o superan la capacidad máxima” [69]. Por lo tanto, se diseñó dos pruebas de estrés, la primera de ellas con 250 usuarios y la segunda con 500 usuarios;

cantidades bastante elevadas si son comparadas con las cargas normales que el sistema soportó en las pruebas de carga y rendimiento.

- **Prueba de estrés 1 (PE1)**

TABLA XXIII. RESULTADOS PRUEBA DE ESTRÉS 1.

#Samples	Averag	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
2539	141948	58422	207066	647	1687180	26.19	54.2	510.91	15.46

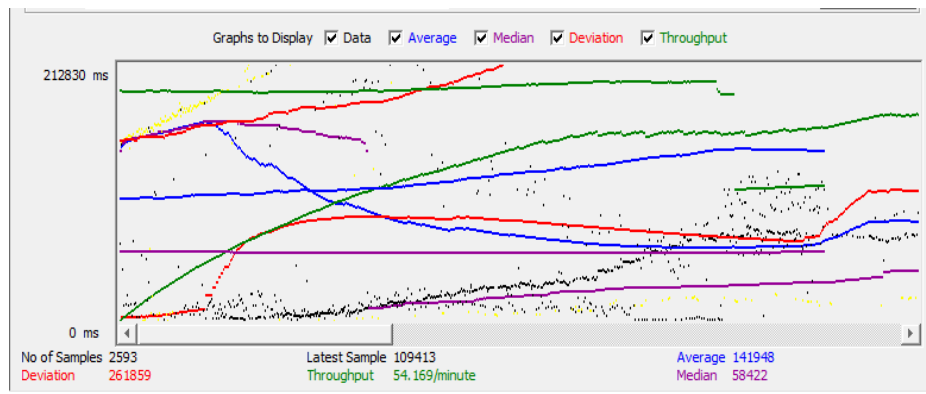


Figura 48. Gráfica de resultado prueba de estrés PE1.

- **Prueba de estrés 2 (PE2)**

TABLA XXIV. RESULTADOS PRUEBA DE ESTRÉS 2.

#Samples	Average	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
3910	167829	46026	357965	114	3347584	32.48	1.2/sec	627.47	18.28

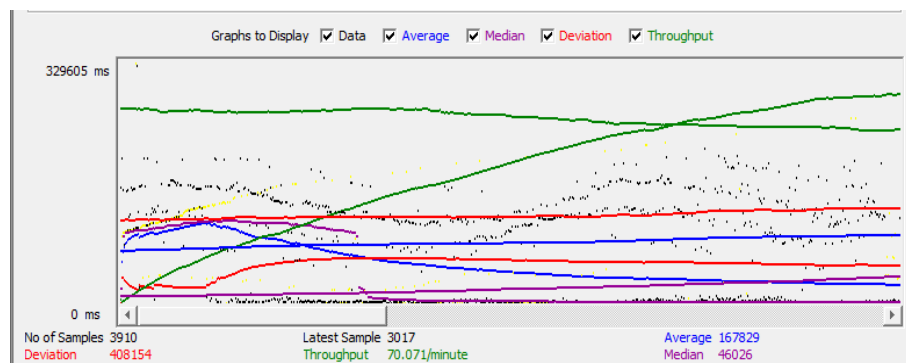


Figura 49. Gráfica de resultado prueba de estrés PE2.

En ambos casos, las pruebas no se completaron en un 100%; entre 2500 y 3500 peticiones, el sistema dejó de responder; por lo tanto, mediante las pruebas de estrés se determinó que el sistema soporta alrededor de 2500 peticiones simultáneas antes de que empiece a presentar fallos. El porcentaje de error obtenido en las pruebas de estrés varía de 26% a 32% con un tiempo promedio para acceder a las páginas de 141 948 y 167 829 milisegundos.

6.3.3 Verificación con usuarios

En [38], Genero, Cruz-Lemus, y Piattini expresan que para transferir tecnología en ingeniería del software existen infinidad de modelos, pero uno de los más conocidos es el de Gorschek; modelo dividido en dos ambientes: la academia y la industria, el mismo enuncia que dentro de la academia (en proyectos de investigación e ingeniería del software) se realiza netamente una validación académica, y que puede ser extrapolado a otras áreas vinculadas a las TIC.

Para comprobar la facilidad de uso, aceptación del sistema, y los tiempos de respuesta, se realizó una validación académica del SMA aplicado a estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Sistemas, el cual se detallada en el Anexo 8, y cuyos resultados se detallan seguidamente.

En la Figura 50, se presenta los resultados relacionados con la facilidad de uso del sistema y sus tiempos de respuesta. El literal (b) preguntó al usuario sobre la utilización de un sistema de recomendación de objetos de aprendizaje con anterioridad, el 60,42% contestó negativamente por lo que los resultados del apartado facilidad de uso no se verán afectados por la experiencia de los individuos.

En cuanto a la pregunta directa de facilidad (a) de uso, el 81,25% contestaron que se encuentra entre fácil y muy fácil, el resto de individuos seleccionaron las opciones de adecuado y bastante adecuado, esto se contrasta con la pregunta P7 en la cual los usuarios sugerían algunos cambios en el diseño, pero pocos sobre funcionalidades. Los tiempos de respuesta se encuentran entre adecuado y bastante adecuado con el 31,25% y 43,75%; se asume estos resultados debido a problemas conexión a Internet, ya que solo el 18,75% consideraron que los tiempos de respuesta eran muy adecuados.

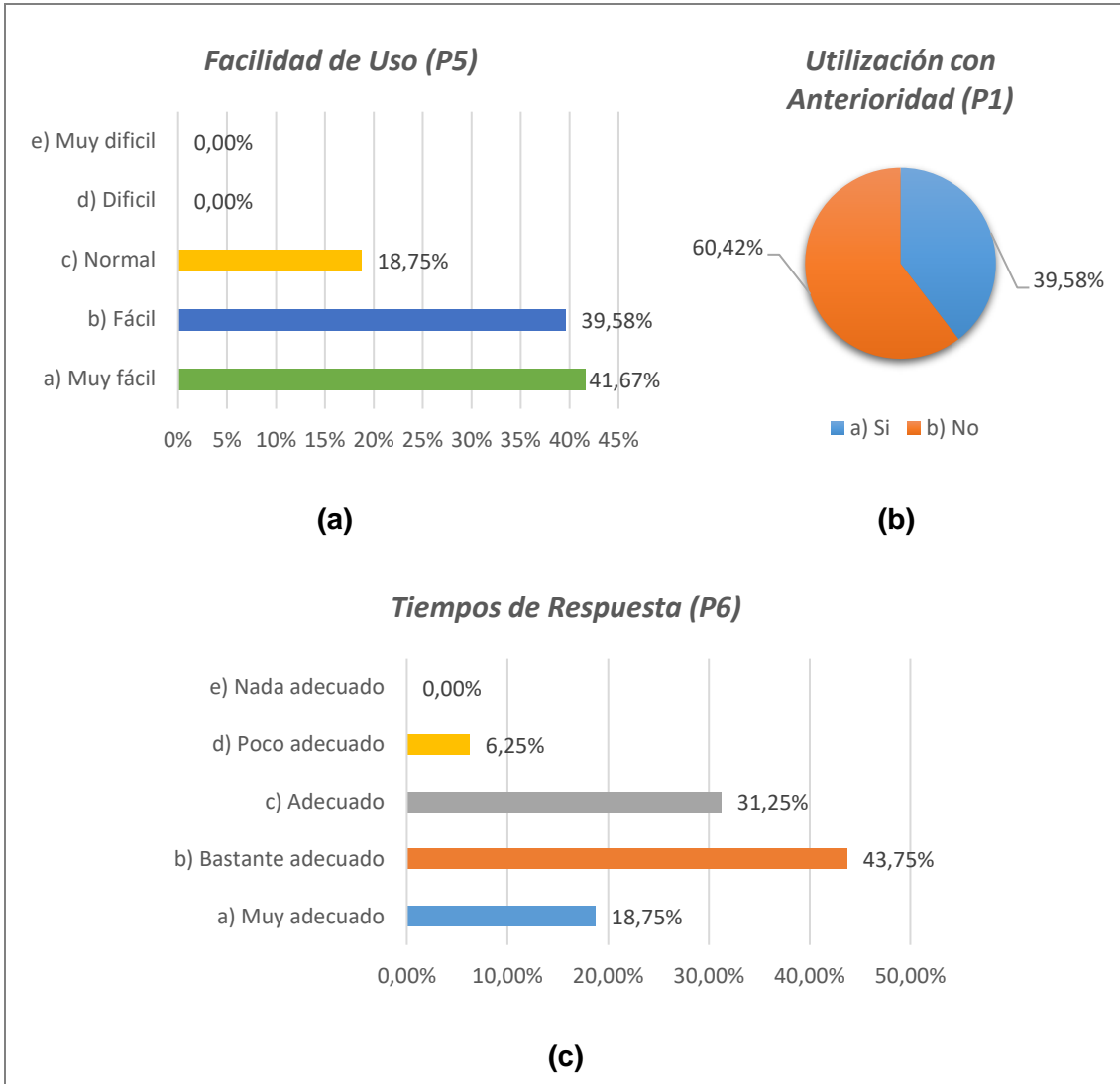
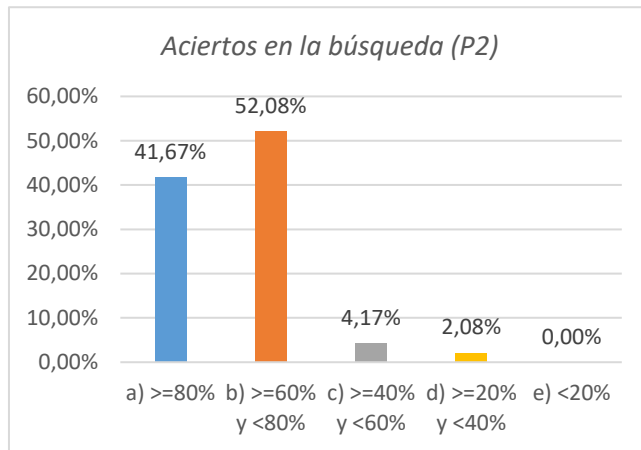
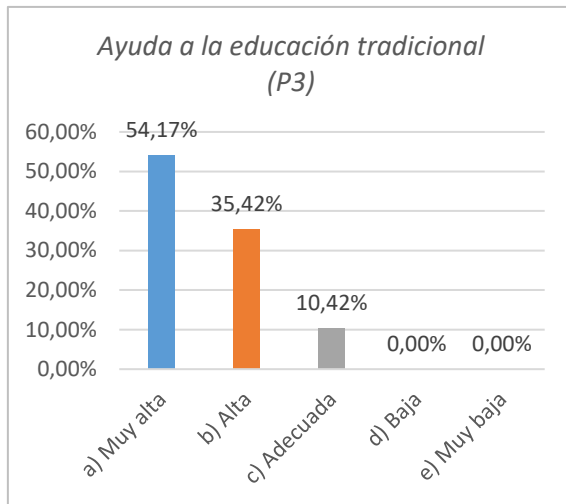


Figura 50. Resultados de la facilidad de uso.

Las preguntas relacionadas con la aceptación del sistema se muestran en la Figura 51. Se puede deducir que los usuarios estuvieron satisfechos con los resultados obtenidos al realizar una búsqueda, al contestar que el acierto en las búsquedas es mayor al 60%. Que la mayoría de individuos (54,17%) haya seleccionado que el sistema puede representar una ayuda a la educación tradicional (b) en una medida muy alta, es un indicador de la aceptación del sistema. De la misma manera el 95,83% de individuos manifiesta que después de la utilización del sistema ha aprendido algo nuevo (c). Es por ello que se verifica que la aceptación del sistema es alta.



(a)



(b)



(c)

Figura 51. Resultados de la aceptación del sistema.

7. Discusión

El desarrollo del presente TT, se basa en tres objetivos específicos, encaminados a cumplir con el objetivo general; seguidamente se detalla la discusión por cada uno de los objetivos. La sección 7.1 expone la discusión de los resultados contrastándolos con la literatura relacionada con el objeto de estudio; la sección 7.2 presenta la valoración científica, técnica, económica y ambiental del TT.

7.1. Desarrollo de la propuesta alternativa

7.1.1 Diseñar una arquitectura de sistema multiagente que defina el proceso de búsqueda y recomendación de recursos digitales de aprendizaje.

Para el cumplimiento del primer objetivo, lo primero que se realizó fue un RSL (ver Anexo 1), esta fase permitió familiarizarse con los conceptos necesarios en cuanto a objetos de aprendizaje, perfil inteligente, ontologías, y agentes inteligentes. Con respecto a los Objetos de Aprendizaje, se conoció sus estándares, repositorios y características. Por otra parte, para el perfil inteligente se determinó que, según estudios, existen diferentes estilos de aprendizaje según el individuo, así como también que cada individuo puede sobresalir en una o algunas de las inteligencias múltiples que propone Gardner [31][33][34]. Finalmente, en lo referente a ontologías y agentes inteligentes se indagó los conceptos básicos para su entendimiento, como son los vocabularios, los términos necesarios para su elaboración, y las metodologías para su desarrollo.

La arquitectura de Sistemas Multiagentes (SMA) resultó de la aplicación de la metodología INGENIAS en la sección 6.1.9 de resultados. Los agentes que componen el sistema son: el agente interfaz, agente coordinador, agente gestor de repositorios, agente perfil del estudiante y el agente buscador, comunicándose entre sí para recomendar OAs, de acuerdo al perfil inteligente que registre el estudiante en la interfaz Web. La diferencia con otras arquitectura que se han planteado en trabajos relacionados [3][48][50] es la presencia del agente perfil inteligente el cual se encarga brindar la información del usuario como su estilo de aprendizaje y las inteligencia del estudiante; si bien en otras investigaciones, se presenta un agente para determinar las preferencias del estudiante, este únicamente tiene la función de mostrar preferencias visuales y no trabaja con un perfil inteligente. Por lo tanto, la interacción de un agente que gestione el perfil de un usuario dentro de la arquitectura SMA resulta una contribución por parte del TT.

Algunas de las limitantes que se presentaron en etapas tempranas del TT fueron; la restricción a las API de los repositorios para la consulta masiva de OAs, por lo cual el SMA planteado solo gestiona OAs de repositorios basados en la plataforma ViSH. En cuanto al perfil inteligente, actualmente se determina las preferencias de los estudiantes en base a dos test únicamente, el de Gardner y VARK; en trabajos futuros se puede añadir nuevos cuestionarios u otras características como las inteligencias emocionales.

7.1.2 Implementar la arquitectura de sistema multiagente en una interfaz.

Durante la presente etapa se desarrolló cada uno de los agentes inteligentes, así como también una interfaz Web que permite al usuario interactuar con los mismos. Los agentes fueron programados mediante el framework JADE; y la interfaz Web utilizando Java Web; si bien actualmente existen muchas tecnologías con mayor tendencia que Java, se optó por ella debido a la fácil vinculación que resulta para los agentes inteligentes. En trabajos relacionados [48][12][57][54], se realiza una implementación de la arquitectura bastante similar mediante JADE y Java, pero no todos incluyen un agente que determine el perfil del estudiante, y otros utilizan tecnologías diferentes para la interacción del SMA con el usuario, como la integración de Android o aplicaciones para escritorio; dentro de la implementación del TT se debe destacar, que la interfaz Web programada vincula dos cuestionarios para determinar el perfil del estudiante, que son los cuestionarios de VARK y Gardner, cuyas respuestas son evaluadas por el agente “perfil del estudiante” para identificar sus preferencias.

En el presente TT se determinó que las implicaciones para gestionar los metadatos de los OAs son bastante complejas; inicialmente se trató de manejar una ontología con los metadatos mediante archivos de texto plano, pero por las limitaciones que su utilización implicaba, se buscó una alternativa inmediata, de esta manera se encontró Openlink Virtuoso, un híbrido de middleware y motor de base de datos que permite manejar fácilmente tripletas de una ontología. El código que traduce los metadatos en la ontología y los almacena en el middleware, fue implementado en el agente gestor de repositorios, el mismo que llevó mayor tiempo para su desarrollo.

Se debe exponer además que la ejecución de los agentes de manera local resulta más sencilla que al hacerlo en un servidor Web, debido a que localmente se lo puede realizar mediante una interfaz gráfica, y de manera remota deben ser ejecutados mediante código, la desventaja del servidor remoto es que no puede usarse el agente sniffer para capturar el envío de mensajes.

Al trabajar con un tipo de repositorio específico (ViSH), la implementación de la arquitectura maneja solo metadatos en estándar IEEE-LOM, utilizado por los OAs de estos repositorios; por lo tanto, para la vinculación de otros estándares como DUBLIN-CORE u otros, se requiere programar un agente específico para traducir estos metadatos. Otros de los aspectos limitantes del SMA que se debe mencionar, es la forma para determinar el perfil inteligente, el cual trabaja específicamente con las respuestas de los test propuestos; para añadir nuevos test, se deberá enseñar al agente como debe trabajar con el nuevo cuestionario.

7.1.3 Evaluar la arquitectura de sistema multiagente en un escenario real.

Realmente pocos son los estudios que muestran de manera detallada la etapa de evaluación en una investigación, principalmente en lo que tiene que ver con las TIC y agentes inteligentes. Es por ello que en el presente TT se realizó la etapa de evaluación mediante la validación de la ontología, pruebas técnicas, y una metodología de experimentación expuesta en [38], para verificación de la facilidad de uso y aceptación del sistema, la misma que está detallada en la sección 6.3.

Mediante pruebas técnicas realizadas al SMA se pudo determinar el rendimiento y eficiencia del sistema, utilizando la herramienta JMeter, una herramienta que permitió establecer casos de prueba y su ejecución para cada uno, los resultados demostraron que, al ser un prototipo, éste soporta efectivamente cargas de usuarios normales, pero para cargas muy elevadas (prueba de estrés), empieza a tener dificultades. Por otra parte, para la evaluación de la ontología se utilizó el método triangular [43], el cual permitió determinar algunas falencias comunes en el proceso de elaboración, que no fueron reconocidas sino hasta el final; mediante el uso de casos de prueba y el razonador “Hermit” se validó las propiedades lógico formales de la misma; de esta manera se verificó que la ontología cumple los requerimientos para los que fue planteada, debiendo solucionar algunos errores comunes encontrados.

Para llevar a cabo la evaluación (experimentación) con usuarios, se planteó una arquitectura de despliegue, la cual comunica la interfaz Web, con los agentes inteligentes, la base de datos y la ontología; sin esta arquitectura no se podría llevar a cabo la experimentación en un ambiente real, debido a que se integran cinco tecnologías diferentes, y resulta bastante complejo que sean desplegadas de manera conjunta en un solo servidor Web. Esta arquitectura permitió establecer el entorno de trabajo de los AI, formulado mediante el REAS (rendimiento, entorno, actuadores y sensores) en la sección 6.1.9.1; el rendimiento del SMA fue determinado a través de las pruebas de

ontología, pruebas técnicas, y la satisfacción de los estudiantes con el SMA; en cuanto al entorno, el SMA se desenvuelve en un servidor Web de *MS-Azure*; comunicándose con el mundo exterior a través de los sensores y actuadores que se encuentran programados en el sitio Web como: inputs, botones, test de estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples, peticiones HTTP, y mensajes que se muestran pantalla.

Es base a las pruebas y experimentación realizada, se estableció que la arquitectura plateada cumple con su función de búsqueda y recomendación de objetos de aprendizaje; y al ser evaluada mediante un prototipo, se concluyó que responde satisfactoriamente a las cargas de usuarios planteadas. Por otro lado, se determinó que se debe incluir un módulo o agente inteligente que permita escalabilidad a la arquitectura, debido a que actualmente solo puede trabajar con los repositorios ViSH.

Con toda la información recogida se puede afirmar que la implementación de agentes inteligentes sobre un SaCI (salón de clase inteligente) influye positivamente, y permite determinar las preferencias de los estudiantes, para que interactúen con recursos educativos acorde a sus características y necesidades; apoyando de esta manera a la Industria 4.0, que busca un aprendizaje más personalizado a través de la convergencia de la IA, y la interconexión de dispositivos hardware y software (Internet de las Cosas); esto se refleja mediante la conexión de los repositorios, agentes inteligentes, ontologías, servidor Web y máquinas virtuales; que trabajan conjuntamente para gestionar los OAs.

Pese a esto, aún existe una carencia de objetos de aprendizaje que puedan ser recomendados en base a las inteligencias múltiples, y son pocos los repositorios que verdaderamente desarrollan recursos pensados para diferentes características y estilos de aprendizaje; ello presentó una limitación al momento de recomendar OAs a los estudiantes.

7.2. Valoración técnica, económica, ambiental y científica

7.2.1 Valoración Técnica

El proyecto se valora técnicamente mediante la integración de varias tecnologías, que trabajan conjuntamente para recomendar objetos de aprendizaje acorde al perfil inteligente del estudiante. Se integra tecnología para manejar tripletas de una ontología, que son accedidas mediante un agente inteligente; así mismo se integra una interfaz Web que permite interactuar con el sistema multiagente, el sistema también tiene a disposición una base de datos que permite gestionar los usuarios registrados. Toda la arquitectura está montada sobre un servidor Web de *MS-Azure*, que ejecuta *Apache*

Tomcat, permitiendo la ejecución del SMA y la interfaz Web; otro de los servicios que se integran es una máquina virtual con *Windows Server 2012*, que alberga a Open Link Virtuoso, y la base de datos MySQL.

Toda esta tecnología podría integrarse con un SaCI mediante puentes (Gateway), y formar parte de lo que se conoce como *Smart Desk* (escritorio inteligente).

7.2.2 Valoración económica

El desarrollo del presente TT conllevó la utilización de recursos técnicos y económicos, los mismos que se resumen en este apartado. Si bien durante el proceso de investigación se utilizaron recursos libres, también existieron recursos que incurrieron en un costo.

TABLA XXV. RECURSOS HUMANOS.

Personal	Tiempo (Horas)	Precio/hora (\$)	Valor Total (\$)
Investigador (Alumno)	480	\$6,00	2 880,00
Director del TT	50	\$12,00	600,00
Docente	480	\$12,00	5 760,00
Subtotal			9 240,00

En la TABLA XXV, se muestran los recursos humanos que fueron necesarios para el desarrollo del proyecto, en este caso solo participó un investigador y el director de TT.

En cuanto a los recursos materiales, se detallan todos aquellos instrumentos que fueron necesarios para la elaboración de la memoria, y del proyecto en general en la TABLA XXVI.

TABLA XXVI. SERVICIOS Y RECURSOS MATERIALES.

Recursos	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor Total (\$)
Internet	5	20,00	100,00
Transporte	100	0,30	30,00
Internet móvil	1	5,00	5,00
Suministros de oficina	-	108,20	108,20
Subtotal			243,20

Seguidamente en la TABLA XXVII, se detallan los recursos técnicos y tecnológicos que se usaron para la implementación y desarrollo del sistema multiagente.

TABLA XXVII. RECURSOS TECNOLÓGICOS.

Recursos	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor Total (\$)
HARWARE			
Computador	1	850,00	\$850,00
Servidor Web	3 meses	9,67	29,01
Máquina virtual	3 meses	10,80	30,24
SOFTWARE			
Protégé	1	0,00	0,00
Apache JENA	1	0,00	0,00
Cmaps Tools	1	0,00	0,00
Virtuoso Open Link	1	0,00	0,00
MySQL	1	0,00	0,00
Licencias de software	-	0,00	00,00
Subtotal			909,25

Finalmente se presenta la TABLA XXVIII con el presupuesto total aproximado que fue necesario para llevar a cabo el TT.

TABLA XXVIII. COSTO TOTAL APROXIMADO DEL PROYECTO.

Recurso	Subtotal
Recursos humanos	9 240,00
Recursos materiales	243,20
Recursos tecnológicos	909,25
SUBTOTAL	10 392,45
Imprevistos (5%)	519,62
TOTAL	10 912,07

7.2.3 Valoración científica

En base a una RSL se encontró algunos estudios existentes que investigan en el campo de los SMA y OAs, si bien ya existen sistemas que permiten la recomendación de objetos de aprendizaje, son pocos los que presentan un prototipo que se pueda probar, y menos aún, que integren un agente para determinar el perfil del estudiante incluyendo estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples. Por lo tanto, la contribución científica se

basa en la RSL; el planteamiento de la arquitectura de SMA; el desarrollo de un prototipo que demuestra la investigación realizada; la aplicación de métodos de investigación como el método científico, analítico, del experimento, de la encuesta, metodología de Bárbara Kitchenham para RSL, estudio de casos, muestreo por conveniencia, y Gestión de proyecto PMBOK; métodos técnicos como la metodología INGENIAS, Methontology, y el método triangular; además de esto, no se ha encontrado SMA que utilicen cuestionarios como el test de VARK o Gardner para determinar los estilos de aprendizaje e inteligencias de un usuario, es por ello que, cualquier investigador que pretenda incursionar en estos ámbitos, encontrará un gran aporte científico en el presente TT.

7.2.4 Valoración ambiental

Finalmente, la valoración ambiental surge al utilizar recursos digitales, permitiendo un gran aporte en lo referente al ahorro de materiales para la educación como las impresiones que pueden ser perjudiciales para el medio ambiente.

8. Conclusiones

Esta sección expone las aportaciones principales del TT y otras aportaciones consideradas relevantes.

8.1. Aportaciones Principales

- Los resultados obtenidos en la RSL, demuestran que los Agentes Inteligentes cuentan con nivel muy aceptable para potenciar el e-learning, tomando en cuenta que cada estudiante presenta características únicas, nombradas perfil inteligente, y conformadas por información básica, contextual, estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples. De acuerdo a los 15 estudios analizados en la RSL, fueron seleccionadas metodologías (INGENIAS, Methontology) y herramientas (JADE, Apache JENA, ROA) para el desarrollo e implementación de la arquitectura SMA; dicha arquitectura integra una ontología que permite el manejo de los metadatos de los OAs y el perfil inteligente. La arquitectura SMA desarrollada consta de cinco agentes trabajando conjuntamente para recomendar OAs acorde al perfil, estos agentes son: agente interfaz, agente coordinador, agente gestor de repositorios, agente perfil del estudiante y agente buscador.
- La arquitectura de SMA se implementó mediante el framework JADE, en una interfaz Web programada con la tecnología Java Web; esta interfaz integra el SMA, los cuestionarios para determinar estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples, una búsqueda avanzada de OAs, y una interfaz administrativa para la gestión de los agentes inteligentes y repositorios de OAs (ViSH, ROA-CEDIA y EducalInternet). Para la comunicación del SMA con la interfaz Web resultó necesario implementar un agente especial llamado GatewayAgent, el cual sirve como puente para la comunicación entre código JADE con el código Java Web; el agente interfaz es el encargado de comunicar al SMA con el mundo exterior.
- El prototipo resultante fue sometido a una validación académica en un ambiente real, una validación técnica (pruebas de carga, rendimiento, estrés), y una validación de ontología; para lo cual se desplegó toda la arquitectura sobre un servidor Web de *MS-Azure*, que emula Apache Tomcat, permitiendo la ejecución del SMA y la interfaz Web; Posteriormente se procedió con las pruebas técnicas, concluyendo que, para la validación académica del prototipo, los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios, con un tiempo promedio entre 1,8 y 2

segundos para ingresar a las páginas del sitio Web, en condiciones de carga normales. Por otro lado, la validación académica mediante el método del experimento, aplicada a estudiantes de la CIS-UNL, se obtuvo que la facilidad de uso, resulta bastante aceptable con un 81,25% para la respuestas fácil y muy fácil, siempre que se posea una buena conexión a Internet; además, el sistema presentó una buena aceptación con 54% y 95% para las preguntas relacionadas a este ámbito.

8.2. Otras aportaciones

- Al trabajar con el perfil de un estudiante, resulta fundamental un agente que modele sus características y determine cuáles son sus preferencias para aprender, tal es el caso del agente perfil del estudiante; es por ello que, en cualquier arquitectura planteada, cada agente debe cumplir un rol específico.
- Actualmente los repositorios de objetos de aprendizaje poseen gran variedad de recursos digitales, que pueden ser utilizados en la educación, y clasificados en base a ciertas preferencias y características de los usuarios, en especial para estilos de aprendizaje. Pero al buscar objetos de aprendizaje acorde con las inteligencias múltiples solo existen para algunas de ellas; un claro ejemplo son las inteligencias intrapersonal e interpersonal, cuyos objetos son escasos o inexistentes en los repositorios.
- La Web semántica y las ontologías resultan una manera eficiente y sencilla de representar el conocimiento y almacenar tripletas de información; de esta manera se concluye que, para el almacenamiento de metadatos de los OAs, es una de las mejores alternativas; dándole más sentido y mayor significado a los datos; pese a esto, actualmente es una tecnología que no está completamente desarrollada y en uso.
- Durante la evaluación de la ontología se presentaron errores comunes, entre ellos la falta de un concepto principal, su traducción en un solo idioma, y la falta de disyunción en algunas clases globales, pero de manera general se concluye que son errores que no afectan el funcionamiento del SMA, y que mediante consultas SPARQL fueron superadas; pero que resulta fundamental realizar una verificación que permita comprobar que los requerimientos de la ontología fueron cumplidos.
- La implementación de agentes inteligentes sobre un SaCI puede influir positivamente en la gestión de OAs, y ayudar a determinar las preferencias de

los estudiantes; para que estos interactúen con recursos educativos acorde a sus características y necesidades. Así mismo, los agentes inteligentes constituyen una alternativa para gestionar recursos digitales de aprendizaje bastante eficiente, siempre y cuando se conozca y se tenga acceso a las tecnologías necesarias para su funcionamiento como: un entorno de desarrollo, un servidor Web que permita su ejecución y un motor de base de datos para el almacenamiento de los metadatos.

9. Recomendaciones

- Al existir gran cantidad de herramientas, metodologías y software para el desarrollo de agentes inteligentes, es recomendable realizar un análisis detallado y comparativo, que determine las opciones más eficientes dependiendo del caso de estudio y el ambiente al cual están dirigidos.
- Conjuntamente con la elección de una metodología para el desarrollo de SMA, se recomienda realizar las etapas base del análisis y diseño del desarrollo de software, de esta manera se puede tener una base más sólida sobre la cual trabajar la metodología elegida.
- Con respecto al desarrollo de un SMA se recomienda analizar las tecnologías con las cuales va a interactuar; muchas de ellas pueden no ser compatibles con la tecnología en la cual se están desarrollados los agentes; también es recomendable buscar herramientas *Open Source* que permitan realizar prototipos sin incurrir en costos elevados.
- Se recomienda realizar una planificación previa al realizar una evaluación (experimentación) en ambientes reales, de esta manera se puede detectar amenazas que atenten contra la validez, y planificar acciones para reducirlas; además, al plantear un cuestionario para recoger datos de un experimento, se recomienda seguir un procedimiento estructurado que permita dar mayor validez, tanto al cuestionario como a los datos recogidos.
- A las instituciones de educación se recomienda que impulsen el desarrollo de sistemas inteligentes en la educación; ya que dichos sistemas pueden llegar a reforzar y apoyar la educación tradicional que se dicta en las aulas de clase.
- Se recomienda ahondar en la investigación de los objetos de aprendizaje gestionados por agentes inteligentes, debido a que es una rama de la inteligencia artificial aplicada a la educación que esta poco explorada.

9.1. Trabajos Futuros

Una vez concluido el TT se plantea algunos trabajos futuros que pueden realizarse:

- Implementación de SMAWEB dentro de un SaCI, para integrarlo con un Smart Desk (escritorio inteligente) que permita presentar a los estudiantes, recursos acordes a su perfil inteligente.
- Potenciar el SMA, incluyendo más cuestionarios para determinar estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples, dependiendo de la edad o nivel de educación. Así mismo adaptar el contenido para personas con capacidades especiales, o dependiendo del género, ubicación geográfica, entre otros, integrando otros repositorios de OAs, ya sea basados en la plataforma ViSH u otra plataforma.
- Vincular el SMA con la plataforma ViSH; al ser una plataforma de código abierto, se puede realizar una implementación de esta plataforma modificando su código fuente, e incluir los agentes inteligentes, que permitan gestionar tanto objetos de otros repositorios como los objetos que se creen desde dicha implementación.
- Con el desarrollo de la Industria 4.0 y el Internet de las Cosas (IoT), el SMA puede vincularse con otros dispositivos que permitan determinar de manera más exacta las preferencias de los estudiantes, como sensores para determinar el estado emocional, dispositivos móviles para determinar las preferencias en cuanto a contenido multimedia, sensores que permitan determinar y adecuar el ambiente de clases, entre otros; y de esta manera brindar una educación más personalizada a los estudiantes.
- Agregar un componente que permita hacer escalable la arquitectura, y de esta manera pueda incluir otros repositorios, con diferente estándar de metadatos y características. El componente podría representarse a través de un agente inteligente que gestione un solo tipo de repositorio y este a su vez sea incluido en la arquitectura por el agente coordinador.
- En el ámbito de la ontología, plantear un concepto principal que abarque tanto a los objetos de aprendizaje como las características de aprendizaje de un individuo, así mismo una traducción en el idioma español, y finalmente agregar una relación individual a las clases globales, generando de esta manera una disyunción entre conceptos, que permita la utilización de sinónimos dentro de un razonador de ontología.

10. Bibliografía

- [1] C. Collazos, L. Guerrero, and A. Vergara, "Aprendizaje Colaborativo: un cambio en el rol del profesor," *academia.edu*, 2001.
- [2] P. Valdiviezo-Díaz, J. Aguilar, and G. Riofrio, "A fuzzy cognitive map like recommender system of learning resources," in *2016 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, FUZZ-IEEE 2016*, 2016, pp. 1539–1546.
- [3] J. Aguilar, L. Chamba-Eras, and J. Cordero, "Specification of a smart classroom based on agent communities," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2016, vol. 444, pp. 1003–1012.
- [4] M. Callejas Cuervo, E. J. Hernández Niño, and J. N. Pinzón Villamil, "Objetos De Aprendizaje, Un Estado Del Arte," *Entramado*, vol. 7, no. 1, pp. 176–189, 2011.
- [5] D. A. Wiley, *The Instructional Use of Learning Objects*. 2002.
- [6] C. López, "Los Repositorios de Objetos de Aprendizaje como soporte a un entorno e-learning," 2005.
- [7] A. Casali, V. Gerling, C. Deco, and C. Bender, "Sistema inteligente para la recomendación de objetos de aprendizaje," *Rev. Generación Digit.*, vol. 9, no. 1, pp. 88–95, 2011.
- [8] P. Rodríguez, G. Isaza, and N. Duque, "Búsqueda personalizada en Repositorios de Objetos de Aprendizaje a partir del perfil del estudiante," *revistas.unilibre.edu.co*.
- [9] J. R. Consejo Mexicano de Investigación Educativa., S. Torres Ovalle, F. Morales Rodríguez, A. G. Valdez Menchaca, and A. E. Silva Ávila, *Revista mexicana de investigación educativa.*, vol. 15, no. 45. Consejo Mexicano de Investigación Educativa, 1996.
- [10] J. F. Fajardo, L. Uguña, and J. Carlos, "Proceso de anotación de objetos de aprendizaje semiautomático mediante tecnologías semánticas," 2017.
- [11] P. Barker, "What is IEEE Learning Object Metadata / IMS Learning Resource Metadata?," 2005.
- [12] G. P. Guamán and J. C. Martínez, "Sistema Multiagente basado en un modelo Ontológico para la búsqueda de Objetos de Aprendizaje.," Universidad Nacional de Loja, 2015.

- [13] C. Bravo Santos and M. A. Redondo Duque, *Sistemas interactivos y colaborativos en la web*. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, 2005.
- [14] K. A. Abad Regalado and F. E. Chica Pesántez, “Enriquecimiento semántico de guías de programación electrónica,” 2014.
- [15] A. Gordillo, E. Barra, and J. Quemada, “A Hybrid Recommendation Model for Learning Object Repositories,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 15, no. 3, pp. 462–473, Mar. 2017.
- [16] A. M. Turing, “Computing machinery and intelligence,” in *Parsing the Turing Test: Philosophical and Methodological Issues in the Quest for the Thinking Computer*, Dordrecht: Springer Netherlands, 2009, pp. 23–65.
- [17] J. A. Jim, D. Arturo, O. Carranza, and I. Artificial, “Uso de Técnicas de Artificial En Ambientes Distribuidos De Enseñanza / Aprendizaje,” *Rev. Educ. en Ing.*, no. 5, pp. 98–106, 2008.
- [18] S. J. Russell, P. Norvig, J. M. Corchado, and L. Joyanes, *Inteligencia artificial: un enfoque moderno*. Pearson Prentice Hall, 2004.
- [19] L. Balnco and O. L. Gonzalez, “Contribuciones de la Inteligencia Artificial a la Educación Superior,” pp. 1–13.
- [20] I. Giraldo, D. Caridad, and L. Rodríguez, “La inteligencia artificial en la educación superior . Oportunidades y amenazas,” vol. 2, no. 8, pp. 412–422, 2017.
- [21] M. Cuervo, L. Prieto, and C. Aldana, “Modelado e implementación de un sistema multiagente para el diagnóstico de enfermedades de transmisión sexual,” *scielo.org.co*, vol. 8, no. 1, pp. 190–208, 2012.
- [22] D. Camargo Montero, “Sistema de seleccion de personal inspirado en agentes inteligentes,” Universidad de las Américas Puebla, 2007.
- [23] R. López and P. González, *Inteligencia Artificial*. España, 2017.
- [24] J. Aguilar and J. Altamiranda, “SMA y Aml,” 2016.
- [25] Y. Shoham and K. Leyton-Brown, *Multiagent systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and logical foundations*, vol. 9780521899. 2008.
- [26] M. Wooldridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*. United Kingdom: Wiley Publishers, 2009.
- [27] J. M. Corchado, “Modelos y arquitecturas de agente,” *researchgate.net*, 2005.

- [28] B. Henderson-Sellers and P. Giorgini, *Agent-oriented methodologies*. 2005.
- [29] J. Aguilar, I. Bessembel, M. Cerrada, F. H.-... de I. Artificial, and U. 2008, "Una metodología para el Modelado de Sistemas de Ingeniería Orientado a Agentes," *redalyc.org*.
- [30] V. Tabares, N. D. Duque, P. A. Rodríguez, O. M. Salazar, D. A. Ovalle, and D. Peluffo, "Análisis de Características del Perfil de Usuario para un Sistema de Recomendación de Objetos de Aprendizaje," *IX Conf. Latinoam. Objetos y Technol. Aprendiz.*, pp. 487–493, 2014.
- [31] A. Fernández González and D. Mihura de Rosa, "Inteligencias Múltiples," *E-motion. Rev. Educ. Mot. e Investig.*, no. 4, pp. 6–17, 2015.
- [32] V. Menéndez, M. Prieto, and A. Zapata, "Sistemas de Gestión Integral de Objetos de Aprendizaje," *Ieee-Rita*, vol. 5, pp. 56–62, 2010.
- [33] P. Arevalo-Marin *et al.*, "Minería de datos educativa para identificar la relación entre cociente intelectual, estilos de aprendizaje, inteligencia emocional e inteligencias múltiples de estudiantes de ingeniería," pp. 48–64, 2019.
- [34] M. G. Clavero, "Estilos de aprendizaje: su influencia para aprender a aprender," 2011.
- [35] J. L. García, J. A. S. Rincón, and C. M. A. García, "Instrumentos de Medición de Estilos de Aprendizaje.," *Rev. Estilos Aprendiz.*, vol. 2, no. 4, Oct. 2009.
- [36] J. Aguilar, P. Valdiviezo, J. Cordero, and M. Sánchez, "Conceptual Design of a Smart Classroom Based on Multiagent Systems," *ICAI'15 Int'l Conf. Artif. Intell.*, pp. 471–477, 2015.
- [37] CES, "Reglamento de régimen académico consejo educación superior," Quito, 2019.
- [38] M. Bocco, J. Cruz, and M. Piattini, *Métodos de investigación en ingeniería del software*. Madrid: RA-MA, 2014.
- [39] C. U. De Caracas, "Efectividad y eficiencia de la investigación tecnológica en la universidad Effectiveness and efficiency of technological research at the university," vol. 3, pp. 64–83, 2017.
- [40] Y. Castán, "Introducción al método científico y sus etapas," *ics-aragon.com*, p. 6, 2013.

- [41] J. D. Velásquez, "Una Guía Corta para Escribir Revisiones Sistemáticas de Literatura Parte 3," *Dyna*, vol. 82, no. 189, pp. 9–12, 2015.
- [42] M. Genero, J. A. Cruz-Lemus, and M. Piattini, "Métodos de investigación en ingeniería del software," *Editorial RA-MA*. pp. 171–199, 2014.
- [43] Y. A. López Rodríguez, Y. Hidalgo-Delgado, and N. S. Martínez, "Un método práctico para la evaluación de ontologías," *CEUR Workshop Proc.*, vol. 2096, pp. 76–85, 2018.
- [44] F. J. Diaz, C. M. T. Banchoff, and V. Soria, "Usando Jmeter para pruebas de rendimiento," no. January, pp. 1–14, 2012.
- [45] J. René and G. Nájera, "El Modelo Vark: Instrumento Diseñado Para Identificar Estilos De Enseñanza-Aprendizaje," no. 6, p. 5, 2007.
- [46] N. D. Duque, V. Tabares, and R. M. Vicari, "Mapeo de Metadatos de Objetos de Aprendizaje con Estilos de Aprendizaje como Estrategia para Mejorar la Usabilidad de Repositorios de Recursos Educativos," *VAEP-RITA*, vol. 3, no. 2, pp. 107–113, 2015.
- [47] Y. Villareal, M. Morales, N. Béliz Osorio, E. González, B. Gómez, and V. López, "Objetos de Aprendizaje," *El Tecnológico*, vol. febrero, no. 1, pp. 18–19, Jul. 2016.
- [48] D. N. Morales T, Reyes C, "Sistema Multiagente para la gestión de objetos de aprendizaje en FROAC," *NOVUM*, vol. 2, p. 1, 2015.
- [49] J. Aguilar, M. Mendonça, M. Jerez, and M. Sánchez, "Ontological emergence based on context analysis as a service for intelligent environments," *DYNA*, vol. 84, no. 200, 2017.
- [50] D. A. Ovalle, O. M. Salazar, and N. D. Duque, "Modelo de recomendación personalizada en cursos virtuales basado en computación ubicua y agentes inteligentes," *Inf. Tecnol.*, vol. 25, no. 6, pp. 131–142, 2014.
- [51] O. M. Salazar, P. A. Rodríguez, D. A. Ovalle, and N. D. Duque, "Personalized adaptive interfaces for supporting recommendation from learning object repositories," *Tecnura Tecnol. y Cult. Afirmando el Conoc. ISSN-e 0123-921X, Vol. 21, Nº. 53 (Julio - Septiembre), 2017, págs. 107-118*, vol. 21, no. 53, pp. 4–6, 2017.
- [52] B. Pérez, "Implementación de un Sistema para la Gestión de Objetos Digitales," no. October 2011, 2015.

- [53] A. García, "Mecanismos de coordinación en un salón inteligente," *Pensam. Univ.*, no. October, pp. 33–40, 2015.
- [54] K. Y. Cabrera Montoya, "Arquitectura multiagente para detectar estados emocionales de los estudiantes en un curso virtual," 2014.
- [55] R. Morales, Salas and M. Pereida, Alfaro, "Inclusión de estilos de aprendizaje como estrategia didáctica aplicada en un AVA," *Campus virtuales*, vol. 6, no. 1, pp. 67–75, 2017.
- [56] D. Roy, S. Sarkar, and S. Ghose, "A Comparative Study of Learning Object Metadata, Learning Material Repositories, Metadata Annotation & an Automatic Metadata Annotation Tool," in *Advances in Semantic Computing*, vol. 2, 2010, pp. 103–126.
- [57] O. S. Ospina, "Modelo de Sistema Multi-Agente ubicuo, adaptativo y sensible al contexto para ofrecer recomendaciones personalizadas de recursos educativos basado en," 2014.
- [58] J. L. G. Utah Valley University., M. G. Tapias, R. C. M. Ramírez, and I. del R. M. T. Blanca, *Journal of learning styles.*, vol. 10, no. 19. 2017.
- [59] M. M. Mendes, V. C. Carvalho, R. D. Araujo, F. A. Dorca, and R. G. Cattelan, "Clustering learning objects in the IEEE-LOM standard considering learning styles to support customized recommendation systems in educational environments," in *2017 Twelfth Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)*, 2017, pp. 1–8.
- [60] N. D. Duque-Méndez, "Modelo Adaptativo Multi-Agente para la Planificación y Ejecución de Cursos Virtuales Personalizados," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [61] C. Rosas, J. F. Zuloeta, C. M. Urbina, and L. Zuñe, *Estilos de Aprendizaje según el Modelo VARK en la Formación de Estudiante de Pregrado. Universidad Señor de Sipán*, vol. 11, no. 1. 2019.
- [62] J. Aguilar, I. Bessembel, M. Cerrada, F. H.-... de I. Artificial, and undefined 2008, "Una metodología para el Modelado de Sistemas de Ingeniería Orientado a Agentes," *redalyc.org*.
- [63] S. Azlin, "Agent-Based Communication in JADE Platform for Manufacturing Processes International Design and Concurrent Engineering Conference 2015

- Agent-Based Communication in JADE Platform for Manufacturing Processes,” no. September, 2015.
- [64] J. P. Bogart, “Manual De Estilos De Aprendizaje,” *Can. J. Genet. Cytol.*, vol. 9, no. 3, pp. 531–542, 2014.
- [65] J. Senso, ... A. L.-M.-R. española, and undefined 2011, “Modelo para la evaluación de ontologías. Aplicación en Onto-Satcol,” *redc.revistas.csic.es*.
- [66] E. G. Villagómez, “Sistema de Seguimiento de Participantes y su Vinculación con el Sector Productivo para la Unidad de Educación Continua y el Instituto de Investigación Y Posgrados de la Facultad de Ciencias Administrativas.,” Universidad Central del Ecuador, 2015.
- [67] C. Zapata, C. V.-R. A. en S. e, and undefined 2011, “Comparación de las características de algunas herramientas de software para pruebas de carga,” *redalyc.org*.
- [68] S. Casco, “Raspberry Pi , Arduino y Beaglebone Black Comparación y Aplicaciones,” pp. 4–8, 2014.
- [69] L. Cubas Fernández, “Análisis Comparativo del Rendimiento y el Esfuerzo mediante Preubas de Carga en Servidores Web,” *Universidad, Señor de Sipán*, vol. no. 32, 2019.
- [70] J. D. Velásquez, “Una Guía Corta para Escribir Revisiones Sistemáticas de Literatura Parte 1,” *Dyna*, vol. 82, no. 189, pp. 9–12, 2015.
- [71] J. D. Velásquez, “Una Guía Corta para Escribir Revisiones Sistemáticas de Literatura Parte 4,” *Dyna*, vol. 82, no. 189, pp. 9–12, 2015.
- [72] R. S. Pressman, *Ingeniería del Software*, vol. 7, no. 1. 2010.
- [73] S. J. (Stuart J. Russell, P. Norvig, J. M. Corchado Rodríguez, and L. Joyanes Aguilar, *Inteligencia artificial : un enfoque moderno*. Pearson Prentice Hall, 2004.
- [74] L. Suárez, M. Ocampo, and J. Castaño, “Satisfacción de los estudiantes universitarios en el uso de ambientes virtuales de aprendizaje basados en la plataforma Moodle,” 2014.
- [75] J. Adell and L. Castañeda, “Los Entornos Personales de Aprendizaje (PLEs): una nueva manera de entender el aprendizaje,” *Learning*, p. 16, 2010.
- [76] F. García and F. Betoret, “Motivación, aprendizaje y rendimiento escolar,” *Rev.*

Electron. Motiv. y Emoc., vol. 1, no. 1138–493X, pp. 1–18, 2014.

- [77] C. Suárez Guerrero, M. del C. Lloret Català, and S. Mengual-Andrés, “Percepción docente sobre la transformación digital del aula a través de tabletas: un estudio en el contexto español,” *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, ISSN 1134-3478, N° 49, 2016, págs. 81-89, no. 49, Grupo Comunicar, pp. 81–89, 2016.
- [78] A. Becker and H. Giesinger, “Resumen Informe Horizo Edición 2017 Educación Superior The NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition Contenidos,” no. 2017, pp. 1–22, 2017.
- [79] J. D. Mayer and P. Salovey, “What is emotional intelligence?,” *Emotional development and emotional intelligence: Educational Implications*. pp. 3–31, 1997.
- [80] R. Puigjaner, *El proyecto fin de carrera en ingeniería informática: Una guía para el estudiante*. 2002.

11. Anexos

Anexo 1: Revisión sistemática de literatura

Con la finalidad de brindar mayor información y bases para la realización de presente Trabajo de Titulación (TT) se ha realizado una revisión sistemática de literatura (RSL), que como lo manifiesta [70] tiene como principal objetivo resumir, compilar, criticar y sintetizar la investigación existente sobre un área temática o fenómeno de interés; dicha temática de interés en el presente TT son las investigaciones sobre los agentes inteligentes aplicados a la gestión de objetos de aprendizaje.

1. Proceso de la Revisión Sistemática

El proceso para la ejecución de la RSL ha sido tomado de [2] y [71], en donde se muestran las etapas a seguir para realizar una RSL en carreras de ingeniería, mismas que se irán desarrollando a lo largo del presente capítulo.

1.1. Planeamiento

1.1.1. Justificación

El objetivo principal de esta RSL es recopilar información acerca de los sistemas multiagente (SMA) en la gestión de recursos digitales de aprendizaje, tomando en cuenta las inteligencias múltiples y los estilos de aprendizaje y como estos pueden influir en la implementación del SMA, determinando así el estado del arte sobre estos temas, y tomando en consideración investigaciones únicamente 5 años antes de la elaboración del TT y que contribuyan con información comprobada a la realización del mismo.

1.1.2. Formulación de las preguntas de investigación

¿Qué consideraciones deben tenerse en cuenta para gestionar los recursos digitales de aprendizaje?

¿Cuáles son los repositorios de objetos de aprendizaje (ROA) más accedidos y utilizados?

¿De qué manera pueden ayudar los agentes inteligentes a la gestión de recursos digitales de aprendizaje?

¿Cuáles son las principales metodologías para el desarrollo de sistemas multiagente (SMA) en la gestión de OA?

¿Cómo influyen los estilos de aprendizajes y las inteligencias múltiples en la educación presencial y virtual?

1.1.3. Diseño del protocolo de búsqueda

1.1.3.1. Estrategias de búsqueda

Para la correcta recolección de documentos que aporten a la RSL y por ende a la investigación se han planteado algunos puntos ayuden con esta tarea, los mismos que se detallan a continuación:

- El tiempo dentro del cual debe encontrarse un artículo para ser considerado será de 5 años atrás a partir de la elaboración de TT.
- La búsqueda es realizada únicamente en bases de datos bibliográficas y confiables que se mencionan en el siguiente punto.
- Las palabras insertadas en los motores de búsqueda que son específicas del caso de estudio serán: Agentes Inteligentes, objetos de aprendizaje, salón de clase inteligente, SaCI, sistemas multiagente, ambientes inteligentes, smart classroom, recomendación, learning objects, multiagent system, salón inteligente, estilos de aprendizaje, inteligencias múltiples.
- Los estudios serán considerados si algunas de estas palabras constan en el título o resumen de los mismos.

1.1.3.2. Fuentes bibliográficas seleccionadas

Las fuentes bibliográficas seleccionadas para la realización de la búsqueda son:

- Google Scholar: <https://scholar.google.com/>
- Scielo: <http://www.scielo.org>
- Research Gate: <https://www.researchgate.net/>
- Dspace UNL: <http://dspace.unl.edu.ec/>
- IEEE Xplore Digital Library: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>
- Bibliotecas del Ecuador: <http://www.bibliotecasdeecuador.com/>

1.1.3.3. Cadenas de búsqueda

TABLA XXIX.
CADENAS DE BÚSQUEDA UTILIZADAS.

Google Académico
allintitle: SaCI OR "Agentes Inteligentes" OR SMA OR "Objetos de Aprendizaje"
Salón de Clase Inteligente SaCI
Sistemas multiagentes y objetos de aprendizaje
allintitle: "Inteligencias Múltiples"
Estilos de aprendizaje y el e-learning

Scielo
(ambientes inteligentes) OR (smart classroom) AND la:("es" OR "en") AND year_cluster:("2014" OR "2015" OR "2016" OR "2017" OR "2018")
agentes inteligentes para la recomendación de objetos de aprendizaje AND la:("es" OR "en") AND year_cluster:("2014" OR "2015" OR "2016" OR "2017" OR "2018")
(learning objects) AND (multiagent system) AND la:("es" OR "en") AND year_cluster:("2014" OR "2015" OR "2016" OR "2017" OR "2018")
Research Gate
Agentes inteligentes para la gestión de recursos digitales de aprendizaje
Salón inteligente
Dspace UNL
Sistema multiagente para la gestión de objetos de aprendizaje
IEEE Xplore Digital Library
Recommender system of learning resources
Bibliotecas del Ecuador
(Título:Objetos de Aprendizaje O Todos los Campos:Sistema multiagente)

Cabe mencionar que en todas las cadenas utilizadas solo se consideró estudios a partir del año 2014.

1.1.3.4. Criterios de inclusión

Para que un documento sea considerado deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- **Contenido:** El estudio debe contener al menos en una de las cadenas de búsqueda en su título y una o algunas en su resumen.
- **Fecha de publicación:** Estudios publicados desde el año 2014.
- **Motores de búsqueda:** Google Scholar, Scielo, Research Gate, Dspace UNL, IEEE Xplore Digital Library, Bibliotecas del Ecuador.
- **Idioma:** Se consideran artículos tanto en español como en inglés.
- **Tipos de estudios:** artículos, libros o trabajos relacionados.

1.1.3.5. Criterios de exclusión

Los estudios no serán considerados si no contienen información que aporten a responder las preguntas de investigación y que no cumplan con los criterios de inclusión.

1.2. Ejecución

1.2.1. Búsqueda de documentos

La búsqueda se ejecuta en base a la planeación expuesta anteriormente, donde los artículos seleccionados cumplen con los criterios de inclusión y aportan información relevante para responder las preguntas de investigación planteadas.

1.2.2. Selección de documentos

Una vez que se ha realizado la búsqueda en las bases de datos científicas ya mencionadas, y aplicando los criterios de inclusión y exclusión se obtuvieron un total de 15 estudios que aportan al TT y que permitirán responder las preguntas de investigación; estos estudios se presentan en la TABLA XXX.

TABLA XXX.
ESTUDIOS ANALIZADOS.

N°	Título	Año	Términos	Buscador
ES01	“Specification of a smart classroom based on agent communities” [3].	2016	Smart classroom, Ambient intelligence, Multi-agent system, Smart educational environment	Google académico
ES02	“Conceptual Design of a Smart Classroom Based on Multiagent Systems” [36].	2015	Smart Classroom, Multiagent Systems, AMI	Google académico
ES03	“Mapeo de Metadatos de Objetos de Aprendizaje con Estilos de Aprendizaje como Estrategia para Mejorar la Usabilidad de Repositorios de Recursos Educativos” [46].	2015	Objetos de Aprendizaje, Estilos de aprendizaje, Recursos educativos	Google académico

N°	Título	Año	Términos	Buscador
ES04	“Objetos de Aprendizaje” [47].	2016	Objetos de Aprendizaje	Google académico
ES05	“Sistema Multiagente para la gestión de objetos de aprendizaje en FROAC” [48].	2015	Gestión de objetos de aprendizaje, Sistemas Multi-agente	Google académico
ES06	“Ontological emergence based on context analysis as a service for intelligent environments” [49].	2017	Cloud learning, Ontological emergence, Smart environments	Scielo
ES07	“Modelo de recomendación personalizada en cursos virtuales basado en computación ubicua y agentes inteligentes” [50].	2014	Adaptive Virtual Courses (AVC), Intelligent agents, Ontologies, Ubiquitous computing	Scielo
ES08	“Personalized adaptive interfaces for supporting recommendation from learning object repositories” [51].	2014	estilos de aprendizaje, interfaces adaptativas personalizadas, perfiles de estudiante, repositorios de objetos de aprendizaje, sistemas multiagente	Scielo
ES09	“Implementación de un Sistema para la Gestión de Objetos Digitales” [52].	2015	Repositorio, Objeto de Aprendizaje, recursos digitales	Research Gate
ES10	“Mecanismos de coordinación en un salón inteligente” [53].	2015	Inteligencia artificial distribuida,	Research Gate

N°	Título	Año	Términos	Buscador
			Sistemas multiagentes	
ES11	“Sistema Multiagente basado en un modelo Ontológico para la búsqueda de Objetos de Aprendizaje” [12].	2015	Objetos de aprendizaje, modelo ontológico, sistema multiagente	Dspace uni
ES12	“A fuzzy cognitive map like recommender system of learning resources” [2].	2016	Fuzzy cognitive maps, Learning resources, Recommender systems	IEEE Xplore Digital Library
ES13	“Arquitectura multiagente para detectar estados emocionales de los estudiantes en un curso virtual” [54].	2014	Arquitectura multiagente, E-Learning, Sentimientos	Bibliotecas del Ecuador
ES14	“Inclusión de estilos de aprendizaje como estrategia didáctica aplicada en un AVA” [55].	2017	Estilos de aprendizaje, AVA, Perfiles de aprendizaje	Google Académico
ES15	“Inteligencias Múltiples” [31].	2015	Inteligencias Múltiples	Google Académico

1.2.3. Análisis de literatura

Una vez que se ha seleccionados los estudios para la RSL, se obtiene información relevante para el TT, esta información ha sido obtenida mediante los criterios de inclusión y exclusión de los estudios, junto con las partes claves de artículo, libro o trabajo relacionado; Se ha considerado aquella información que aporte al desarrollo de este TT, y que responda las preguntas de investigación planteadas en puntos anteriores.

ES01

Este estudio expone el concepto de lo que es un Salón de Clase Inteligente (SaCI), en inglés denominado “Smart Classroom”, el cual es un área de tecnología ubicada que incorpora dispositivos y software, tales como tableros inteligentes, entornos virtuales de

aprendizaje (VLE), sistemas inteligentes de tutoría (ITS), entre otros que interactúan entre sí y ayudan al proceso de aprendizaje, y que más específicamente cumplen la función de adaptar el curso y sus contenidos a las necesidades, capacidades e inteligencias múltiples de los estudiantes [3].

También se debe mencionar que se realiza la implementación de un SaCI, y para ello se introduce el término “Comunidad de agentes”. Existe una comunidad de agentes que interesa mucho a este TT, y es la “*comunidad de agentes que gestionan los recursos de aprendizaje*”; el principal agente en esta comunidad es el agente recomendador, que tiene como objetivo llamar a MERLOT. MERLOT es una aplicación para encontrar materiales de aprendizaje en la Web y mediante la cual podemos acceder a los ROA. Los agentes han sido desarrollados mediante el framework JADE de código abierto, que proporciona un entorno de desarrollo como un entorno de ejecución para la realización y el mantenimiento del SMA [3].

Dentro de la comunidad de agentes también se encuentra el agente de gestión de solicitudes, y el agente de gestión de repositorio; para un mayor entendimiento se presenta la Figura 52, misma que presenta la arquitectura del agente recomendador.

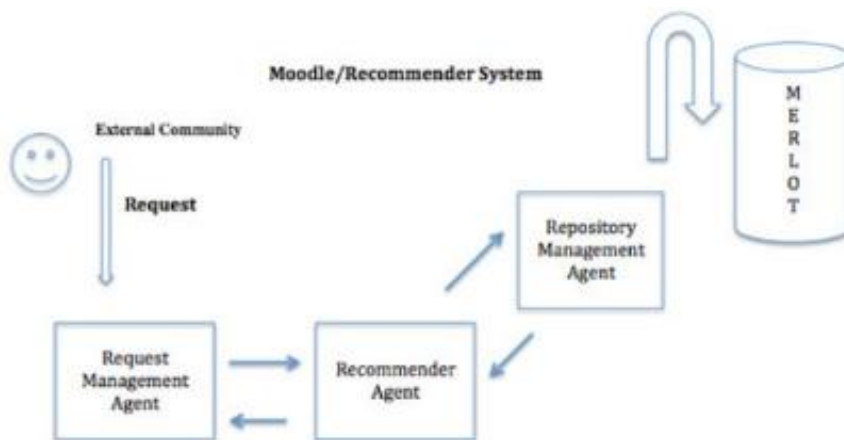


Figura 52. Arquitectura del agente recomendador [3].

En este trabajo se utiliza la metodología MASINA para el desarrollo de los agentes inteligentes [3].

ES02

El presente estudio muestra la arquitectura del middleware utilizado para SaCI, la cual es mostrada en la Figura 53. La capa física contiene los elementos de software utilizados para interconectar los elementos del entorno, ya sean estos de hardware o software. El nivel de gestión del SMA está compuesto por una comunidad de multiagentes, para

soportar la ejecución de aplicaciones multiagentes. La capa de administración de servicios tiene la responsabilidad de buscar y encontrar los servicios requeridos en un momento dado por las aplicaciones en la plataforma. La capa física de Aml representa los diferentes dispositivos presentes en el entorno, representados como agentes. La capa lógica de Aml representa los diferentes componentes de software que se utilizan en la plataforma, pero además tiene dos agentes: un agente de perfil para representar a cada estudiante en SaCI (sus capacidades, estilo de aprendizaje, entre otros) y el agente tutor para representar al profesor. Finalmente, la capa de aprendizaje de Aml es donde se implementan los diferentes dispositivos y software de SaCI [36].

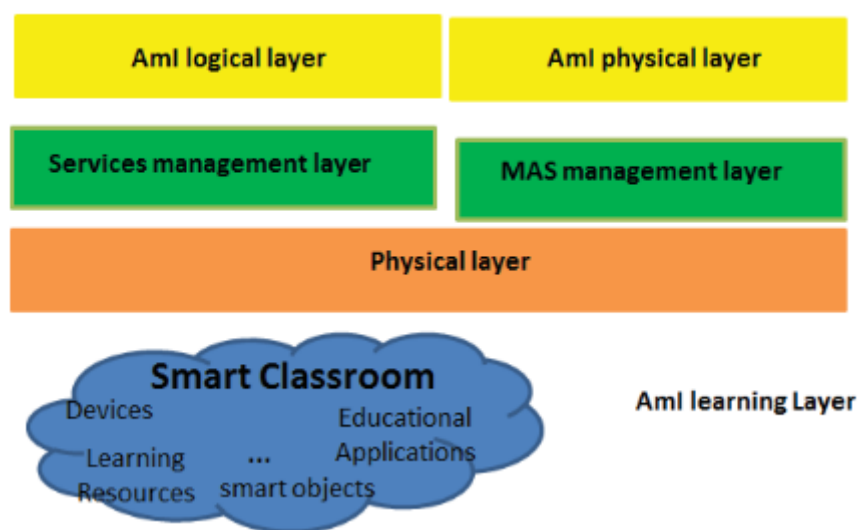


Figura 53. Middleware usado en un SaCI [36].

El componente del Salón inteligente que representa la gestión de recursos digitales es el Interact desk, cuyo objetivo es presentar contenido educativo adaptando este contenido dependiendo del usuario. Se propone desarrollar el SMA mediante la metodología MASINA.

ES03

El ES03 propone que para la recomendación de OAs, se debe considerar el perfil del estudiante, es por ello que el desarrollador del contenido pedagógico debe incluir metadatos que se asocien con características de los usuarios a los cuales está destinado.

Este trabajo presenta una propuesta dirigida a relacionar los metadatos (Estándar LOM) de los OAs, con las características de los estudiantes, seleccionando así los recursos

de aprendizaje que más se adapten a las necesidades de los mismos. Estas características han sido definidas en base al modelo de Felder, que divide a los estudiantes de la siguiente manera: Activo-Reflexivo, Sensorial-Intuitivo, Visual-Verbal y Secuencial-Global como se muestra en la Figura 54 [46].

ES04

Este estudio presenta algunas definiciones breves sobre los objetos de aprendizaje y sus características, según esta definición, un objeto de aprendizaje es una entidad ya sea esta digital o no, y que puede ser utilizada durante el proceso de aprendizaje apoyado en la tecnología, pero aclara que la mayoría de definiciones coinciden en que son recursos digitales [47].

ESTILOS DE APRENDIZAJE							
Percepción		Procesamiento		Representación		Comprensión	
¿Qué tipo de información se prefiere recibir?		¿Cómo se prefiere adquirir información?		¿A través de qué vía sensorial se prefiere captar información?		¿De qué modo se facilita el entendimiento de contenidos?	
Sensorial	- Intuitivo	Activo	- Reflexivo	Visual	- Verbal	Secuencial	- Global

Figura 54. Elementos del Modelo de Felder y Silverman [46].

Además, presenta las características que debe cumplir un objeto de aprendizaje para ser catalogado como tal, estas son: reusabilidad, auto-contenibilidad, escalabilidad, interactividad e interoperabilidad. Los repositorios de aprendizaje que contiene estos objetos poseen dos características de los mismos, los contenidos y la meta-información también denominada metadato. El modelo más utilizado para la empaquetar y publicar OAs según este estudio es SCORM, principalmente en la plataforma Moodle [47].

Para la búsqueda inteligente de estos recursos digitales de aprendizaje, este estudio hace referencia a la Web semántica en donde la información está definida que las máquinas puedan entender y satisfacer las peticiones. Es por ello que la estrategia que se menciona para llevar a cabo este fin, es el uso de ontologías, que permite organizar y representar el conocimiento haciendo explícitas las reglas implícitas de una parte de la realidad [47].

ES05

El estudio cinco presenta una definición más que debe ser tomada en cuenta, Federación de repositorios de objetos de aprendizaje (FROAC), su principal objetivo es solucionar problemas de escalabilidad y administración de un conjunto de repositorios distribuidos, aprovechando esto el estudio plantea un sistema multiagente para gestionar objetos de aprendizaje en FROAC. Para el desarrollo de este estudio se han planteado una metodología con cuatro fases: investigación preliminar, análisis, diseño e implementación del sistema multiagente. Para el desarrollo del SMA se ha utilizado la plataforma JADE, para la comunicación entre el sitio Web y el SMA se ha utilizado Jade Gateway. El SMA consta de tres agentes, estos son: el agente coordinador encargado de gestionar la información, el agente completitud encargado de calcular la completitud del OA, y finalmente la agente consistencia que evalúa el nivel de cumplimiento de los metadatos [48].

ES06

El presente artículo expone que los ambientes de aprendizaje son cambiantes, por lo que las necesidades de cada estudiante deben ser determinadas en base a sus estilos de aprendizaje, el rendimiento, y el contexto del mundo en el que se sitúan. Es por ello que el ES06 propone un servicio que permita a un Aml educativo tomar las ventajas que brinda la emergencia de ontologías basadas en el contexto para de esta manera responder a situación imprevistas en un momento dado. Este estudio integra tres middlewares, estos son “*Middleware para ambientes inteligentes de aprendizaje basados en C-Learning (AmICL)*, *Middleware para la gestión del contexto (CARMiCLOC)*, y *Middleware Semántico*” [49].

El AmICL consta de un grupo de agentes dentro de los cuales están: Agente Perfil de Estudiante, Agente Tutor, Agente Dispositivo, Agente Gestión de Servicios, y Agente Servicio. Cabe mencionar que la metodología de desarrollo de SMA en este estudio es la metodología MASINA.

ES07

El estudio siete presenta un modelo de recomendación personalizada en cursos virtuales basados en computación ubicua y agentes inteligentes. Para la construcción de SMA se ha utilizado los modelos propuestos en las fases de análisis y diseño de la metodología MAS-CommonKADS. La fase de implementación del SMA se realiza mediante las herramientas como el framework JADE y Protégé, este último utilizado

para definir las ontologías. Se menciona también el estándar IEEE-LOM para la estandarización de los metadatos. La arquitectura definida se presenta en la Figura 55 [50].

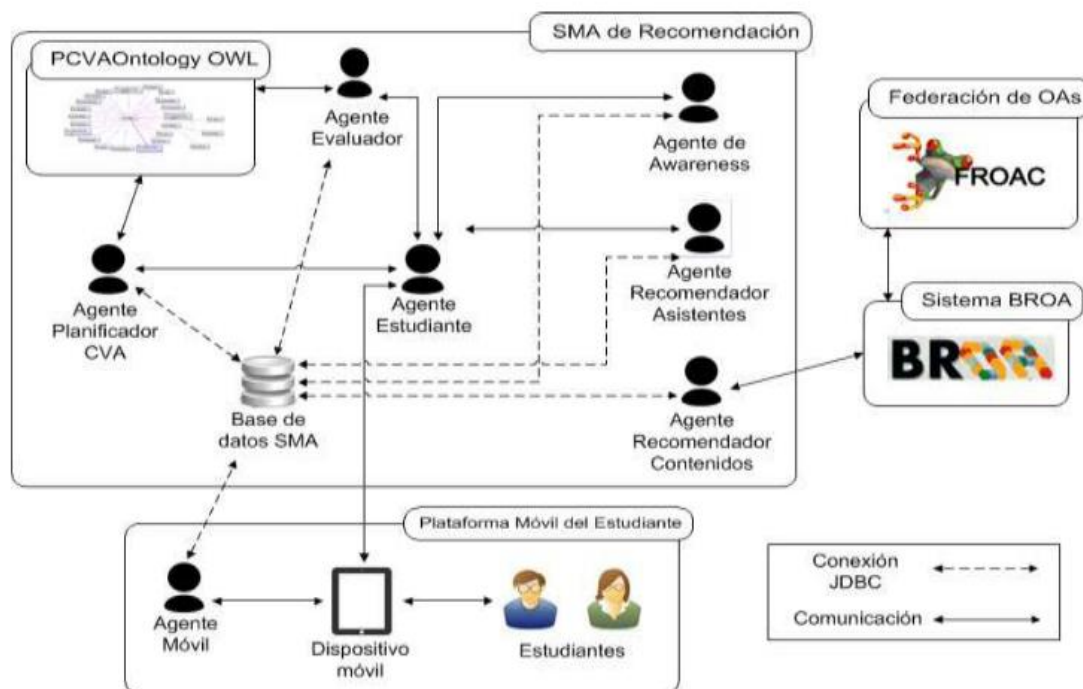


Figura 55. Arquitectura propuesta para el SMA de recomendación personalizada [50].

Las configuraciones mínimas para implementar el modelo propuesto en este estudio fueron: un servidor con sistema operativo Windows XP, procesador Intel Pentium 4 o equivalente, 2 GB de RAM y una LAN. Por otra parte, para las inferencias ontológicas fueron abstraídas mediante el Framework JENA desde el archivo OWL generado por Protégé [50].

ES08

Según se manifiesta en este artículo el principal objetivo es incorporar una interfaz adaptativa personalizada a un sistema multiagente con el fin de recomendar objetos de aprendizaje, desde repositorios locales y remotos utilizando el perfil cognitivo de los estudiantes. Mediante el perfil cognitivo del estudiante se facilita la búsqueda de OAs en base a las características, necesidades y preferencias del individuo. Para el desarrollo del sistema se presenta una metodología iterativa que consta de las siguientes fases: (a) plantear e implementar una ontología que permita representar el conocimiento asociado a perfiles de usuario al igual que los metadatos que describen los OA; (b) analizar y diseñar un SMA de recomendación de OA a partir del modelo

ontológico propuesto; (c) diseñar e implementar una interfaz adaptativa que se acople al modelo multiagente y que permita personalizar sus componentes principales basado en las características descritas en los perfiles de usuario [51].

Para un mejor entendimiento de la arquitectura presentada en este estudio, se muestra la Figura 56, y seguidamente se describe los agentes que la componen.

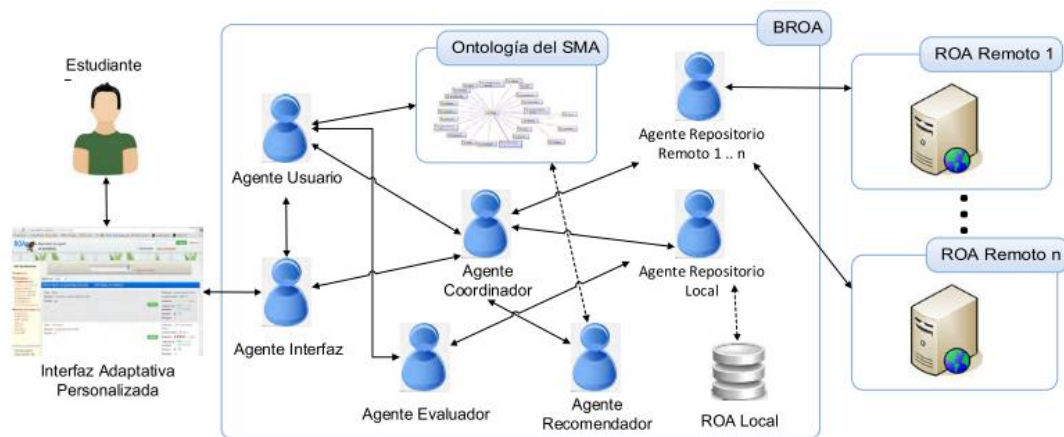


Figura 56. Arquitectura del SMA [51].

La arquitectura de SMA que se presenta consta de los siguientes agentes:

Agente interfaz: tiene como rol principal realizar la adaptación de la interfaz del repositorio, según el perfil del estudiante.

Agente usuario: su función principal es la de representar al usuario humano dentro del SMA.

Agente coordinador: este agente es deliberativo ya que se encarga de redireccionar las consultas que hace el usuario al repositorio local y a los remotos para realizar la búsqueda.

Agente repositorio local y agentes repositorios remotos: son los encargados de hacer las búsquedas propiamente en los repositorios,

Agente de recomendación: este agente realiza el proceso de recomendación sobre los metadatos que describen los OA y en base al estilo de aprendizaje.

Agente evaluador: es el agente que se encarga de gestionar las evaluaciones que realiza un usuario a algún OA que ha sido explorado.

Para el desarrollo de SMA se ha usado el framework JADE, para el desarrollo e implementación de la ontología se utiliza Protégé, para la integración de la estructura ontológica con el SMA se utiliza el framework JENA [51].

ES09

El estudio nueve mostrado en [52], presenta la implementación de un sistema para la gestión de objetos digitales en la universidad Agraria de la Habana que permita potenciar la incorporación de las TIC's (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) en el proceso enseñanza aprendizaje, su principal objetivo es construir un repositorio para teleclase o audiovisuales. En el estudio se analizan cuatro repositorios: CONTENTdm, DSpace, FEDORA, WidiD. Finalmente se elige el repositorio FEDORA como resultado de las comparativas realizadas entre los repositorios, debido a que ofrece una interfaz Web referida al acceso y gestión de sus contenidos digitales y provee una arquitectura que permite integrar el repositorio a cualquier aplicación entre otras ventajas. El motor de búsqueda que se utiliza es SOLR es escalable, permitiendo realizar búsquedas distribuidas y replicación de índices. El modelo presentado se muestra en la Figura 57.

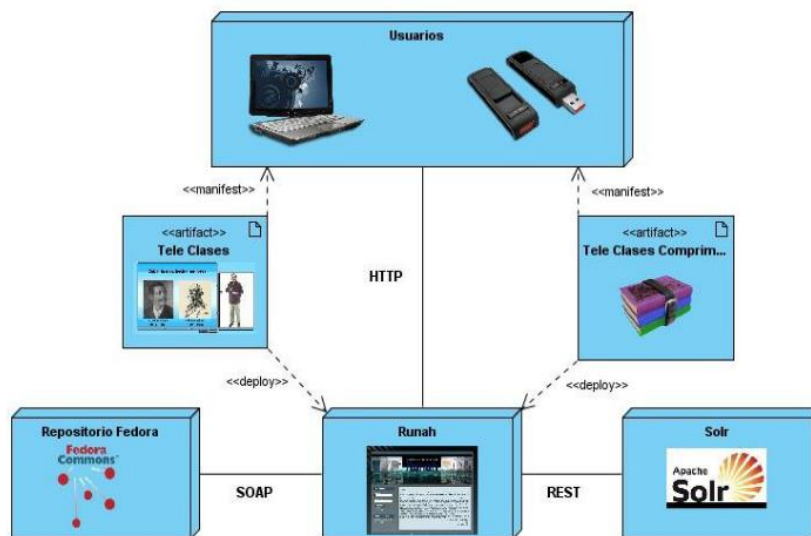


Figura 57. Diagrama de despliegue de la aplicación [52].

ES10

Un salón de clase inteligente que consta de un SMA necesita una forma de coordinar su comunicación, es por ello que en el presente estudio se exponen *Mecanismos de Coordinación en un Salón Inteligente*. Se modelan matemáticamente estos mecanismos

para que puedan ser reutilizados en otros estudios que requieran coordinación en un SaCI. Se usa el modelo de coordinación de la metodología MASINA [53].

ES11

Se expone un Sistema Multiagente basado en un modelo Ontológico para la búsqueda de Objetos de Aprendizaje, exponiendo principalmente la importancia de la Web semántica conjuntamente con Agente Inteligentes. Para el desarrollo tanto de la ontología como del SMA se toman fases de ICONIX, Methontology e Ingenias. Se presenta todo el marco teórico necesario para la implementación de la ontología y el sistema multiagente, mostrando los estándares IEEE-LOM y Dublin Core, Para el desarrollo de la ontología se utiliza la herramienta Protégé, y para su razonamiento el framework JENA, con respecto a la base de datos para la Web Semántica se utiliza virtuoso que permite realizar consultas SPARQL. En cuanto a los agentes inteligentes para su creación se ha usado el framework JADE ya que ofrece algunas funcionalidades de manera gratuita [12].

Este estudio presenta una lista de repositorios de objetos de aprendizaje que se han considerado, entre estos tenemos: Repositorio Institucional Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Mayor Repositorio del Reino Unido (JORUM), Centro de Recursos para la enseñanza y aprendizaje (CREA), Banco Internacional de Objetos de Aprendizaje, Repositorio Objetos de aprendizaje de Escuela Superior Politécnica de Literal, Fedora Commons [12].

En cuanto a los agentes inteligentes, se presenta cuatro posibles metodologías a utilizar, estas son MaSE, GAIA, TROPOS, e INGENIAS, y analizando varios criterios los autores seleccionan la metodología INGENIAS. En entorno en donde se desarrollarán los agentes también es elegido de un grupo de cuatro candidatos, estos son AgentBuilder, JACK, JADE y ZEUS [12].

Finalmente, la arquitectura planteada es la que se muestra en la Figura 58.

ES12

El artículo doce propone un mapa cognitivo difuso para recomendar recursos de aprendizaje en un Salón Inteligente. Este sistema recomendador explota el conocimiento, aprende, descubre nueva información, infiere preferencias, entre otras cosas. Para ello utiliza cinco tipos de conocimiento de SaCI: estudiantes, recursos de aprendizaje, temas, contexto y crítica.

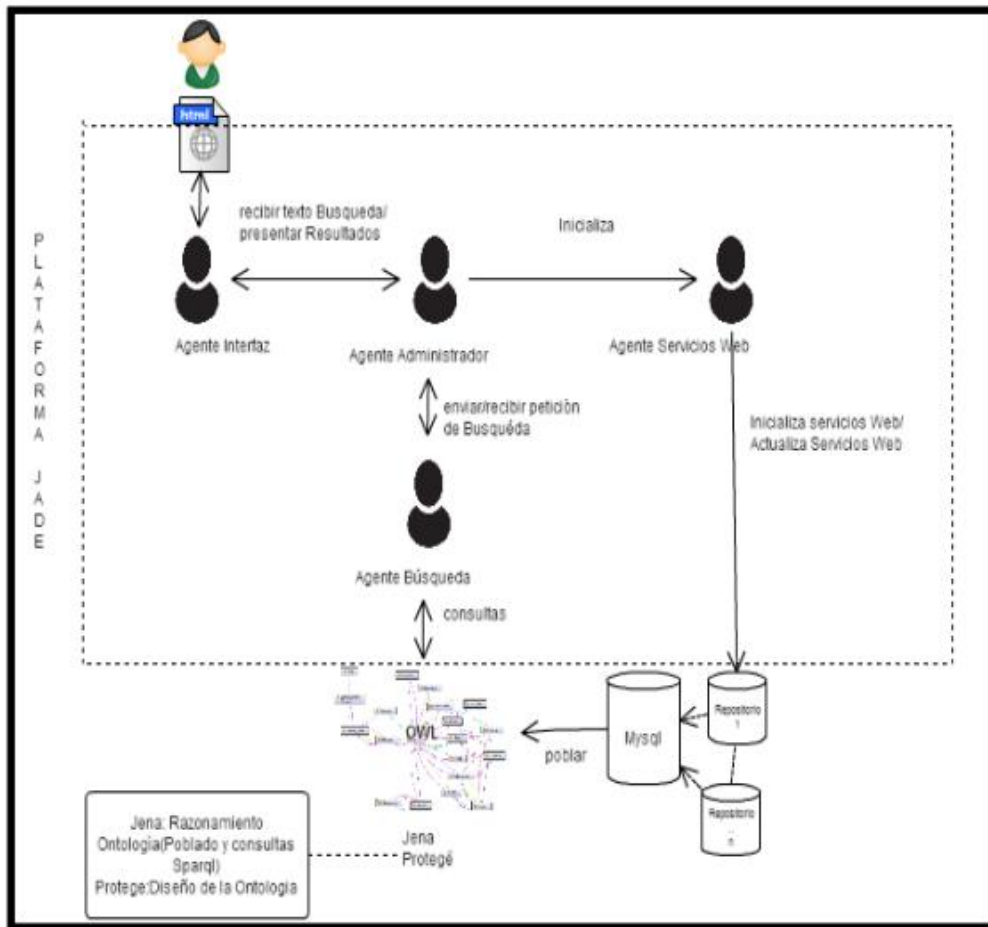


Figura 58. Arquitectura Multiagente para recuperación OAs [12].

Realiza la implementación en el componente software de SaCI llamado Sistema Recomendador Inteligente (IRS). Una de las características de este sistema, es que mediante un mapa cognitivo difuso puede determinar las preferencias del estudiante para un recurso educacional, también puede inferir/predecir características de los recursos educacionales de manera que se adapten a las características y capacidades del estudiante [2].

ES13

Este trabajo de titulación expone un modelo de Arquitectura Multiagente, aplicando la metodología MAS-CommonKADS, el SMA analiza el texto de foros y comentarios de la red social del entorno virtual de aprendizaje EVA estableciendo la polaridad emocional del texto mediante técnicas de procesamiento del lenguaje natural, haciéndole conocer al docente cuando es necesario dar una retroalimentación. En el trabajo se presentan seis posibles metodologías a usar para el desarrollo de SMA, entre ellas se menciona a BDI, GAIA, MAS-CommonKADS, MaSE, MESSAGE/UML, y ZEUS, en base a

comparativas de sus ventajas y desventajas, el autor ha elegido la metodología MAS-CommonKADS. Para el desarrollo del SMA se utiliza el framework JADE [54].

ES14

Este artículo expone la importancia de la inclusión de los estilos de aprendizaje en un Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA), se mencionan tres dimensiones que deben ser tomadas en cuenta cuando un humano percibe o recoge información: a) Visual, b) Auditiva y c) Kinestésica, cuyas características son descritas en la Figura 59.

Aprendizaje VISUAL	Aprendizaje AUDITIVO	Aprendizaje Kinestésico
<ul style="list-style-type: none"> -Piensan en imágenes, gráficos, cuadros, láminas, carteles, diagramas, videos, películas, entre otros. -Tienen más facilidad para absorber grandes cantidades de información con rapidez. -Pueden relacionar ideas y conceptos, por lo tanto desarrollan una mayor capacidad de abstracción. -Recuerdan mejor lo que leen que lo que escuchan. -Entre un 40% y un 50% de la población. 	<ul style="list-style-type: none"> -Aprenden preferentemente escuchando. -Aprenden mejor cuando lo que aprendieron lo pueden explicar a otra persona. -Se adaptan muy bien a la clase expositiva (formato más frecuente en el sistema escolar). -Tienen gran capacidad para aprender idiomas y música. -Recuerdan mejor lo que escuchan que lo que leen. -Entre un 10 y 20% de la población. 	<ul style="list-style-type: none"> -Interactúan con el material educativo (laboratorio, pintura, dibujos, actividades físicas, juegos de rol) -Para aprender necesitan asociar los contenidos con movimientos o sensaciones corporales. -Sus aprendizajes son más lentos y se desempeñan mejor en tareas de tiempo limitado y con descansos frecuentes. -Pueden recordar mejor lo que hacen, en vez de lo que leen y escuchan. -Entre un 30% y 50% de la población.

Figura 59. Características de los Estilos de Aprendizaje según Keefe [55].

El estudio manifiesta que la retroalimentación docente debe dictarse teniendo en cuenta estos estilos de aprendizaje, y en base a la opinión de docentes se llega a la conclusión de que para cada uno de los estilos se debe aplicar diferente retroalimentación, de esta manera para el aprendizaje visual son muy importantes apoyos como videos, tutoriales, imágenes, gráficos, y otros recursos visuales; el aprendizaje auditivo es más pasivo en el ambiente virtual, sin embargo se puede retroalimentar mediante videos, grabaciones de audio, emisión de sonidos entre otros; A los estudiante cuyo estilo de aprendizaje es Kinestésico les motiva tener objetos para el aprendizaje con los cuales puedan interactuar [55].

ES15

El último estudio, pero no por ello menos importante, presenta la teoría de Howard Gardner, un psicólogo y educador norteamericano que refuta la creencia de una sola inteligencia, y propone lo que se conoce como la Teoría de las Inteligencias Múltiples (IM), en la cual define a la inteligencia como: “la capacidad de resolver problemas o de

crear productos que sean valiosos en una o más culturas”. Y aún más importante desecha la definición unidimensional de inteligencia y propone un conjunto de inteligencias heterogéneas [31]. En la Figura 60 se resume las inteligencias propuestas por Gardner.

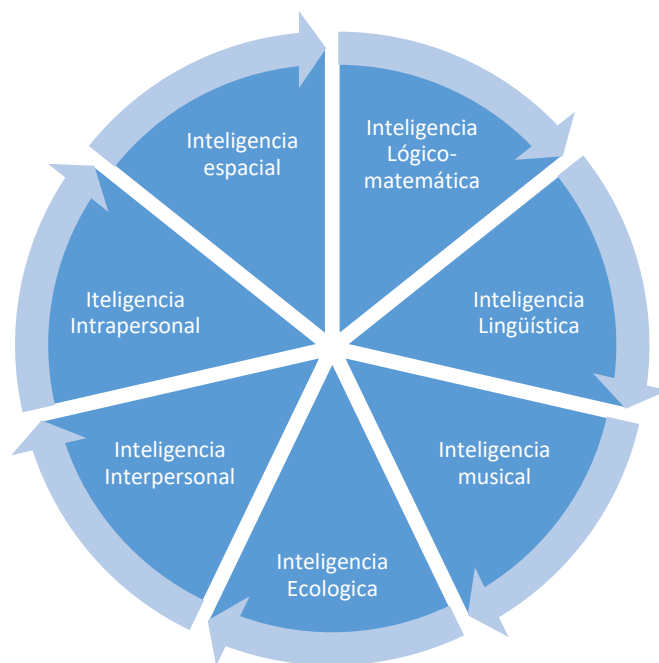


Figura 60. Inteligencias múltiples [31].

Según Gardner (1994), lo ideal sería identificar el perfil intelectual de un individuo en una edad precoz, y utilizar este conocimiento para mejorar sus oportunidades y opciones de educación. No todos somos iguales, unos manejamos mejor un determinado tipo de inteligencia y otros otra. Por tanto, si no todos somos iguales, deberíamos diseñar una educación personalizada [31].

Es por ello que al hablar de un SaCI y de recursos adaptativos, se debe tomar en cuenta la existencia de estas inteligencias múltiples en cada estudiante y que deben ser medidas para determinar los recursos más óptimos que mejoren su aprendizaje individual.

Anexo 2: Desarrollo de la Ontología

1. Especificación de Requerimientos

1.1. Alcance

La ontología se enfoca en la representación del conocimiento que manejará el SMA. Primeramente, en los OAs recuperados de los repositorios ViSH, con el estándar IEEE-LOM. Y, por otra parte, se representa el perfil de estudiante, su información básica, inteligencias, estilos de aprendizaje y características del contexto en el que se encuentra.

1.2. Propósito

Desarrollar una ontología que describa el dominio del conocimiento con respecto a los OAs y perfil del estudiante, que se utilizará como base semántica para la búsqueda y extracción de información de los objetos de aprendizaje; así como también para adaptar los objetos de aprendizaje a las características del usuario y del contexto en el cual se desenvuelve.

1.3. Lenguaje de Implementación

Para la implementación se utilizará el lenguaje RDFS/OWL.

1.4. Posibles usuarios finales

Los usuarios finales serán los estudiantes y/o docentes que accedan a la recomendación de OAs mediante el SMA planteado. De la misma manera asistentes especializados o profesionales que deseen consultar sobre el tema.

1.5. Posibles Usos

- Representación semántica de los OAs.
- Definir las reglas a través de las cuales se puedan seleccionar los OAs.
- Adaptar los OAs a al perfil del estudiante

1.6. Requerimientos

- **Funcionales**

La implementación de la ontología abarcará los idiomas: inglés para el estándar de los recursos de aprendizaje, y español para el perfil del estudiante.

1.7. Herramientas

Durante el proceso de desarrollo de la ontología cada etapa necesita del apoyo de diferentes herramientas, estas herramientas son:

- **Cmaps Tools v6.03:** Esta herramienta permite modelar la taxonomía de la ontología.
- **Protégé:** Software que permite implementar la ontología en un lenguaje formal RDF/OWL.
- **Virtuoso Open Link:** Middleware y motor de base de datos para entornos de la web semántica, permite guardar tripletas de la ontología.

2. Conceptualización

La fase de conceptualización de Methontology permitió definir los vocabularios y términos que fueron utilizados para representar la Ontología, algunos de estos términos pertenecen a vocabularios ya establecidos en la Web, y otros de ellos son de elaboración propia. Como resultado de esta etapa se presenta la taxonomía de conceptos, la misma que sirve de base para la fase de formalización.

2.1. Vocabularios

TABLA XXXI.
VOCABULARIOS DE LA ONTOLOGÍA.

Nombre	Prefix	URI
Asset Description Metadata Schema	adms	http://www.w3.org/ns/adms#
Vocabulary related to incident communication	Com	http://vocab.resc.info/communication
Data Catalog Vocabulary	dcat	http://www.w3.org/ns/dcat#
FRBR-aligned Bibliographic Ontology	fabio	http://www.sparontologies.net/ontologies/fabio
FOAF Vocabulary Specification	foaf	http://xmlns.com/foaf/0.1/
linguistics-ontology	gold	http://linguistics-ontology.org/gold
Lifecycle Schema	lcy	http://purl.org/vocab/lifecycle/schema
Stac	Stac	http://securitytoolbox.appspot.com/stac#
Sistema Multiagente	smas	http://www.semanticWeb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#
EBU Ontology	ebu	https://www.ebu.ch/metadata/ontologies/ebucore/index.html
DDI-RDF Discovery Vocabulary	discovery	http://rdf-vocabulary.ddialliance.org/discovery#
VCard Ontology	vcard	http://www.w3.org/2006/vcard/ns#
Repository Asset Distribution	rad	http://www.w3.org/ns/radion#

2.2. Glosario de términos

A continuación se detalla el conjunto de términos que se usaran en la ontología, con su respectivo tipo, descripción y vocabulario, este esquema ha sido tomado de [12], así mismo algunos de los términos han sido extraídos de [57], principalmente para el perfil del estudiante.

TABLA XXXII.
GLOSARIO DE TÉRMINOS DE LA ONTOLOGÍA

Término	Tipo	Descripción	Vocabulario
educational Resource	Class	Recurso digital para el aprendizaje.	smas
Resource	Class	Instancia de un recurso digital para el aprendizaje	smas
LearningObject	Class	Objeto de Aprendizaje.	smas
Metadata	Class	Datos que describen una o más características de un recurso o entidad.	fabio
Repository	Class	Sistema para el almacenamiento y gestión de las descripciones de los activos y distribuciones.	radion
Name	Property	Nombre para algún objeto	foaf
Country	Property	País	nco
Standard	Property	Protocolo o estándar usado para realizar una actividad.	smas
Uri	Property	Un identificador de recursos uniforme o URI	smas
Lom	Class	Estándar de metadatos Learning Object Metadata	smas
Relation	Class	Relación que guarda con otros elementos.	smas
Classification	Class	Metadatos para la clasificación del material en taxonomías	com
Rights	Class	Categoría que agrupa metadatos relativos a los derechos de propiedad e intelectuales del material.	ebu
Technical	Class	Categoría que agrupa metadatos relativos a las características y requisitos técnicos del material en sí.	smas
General	Class	Los metadatos en esta categoría representan información general sobre el material educativo que describe el mismo como un todo.	gold
Lifecycle	Class	Agrupa metadatos referidos a la historia y estado actual del proceso de producción y mantenimiento del material educativo por parte de los autores.	lcy

Término	Tipo	Descripción	Vocabulario
Metametadata	Class	Esta categoría agrupa información relativa a los metadatos en sí.	smas
Annotation	Class	Anotaciones y comentarios sobre el material educativo.	smas
Educational	Class	Categoría que agrupa metadatos relativos a los usos educativos del material.	smas
Identifier	Class	Identificador descriptivo del material educativo. Su valor debe identificar unívocamente el material en su contexto educativo.	adms
catalog	Property	Catálogo que describe un conjunto de datos.	smas
entry	Property	Describe un catálogo y una entrada en dicho catálogo.	smas
title	Property	Nombre que el autor asigna a un recurso.	smas
language	Property	Idioma en el que se encuentra escrito el elemento.	smas
description	Property	Descripción textual del objeto o elemento.	smas
keyword	Property	Frases claves para buscar el recurso.	dcat
coverage	Property	Cobertura temporal y/o especial del contenido intelectual del recurso.	smas
structure	Property	Cómo está estructurado el material	smas
aggregationLevel	Property	Tamaño, la descomposición y la medida en que un recurso está destinado a ser utilizado como parte de un recurso más grande.	smas
purpose	Property	El propósito del recurso	smas
TaxonPath	Class	Camino taxonómico dentro de un sistema de clasificación específico.	smas
Taxon	Class	Colección de cosas agrupadas según sus similitudes básicas.	gold
source	Property	Recurso a partir del cual se deriva el recurso descrito.	smas
id	Property	Identificador	smas
entity	Property	Entidad	smas
date	Property	Propiedad para identificar la fecha de algún evento sobre el recurso.	smas
kind	Property	Clase de material descrito.	smas
version	Property	Versión del material.	smas
status	Property	Estado de producción del material.	foaf
Contribute	Class	Información acerca de un contribuyente a la producción del material.	smas
role	Property	Especifica la función que desempeña el recurso en una situación particular.	vcard
metadataScheme	Property	Describe la estructura de los metadatos para los Oas.	smas

Término	Tipo	Descripción	Vocabulario
format	Property	Formato de los datos de un recurso.	smas
size	Property	Tamaño del material en bytes.	smas
location	Property	Forma para localizar el material (URL, o descripción).	smas
Requirement	Class	Plataforma necesaria para utilizar el material.	stac
Composite	Class	Especifica algunos requisitos del material del material.	smas
type	Property	La categoría que tiene el recurso	smas
minimumVersion	Property	Versión mínima del material	smas
maximumVersion	Property	Versión máxima del material	smas
installationRemarks	Property	Notas de instalación para el material.	smas
otherPlatformRequirements	Property	Otros requisitos para ejecutar el recurso, hardware o software.	smas
duration	Property	Especifica el tiempo de duración del recurso.	smas
cost	Property	Indica si el recurso es de pago.	smas
copyrightAndOtherDescriptions	Property	Derechos de Copyright y otras descripciones.	smas
interactivityType	Property	Indica el tipo de interactividad del recurso con el usuario final (Activo, expositivo, o mixto).	smas
learningResourceType	Property	Indica el tipo de recurso, como, por ejemplo, ejercicio, simulación, examen, lectura, etc.	smas
interactivityLevel	Property	Nivel de interactividad entre el usuario y el recurso.	smas
semanticDensity	Property	Medida subjetiva de la utilidad del recurso con respecto a su tamaño y/o duración.	smas
intendedEndUserRole	Property	Especifica el usuario que normalmente usará el recurso.	smas
context	Property	Indica el entorno educativo típico al cual está dirigido el material.	smas
typicalAgeRange	Property	Rango de edad a la cual está dirigida el recurso.	smas
difficulty	Property	Medida que indica la dificultad del recurso.	smas
typicalLearningTime	Property	Tiempo aproximado para trabajar con el recurso.	smas
Person	Class	Representa las características de una persona en el mundo real.	foaf
StudentProfile	Class	Especifica las características de un estudiante.	smas
GeneralData	Class	Agrupar las características generales del estudiante.	smas

Término	Tipo	Descripción	Vocabulario
ContextualInformation	Class	Define las características del contexto del estudiante.	smas
SpatialContext	Class	Contexto espacial del estudiante.	smas
TemporaryContext	Class	Indica características de tiempo cuando el estudiante utiliza el recurso.	smas
TechnologicalContext	Class	Contexto tecnológico de hardware y/o software.	smas
LearningStyle	Class	Estilos de aprendizaje que presenta el estudiante.	smas
MultipleIntelligences	Class	Tipos de inteligencias que domina el alumno.	smas
visual	Property	Capacidad visual	smas
aural	Property	Capacidad auditiva	smas
kinesthetic	Property	Capacidad kinestésica	smas
readwrite	Property	Capacidad de lectura escritura	smas
verbal	Property	Capacidad verbal	smas
logicalmath	Property	Capacidad lógico matemática	smas
musical	Property	Capacidad musical	smas
intrapersonal	Property	Capacidad intrapersonal	smas
interpersonal	Property	Capacidad interpersonal	smas
url_full	Property	Url del objeto de aprendizaje	smas
avatar	Property	Imagen avatar del Objeto de aprendizaje	smas
emailAddress	Property	Dirección de correo electrónico.	nco
operatingSystem	Property	Sistema operativo usado.	smas
softwareVersion	Property	Versión del sistema operativo usado.	smas
dateupdated	Property	Fecha	smas

2.3. Taxonomía de Conceptos y Relaciones

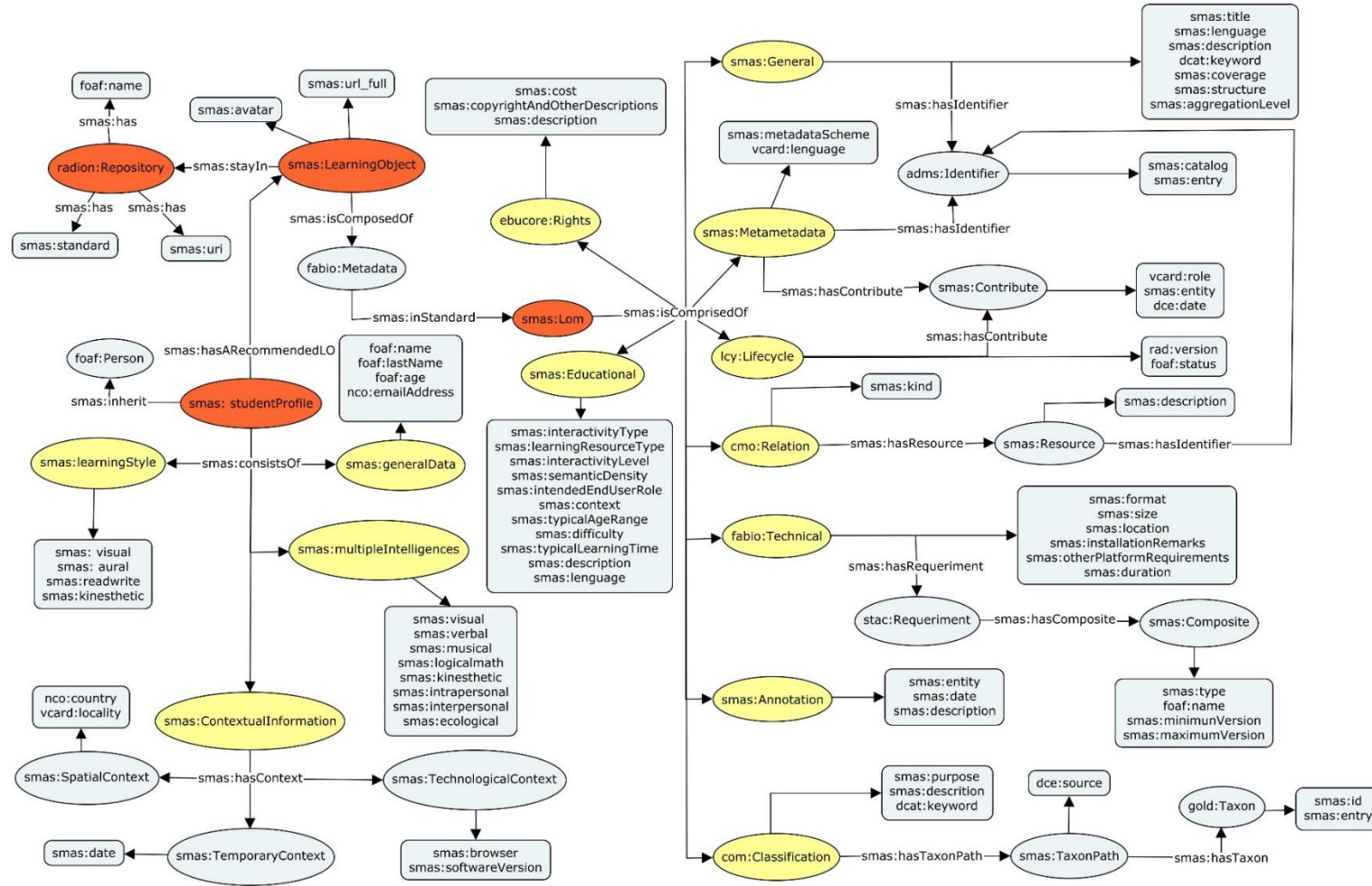


Figura 61. Taxonomía de la ontología.

3. Formalización

Una vez se ha terminado la etapa de conceptualización, se procede a plasmarla en un modelo formal en base a la herramienta seleccionada Protégé.

3.1. Definición de Conceptos

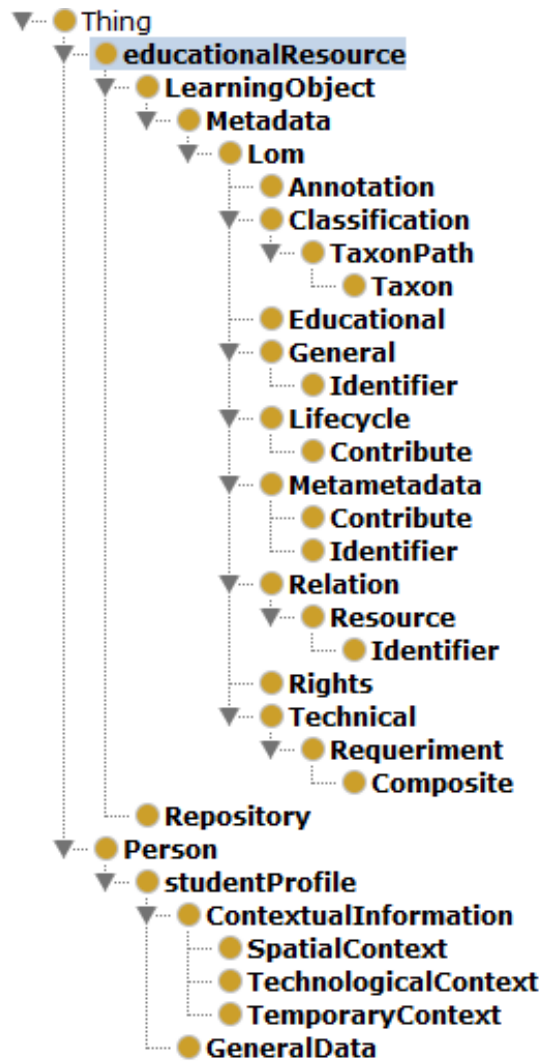


Figura 62. Definición de Conceptos.

3.2. Definición de Relaciones

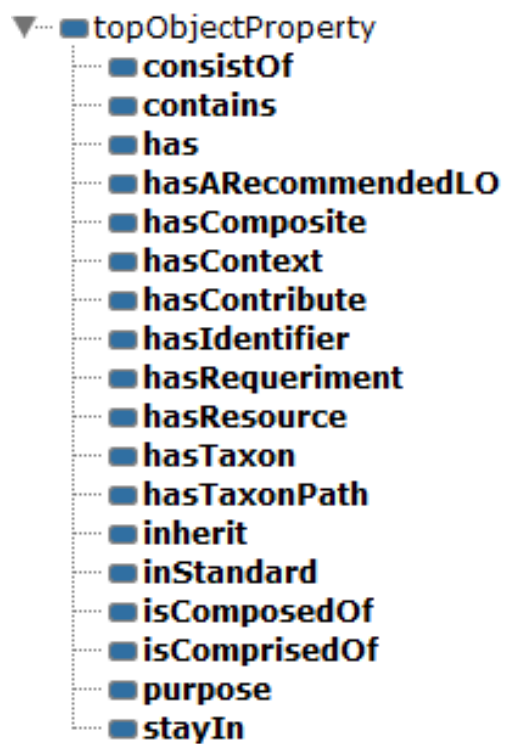


Figura 63. Definición de Relaciones

3.3. Definición de Instancias

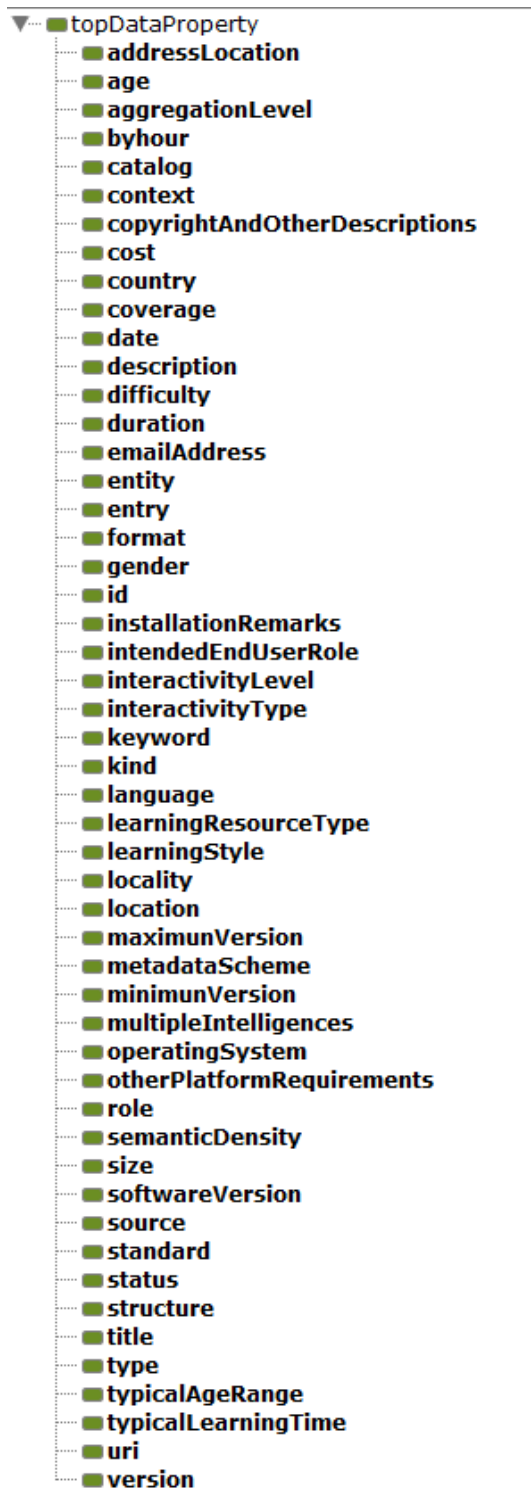


Figura 64. Definición de Instancias.

4. Implementación

La etapa de implementación es el resultado de exportar desde la herramienta Protégé el modelo a un lenguaje formal RDFs/OWL. En la Figura 65 se presenta un extracto de código generado, el mismo que puede ser accedido por completo mediante el siguiente enlace: <https://github.com/alexrc/Sistema-Multiagente-de-Recomendacion>.

```
<!--  
http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#hasC  
ontribute -->  
  
<owl:ObjectProperty rdf:about="&smas;hasContribute">  
<rdfs:domain rdf:resource="&lcy;Lifecycle"/>  
<rdfs:range rdf:resource="&smas;Contribute"/>  
<rdfs:domain rdf:resource="&smas;Metametadata"/>  
</owl:ObjectProperty>  
  
<!--  
http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#hasI  
dentifier -->  
  
<owl:ObjectProperty rdf:about="&smas;hasIdentifier">  
<rdfs:domain rdf:resource="&smas;General"/>  
<rdfs:domain rdf:resource="&smas;Metametadata"/>  
<rdfs:domain rdf:resource="&smas;Resource"/>  
<rdfs:range rdf:resource="&adms;Identifier"/>  
</owl:ObjectProperty>  
  
<!--  
http://www.semanticweb.org/alexr/ontologies/2018/10/OntologiaTesis#hasR  
equeriment -->  
  
<owl:ObjectProperty rdf:about="&smas;hasRequeriment">  
<rdfs:range rdf:resource="&stac;Requeriment"/>  
<rdfs:domain rdf:resource="&smas;Technical"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

Figura 65. Extracto de código RDFs/OWL.

4.1. Validación del Código

El código generado ha sido validado en la herramienta del estándar 3WC, disponible en www.w3.org/RDF/Validator, esta validación se realizó correctamente, dando como resultado que “*Your RDF document validated successfully*”.

Anexo 3: Análisis de requerimientos y diseño preliminar

1. Requerimientos

1.1. Requerimientos Funcionales

TABLA XXXIII.
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.

Referencia	Nombre	Característica
RF01	Registro	El sistema permitirá el registro de un usuario.
RF02	Iniciar Sesión	El sistema presentará una ventana para que el usuario o administrador inicie sesión.
RF03	Registro Datos	El sistema presentará formularios para registrar datos generales, determinar el estilo de aprendizaje y las inteligencias múltiples del usuario.
RF04	Búsqueda	El sistema permitirá al usuario realizar la búsqueda simple de Objetos de Aprendizaje.
RF05	Búsqueda Avanzada	El sistema permitirá al usuario registrado realizar una búsqueda avanzada, por Título, Materia, Tipo, y estilo de aprendizaje.
RF06	Presentar Resultados	El sistema presentará una lista de objetos de aprendizaje recuperados del repositorio correspondiente.
RF07	Detalle Objeto	El sistema presentará una ventana en la cual mostrará el detalle de un determinado objeto de aprendizaje que el usuario seleccione en el RF05.
RF08	Poblar Ontología	El sistema tendrá un usuario administrador, el cual podrá poblar o actualizar la ontología con Objetos de Aprendizaje
RF09	Gestionar Proveedores	El sistema tendrá la funcionalidad necesaria para que el administrador pueda gestionar proveedores de Objetos de Aprendizaje.

1.2. Requerimientos No Funcionales

TABLA XXXIV.
REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES.

Referencia	Nombre	Característica
RNF01	Interfaz	La interfaz del sistema será amigable al usuario, aplicando conceptos de material design.
RNF02	Mensajes Error	El sistema presentará los correspondientes mensajes de error en caso de presentarse en algún evento.
RNF03	Ayuda	La interfaz del usuario deberá de presentar una ventana de ayuda (Help) para que los mismos usuarios del sistema se les faciliten el trabajo en cuanto al manejo del mismo.
RNF04	Manuales	El sistema deberá de tener un manual de instalación, manual de usuario, y manual del programador para facilitar los mantenimientos que serán realizados por el administrador.
RNF05	Niveles de Acceso	Se deberá garantizar al usuario el acceso de información de acuerdo al nivel que posee el usuario (usuario y administrador).
RNF06	Seguridad de Datos	Garantizar la seguridad del sistema con respecto a la información y datos que se manejan.

1.3. Modelado de casos de Uso

El modelado de los casos de uso se basa en la especificación de requerimientos realizada en el ítem anterior. Se inicia definiendo los actores del sistema y los casos de uso, para finalmente presentar el diagrama correspondiente.

1.3.1. Identificación de los actores del sistema

TABLA XXXV.
ACTORES DEL SISTEMA.

Actor	Rol
Usuario	Cualquier persona que accede al sistema y que aún no se ha registrado.
Usuario Registrado	Cualquier persona registrada que accede al sistema para realizar una búsqueda simple y que no ha registrado su perfil.

Actor	Rol
Usuario Inteligente	Persona que se ha registrado con un correo y contraseña, así como también que ha registrado su perfil inteligente y que ingresa al sistema para realizar una búsqueda sea simple o avanzada.
Administrador	Persona responsable de administrar, gestionar, y dar soporte al sistema.

1.3.2. Identificación de los casos de uso

TABLA XXXVI.
IDENTIFICACIÓN DE CASOS DE USO.

Caso de Uso	Actor	Requerimiento	Código
Registrar Usuario	Usuario	RF01	CU01
Iniciar Sesión	Usuario Registrado Administrador	RF02	CU02
Registrar Perfil Inteligente	Usuario Registrado	RF03	CU03
Búsqueda Simple	Usuario Registrado	RF04, RF06, RF07	CU04
Búsqueda Avanzada	Usuario Inteligente	RF05, RF06, RF07	CU05
Gestionar Proveedores	Administrador	RF09	CU06
Gestionar Sistema	Administrador	RF08, RF09	CU07

1.3.3. Diagrama de casos de uso

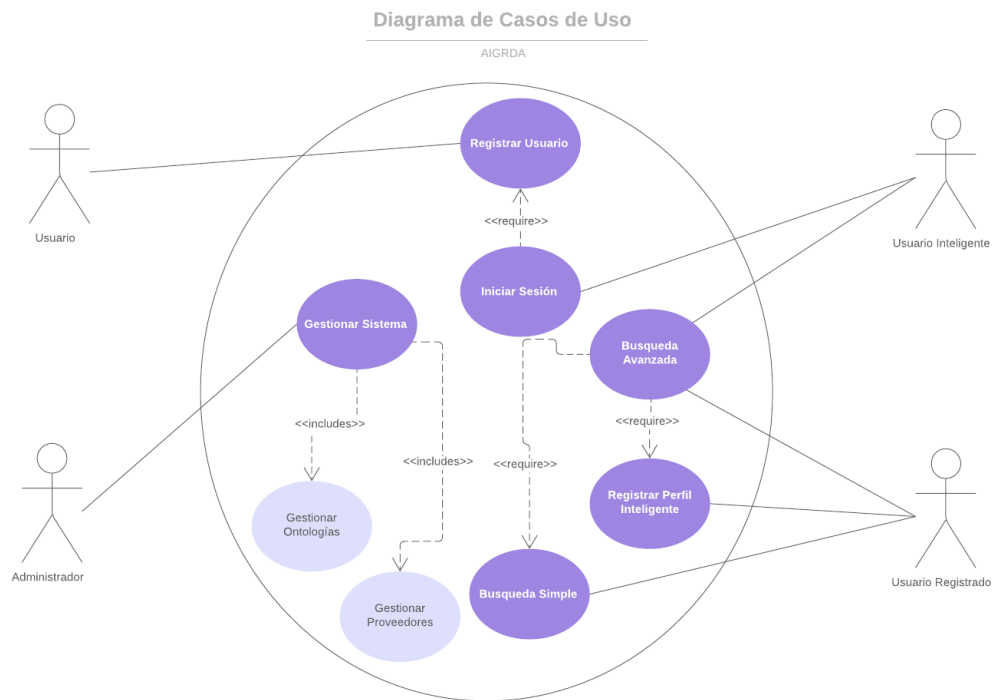


Figura 66. Diagrama de casos de uso.

2. Análisis y Diseño Preliminar

TABLA XXXVII.
DESCRIPCIÓN DEL CASO DE USO CU01.

Casos de Uso	Registrar Usuario	CU01
Descripción	El sistema permitirá al usuario registrarse. Para lo cual deberá ingresar un correo electrónico y una contraseña, opcionalmente puede registrarse con su cuenta de google.	
Actores	Usuario	
Tipo	Secundario-Sistema	
Requisitos Asociados	RF01	
Precondición	Ingresar al sistema	
Postcondición	El usuario puede ingresar a las funcionalidades básicas del sistema una vez registrado	
Curso Normal (Básico)		
Paso	Acción	

1	El usuario ingresa a la página inicial del Sistema.
2	El sistema presenta una pantalla en la que se encuentran dos cajas de texto, una para ingresar el nombre de usuario y otra para ingresar la contraseña, y dos botones, un botón para ingresar al sistema y un botón para registrarse.
3	El usuario selecciona el botón de Registrarse.
4	La aplicación despliega una vista con un formulario, el mismo que poseerá los campos de Nombre, Correo, Contraseña; seguido de un botón Registrar para finalizar el registro.
5	El usuario completa la información del formulario y presiona el botón de registro.
6	El sistema valida la información ingresada, y registra al usuario en la base de datos. Posteriormente despliega un mensaje de éxito al registrarse.
7	Se muestra un mensaje de éxito.
Cursos Alternos o Excepcionales (Información errónea)	
Paso	Acción
5	La información ingresada por el usuario es incorrecta o el usuario ya está registrado.
6	El sistema devuelve el mensaje de error correspondiente.
Cursos Alternos o Excepcionales (Correo erróneo)	
Paso	Acción
6	El correo de verificación no se encuentra en la base de datos.
7	El usuario deberá intentar el registro nuevamente, y en caso de persistir el problema ponerse en con el administrador.

TABLA XXXVIII.
DESCRIPCIÓN DEL CASO DE USO CU02.

Casos de Uso	<i>Iniciar Sesión</i>	CU02
Descripción	Para que el usuario pueda acceder a la interfaz principal del sistema y una búsqueda simple o avanzada, previamente debe ingresar su correo y contraseña para verificar que efectivamente tiene una cuenta y puede acceder al sistema.	
Actores	Usuario Registrado	
Tipo	Secundario-Sistema	
Requisitos Asociados	RF02	
Precondición	Ingresar al sistema	

Postcondición	El usuario puede ingresar a las funcionalidades básicas del sistema una vez registrado y autenticado.
Curso Normal (Básico)	
Paso	Acción
1	El sistema presenta una pantalla en la que se encuentran dos cajas de texto, una que corresponde al nombre de usuario (correo) y contraseña, y dos botones, un botón para ingresar al sistema y un botón para registrarse
2	El usuario ingresa su nombre de usuario (correo) y contraseña, posteriormente presiona el botón de Iniciar Sesión.
3	El sistema mostrará una pantalla principal donde se mostrará algunas opciones que el usuario registrado puede realizar, así como también un campo para realizar una búsqueda simple.
Cursos Alternos o Excepcionales (Mensajes de error)	
Paso	Acción
3	La información ingresada por el usuario es incorrecta o el usuario no está registrado.
4	El sistema devuelve los mensajes de error correspondientes.

TABLA XXXIX.
DESCRIPCIÓN DEL CASO DE USO CU03.

Casos de Uso	<i>Registrar Perfil Inteligente</i>	CU03
Descripción	El usuario registrado tendrá la opción de registrar su perfil inteligente, para ello deberá llenar formularios de información básica como su Nombre, género, idioma, edad, dirección.	
Actores	Usuario registrado	
Tipo	Primario-Sistema	
Requisitos Asociados	RF03	
Precondición	Haberse Autenticado	
Postcondición	El usuario podrá realizar la búsqueda según su estilo de aprendizaje y sus inteligencias múltiples predominantes.	
Curso Normal (Básico)		
Paso	Acción	
1	El usuario selecciona la opción de Registrar perfil Inteligente.	
2	El sistema presentará una serie de preguntas que serán obligatorias.	

3	El usuario responde todas las preguntas.
4	El sistema evalúa las preguntas y determina el estilo de aprendizaje, y las inteligencias predominantes.
5	El sistema presenta una ventana con los resultados obtenidos.
Cursos Alternos o Excepcionales (Salida del sistema)	
Paso	Acción
3	El usuario sale del sistema y no responde todas las preguntas.
4	El sistema reiniciará todas las preguntas.
5	Se continúa con el paso 4 del curso normal.

TABLA XL.
DESCRIPCIÓN DE CASO DE USO CU04.

Casos de Uso	<i>Búsqueda Simple</i>	CU04
Descripción	El sistema presenta un cuadro de texto donde el usuario escribe las palabras claves con las que desea buscar el recurso.	
Actores	Usuario Registrado	
Tipo	Primario-Sistema	
Requisitos Asociados	RF04, RF06, RF07	
Precondición	Autenticarse	
Postcondición	El usuario podrá visualizar su búsqueda.	
Curso Normal (Básico)		
Paso	Acción	
1	El usuario ingresa la palabra clave con la que desea buscar el Objeto de Aprendizaje y presiona el icono de búsqueda.	
2	El sistema presentará un listado con los objetos de aprendizaje relacionados con la palabra clave ingresada.	
3	El usuario hace clic sobre alguno de los objetos recuperados.	
4	El sistema presenta una pantalla con información detallada del objeto.	
Cursos Alternos o Excepcionales (No se encontró coincidencias)		
Paso	Acción	

2	No se ha encontrado ningún objeto relacionado con la palabra clave ingresada.
3	El sistema presenta un mensaje, informando que no se ha encontrado el objeto de aprendizaje.

TABLA XLI.
DESCRIPCIÓN DEL CASO DE USO CU05.

Casos de Uso		<i>Búsqueda Avanzada</i>	CU05
Descripción		El sistema presenta una pantalla con opciones de búsqueda avanzada como título, materia, estilo de aprendizaje, lenguaje, entre otras opciones de texto, donde el usuario escribe las palabras claves con las que desea buscar el recurso.	
Actores		Usuario Inteligente	
Tipo		Secundario-Sistema	
Requisitos Asociados		RF05, RF06, RF07	
Precondición		Autenticarse, Registrar Perfil inteligente	
Postcondición		El usuario puede visualizar objetos de aprendizaje de acuerdo a sus estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples predominantes.	
Curso Normal (Básico)			
Paso	Acción		
1	El usuario ingresa la palabra clave con la que desea buscar el Objeto de Aprendizaje.		
2	El usuario rellena los campos avanzados de búsqueda, como lenguaje, estilo de aprendizaje, materia, entre otros.		
3	El usuario presiona el botón buscar.		
4	El sistema presentará un listado con los objetos de aprendizaje relacionados con la palabra clave ingresada y las características avanzadas seleccionadas.		
5	El usuario hace clic sobre alguno de los objetos recuperados.		
6	El sistema presenta una pantalla con información detallada del objeto.		
Cursos Alternos o Excepcionales (No se encontró coincidencias)			
Paso	Acción		
4	No se ha encontrado ningún objeto relacionado con la palabra clave ingresada.		
5	El sistema presenta un mensaje, informando que no se ha encontrado el objeto de aprendizaje, y presenta una lista de palabras alternativas.		

TABLA XLII.
DESCRIPCIÓN DEL CASO DE USO CU06.

Casos de Uso	<i>Gestionar Proveedores</i>	CU07
Descripción	El administrador registra, modifica o elimina proveedores, así como también sus datos.	
Actores	Administrador	
Tipo	Primario-Esencial	
Requisitos Asociados	RF09	
Precondición	Autenticarse como administrador; Haber contactado con el Repositorio y tener los permisos necesarios para acceder a sus Servicios Web.	
Postcondición	El administrador accederá a todas las funcionalidades otorgadas.	
Curso Normal (Básico)		
Paso	Acción	
1	El administrador ingresa a la pantalla de repositorios y hace clic en Nuevo.	
2	El sistema presenta un formulario para ingresar todos los datos de registro vinculados al nuevo repositorio.	
3	El Administrador ingresa la URL del repositorio.	
4	El sistema guarda y actualiza la tabla Repositorios y presenta un mensaje "Repositorio registrado con éxito".	
5	El caso de uso finaliza.	
Cursos Alternos o Excepcionales (Campos obligatorios o erróneos)		
Paso	Acción	
4	El sistema verifica los campos obligatorios y presenta un mensaje "Datos Incorrectos" en la pantalla.	
Cursos Alternos o Excepcionales (Editar proveedor)		
Paso	Acción	
1	El administrador da clic en el botón editar del repositorio deseado.	
2	Se invoca al Curso normal de Eventos desde el paso (3).	
Cursos Alternos o Excepcionales (Eliminar proveedor)		
Paso	Acción	

1	El Administrador selecciona el repositorio y presionar el botón Eliminar.
2	El sistema presenta un mensaje "Repositorio Eliminado exitosamente".

TABLA XLIII.
DESCRIPCIÓN DEL CASO DE USO CU07.

Casos de Uso		<i>Gestionar Sistema</i>	CU08
Descripción	El Administrador ingresa al sistema y podrá gestionar proveedores y registrar/actualizar Objetos de Aprendizaje en la Ontología.		
Actores	Administrador		
Tipo	Primario-Sistema		
Requisitos Asociados	RF08, RF09		
Precondición	Autenticarse como administrador		
Postcondición	El administrador accederá a todas las funcionalidades otorgadas.		
Curso Normal (Básico)			
Paso	Acción		
1	El usuario visualiza las opciones Ontología y Repositorios.		
2	El administrador selecciona una de las opciones.		
3	El sistema realiza los cambios correspondientes y los guarda.		
4	El administrador cierra sesión.		
5	El caso de uso finaliza.		
Cursos Alternos o Excepcionales (Gestionar proveedores)			
Paso	Acción		
3	Invoca al CU07 (Ver DESCRIPCIÓN DEL CASOS DE USO CU07)		
Cursos Alternos o Excepcionales (Gestionar ontología)			
Paso	Acción		
3	Invoca al CU06 (Ver DESCRIPCIÓN DEL CASOS DE USO CU06)		

Anexo 4: Diseño de la Arquitectura

Como resultado de la primera fase, después de haber analizado herramientas, metodologías, repositorios, ontologías, entre otros. Se obtuvo la arquitectura del SMA, para ello se usó la metodología INGENIAS basada en 5 meta-modelos, así mismo se realizó la fase de análisis, de requerimientos del sistema y diseño preliminar (ver Anexo 3). El desarrollo la Arquitectura se detalla a continuación y servirá de base para desarrollar la segunda fase del TT.

1. Conceptualización del SMA

1.1. Problema a resolver

Se propuso modelar mediante un Sistema Multiagente la búsqueda y recuperación de objetos de aprendizaje, usando para ello una ontología. Los agentes son los encargados de gestionar los OAs, así como de presentar el contenido dependiendo del perfil inteligente del estudiante, el cual también será gestionado por el SMA.

1.2. Dominio de la Aplicación

Sistema Web usando Repositorios ViSH de Objetos de Aprendizaje.

1.3. Función Principal

Búsqueda y recomendación de OAs de acuerdo al perfil inteligente del estudiante.

1.4. Simbología

INGENIAS toma en cuenta cinco modelos en la construcción de un SMA, cada uno de ellos utiliza una simbología específica del SDK de INGENIAS (ver Figura 67); Los modelos que deben desarrollarse son los siguientes:

- Modelo de agentes
- Modelo de objetivos y tareas
- Modelo de interacción
- Modelo de entorno
- Modelo de Arquitectura

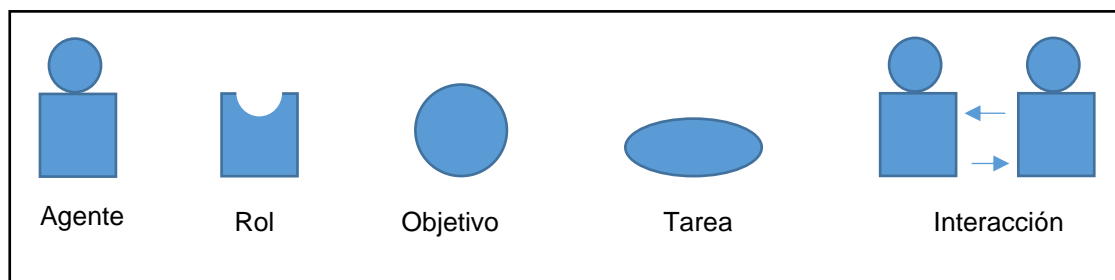


Figura 67. Simbología para el modelado de agentes.

1.5. Casos de Uso

Para el desarrollo del SMA se ha tomado dos fases del ciclo de vida tradicional de desarrollo de software: la especificación de requerimientos y el análisis y diseño [72]. La razón por la que no se entró en mayores detalles con respecto a las etapas de desarrollo se debe a que la metodología de desarrollo del SMA ya presenta etapas para el desarrollo de los agentes inteligentes, por lo que la especificación de requerimientos y el análisis y diseño preliminar brindan una base para el desarrollo del resto de las etapas de la metodología. En la Figura 68 se presenta el diagrama de casos de uso, mismos que son detallados en el Anexo 3, en donde se muestra además el análisis y diseño preliminar del sistema.

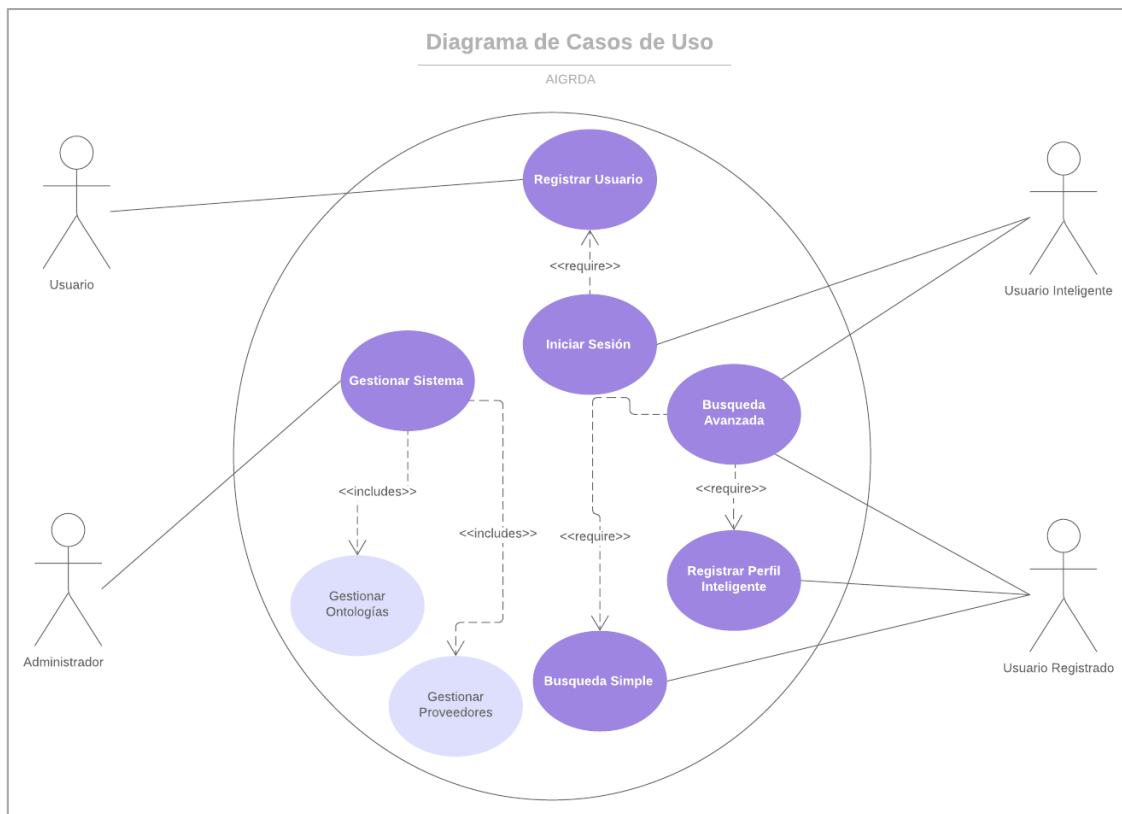


Figura 68. Diagrama de casos de uso.

1.6. REAS

Para el desarrollo del SMA se incluyeron los agentes mostrados en la TABLA XLIV, en la cual se detalla el REAS. Russell y Norving en [73] lo definen como afectaciones del ambiente a los agentes inteligentes; por esto se determina las medidas de rendimiento, el entorno de ejecución, los actuadores y sensores de cada agente, obteniendo una base sobre la cual se trabajará los metamodelos de INGENIAS.

TABLA XLIV.
AGENTES Y REAS.

Agente	Rendimiento	Entorno	Actuadores	Sensores
Agente Interfaz	Medir comunicación del usuario con el sistema.	Sitio Web, sistema multiagente (SMA), conjunto de usuarios.	Peticiones, inputs, clic's.	Teclado, mouse, inputs.
Agente Coordinador	Medir aciertos al inicializar agentes	Sitio Web, SMA.	Peticiones de inicialización.	Mensajes ACL.
Agente Gestor de Repositorios	Porcentaje de OAs almacenados en ontología	SMA, Repositorios de OAs	Peticiones http, API de Repositorios.	Mensajes ACL, ontología, puerto http.
Agente Perfil del Estudiante	Obtención del perfil del estudiante.	Servidor Web, SMA, pantalla, conjunto de usuarios.	Peticiones, inputs, clic's.	Formularios, teclado, mouse, ontología.
Agente Buscador	Medir la búsqueda de OAs acorde al perfil.	SMA, ontología, conjunto de usuarios.	Peticiones de búsqueda	Ontología, Mensajes ACL, pantalla.

El desarrollador tiene la libertad de elegir el modelo que considere para empezar [28]. En el presente TT se ha considerado al modelo de agentes como el primer modelo a desarrollar, para finalizar con el modelo de organización; este modelo define la arquitectura del sistema [28]. Esta etapa tomó como base los casos de uso especificados en la sección 1.5, la herramienta INGENIAS Development Kit y el REAS.

1.7. Modelo de Agentes.

El modelo de agentes muestra los objetivos y roles que debe cumplir agente, desde la Figura 70 hasta la Figura 73 se presenta los diagramas de cada agente.

1.7.1. Agente Coordinador

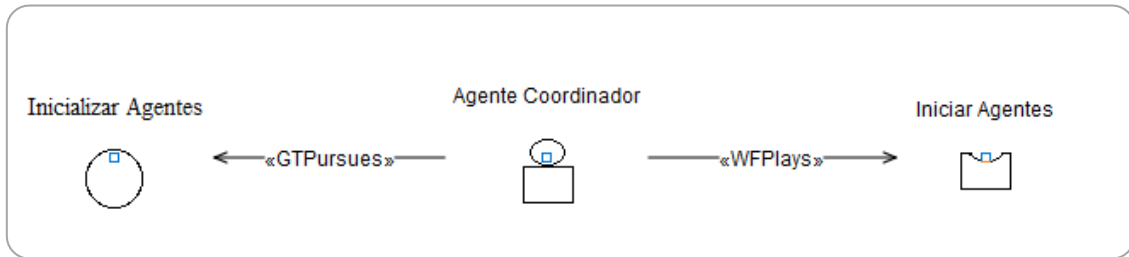


Figura 69. Agente Coordinador.

1.7.2. Agente Interfaz

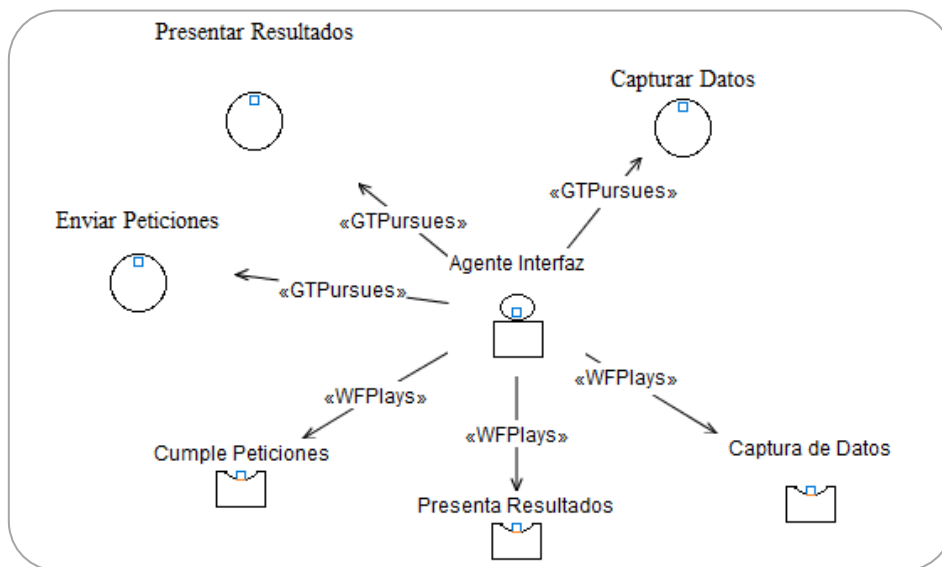


Figura 70. Agente Interfaz.

1.7.3. Agente Gestor de Repositorios

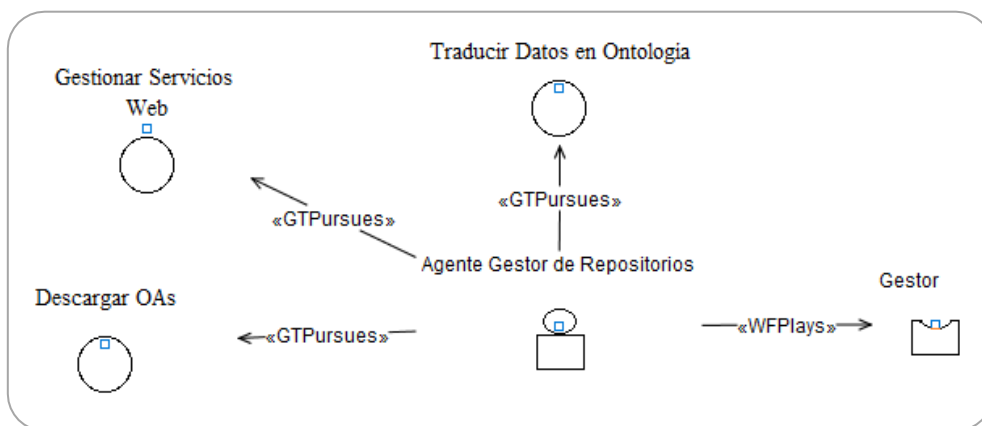


Figura 71. Agente Gestor de Repositorios.

1.7.4. Agente Perfil del Estudiante

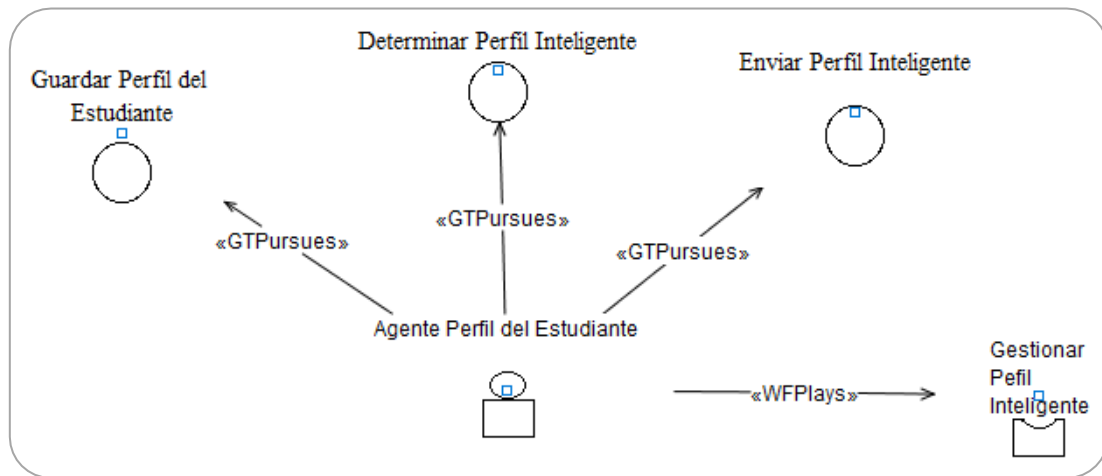


Figura 72. Agente Perfil del Estudiante.

1.7.5. Agente Buscador

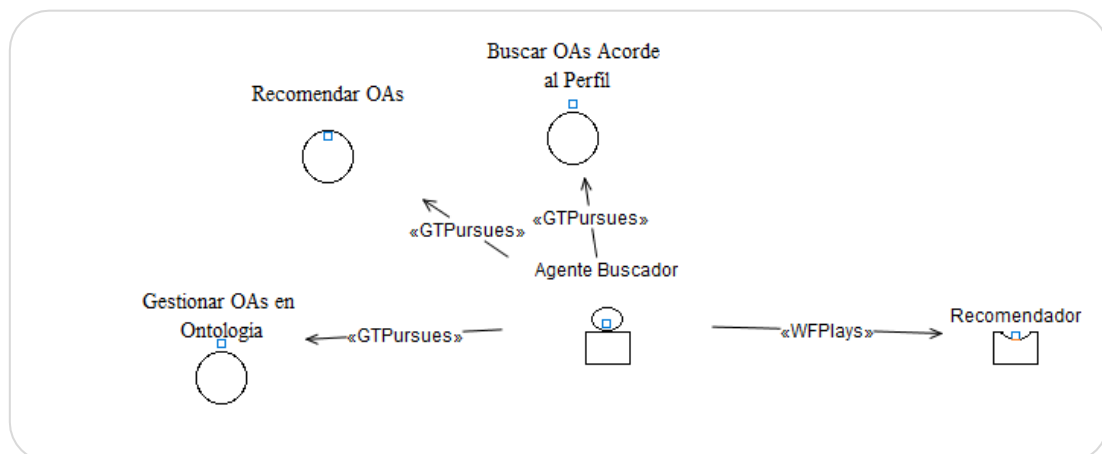


Figura 73. Agente Buscador.

1.8. Modelo de Objetivos y Tareas

La descripción detallada de los objetivos y tareas se presenta desde la Figura 74 hasta la Figura 78; en ellas se muestra las consecuencias de realizar determinada tarea, y por qué ésta debería llevarse a cabo. Además, determina que tareas deben cumplirse para satisfacer o llevar a cabo los objetivos planteados en los metamodelos de agentes; el modelo de objetivos incluye recursos e interacciones que usa o accede determinada tarea.

1.8.1. Objetivos y Tareas Agente Interfaz

Los objetivos que persigue el agente interfaz son: presentar resultados, capturar datos, y enviar peticiones, por lo que interactúa con todos los agentes que conforman el SMA y además tiene acceso a los recursos hardware del sistema.

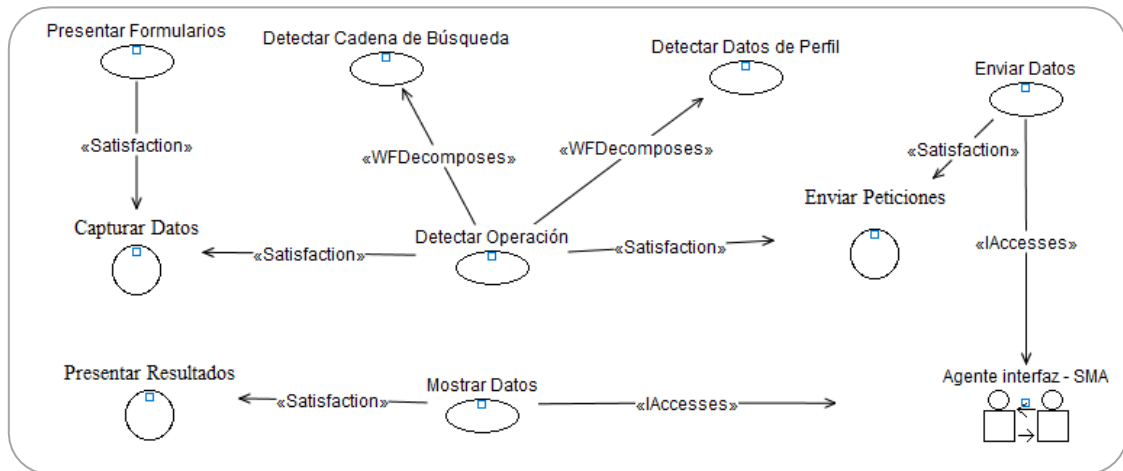


Figura 74. Objetivos y Tareas Agente Interfaz.

1.8.2. Objetivos y Tareas Agente Coordinador

El agente coordinador es el encargado de inicializar los agentes y agregarlos al contenedor principal de JADE, para ello recibe la petición del agente interfaz y realiza su tarea.

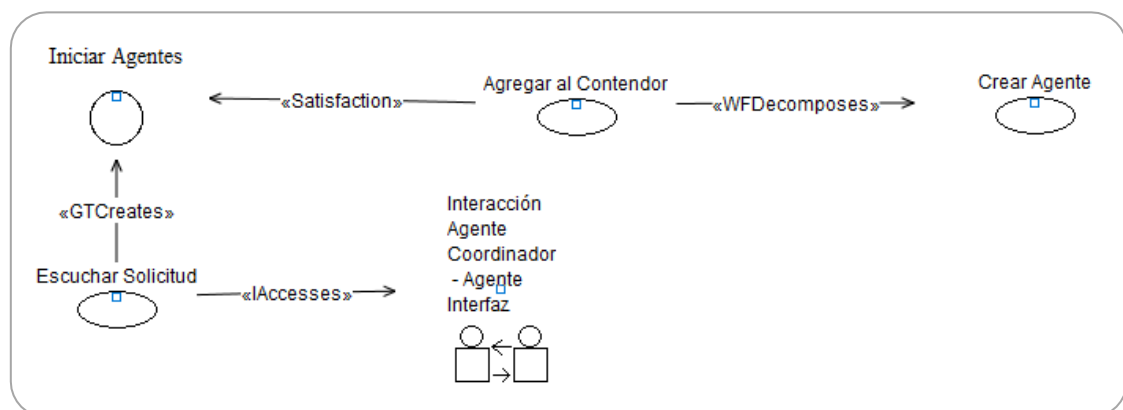


Figura 75. Objetivos y Tareas Agente Coordinador.

1.8.3. Objetivos y Tareas Agente Gestor de Repositorios

Dos son las funciones que persigue el agente gestor de repositorios, por una parte, se comunica con los repositorios para la descarga de los metadatos y por otra parte se encarga de gestionar estos datos en la ontología.

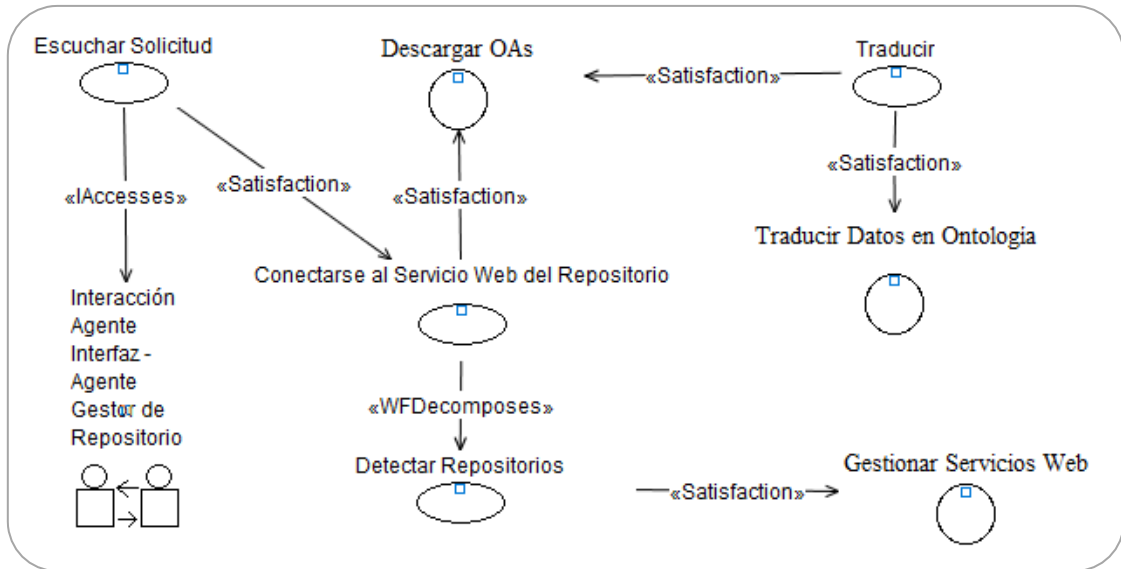


Figura 76. Objetivos y Tareas Agente Gestor de Repositorios.

1.8.4. Objetivos y Tareas Agente Perfil del Estudiante

El agente perfil del estudiante tiene como objetivo determinar el perfil de un estudiante, basándose en los datos ingresados en los formularios de interfaz, además posee acceso a la ontología para el registro de esta información.

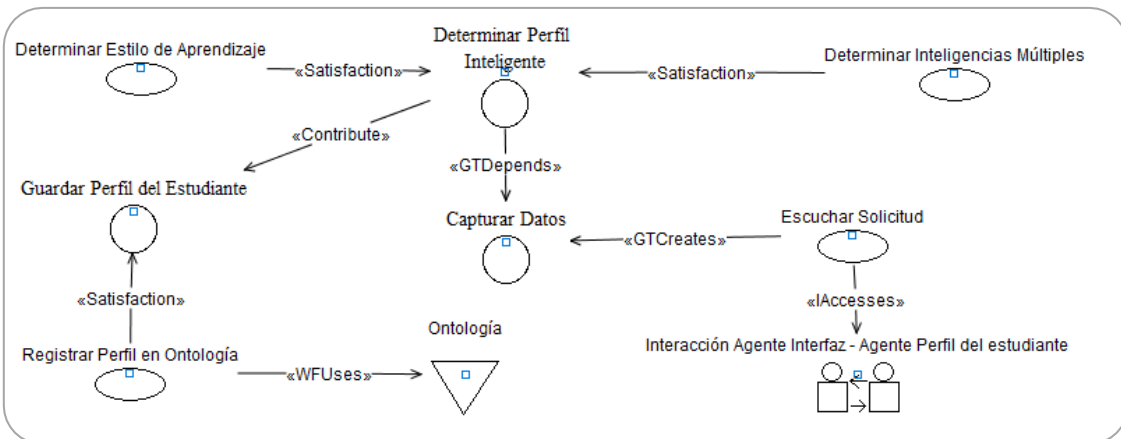


Figura 77. Objetivos y Tareas Agente Perfil del Estudiante.

1.8.5. Objetivos y Tareas Agente Buscador

El agente buscador como su nombre lo indica es el encargado de acceder a la ontología y recomendar OAs acorde a los criterios de búsqueda enviados.

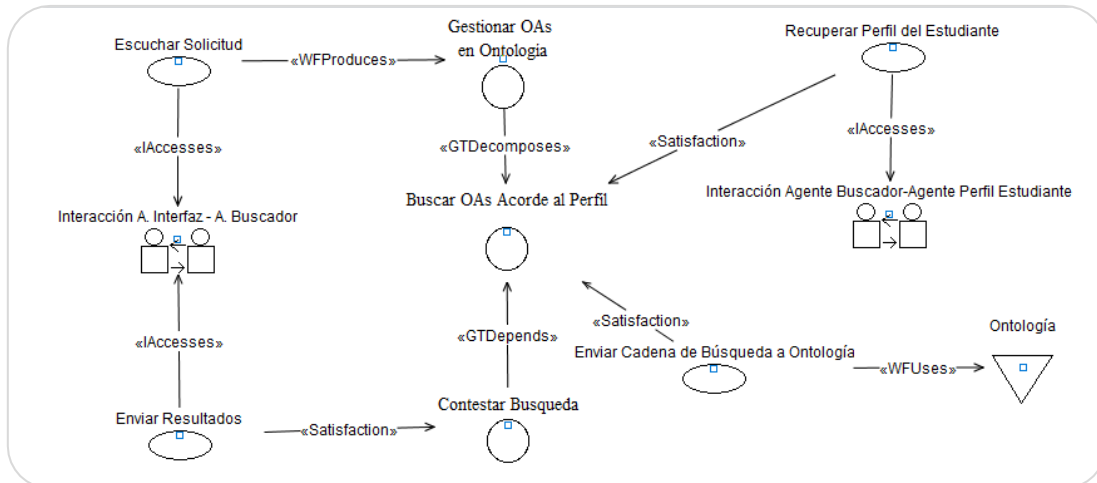


Figura 78. Objetivos y Tareas Agente Buscador.

1.9. Modelos de Comunicación

El modelo de comunicación si bien no es parte de los modelos de INGENIAS, se ha considerado debido a su eficiencia para mostrar la comunicación de los agentes, por lo que presenta los actos de habla que determinan un conjunto de primitivas con las que se comunican los agentes. La Figura 79 muestra la comunicación y los agentes que intervienen al realizar una búsqueda de OAs según el perfil inteligente; por otra parte la Figura 80 muestra la comunicación entre el agente Interfaz y el agente Perfil Inteligente; finalmente en la Figura 81 se presenta la comunicación necesaria para la comunicación con el repositorio.

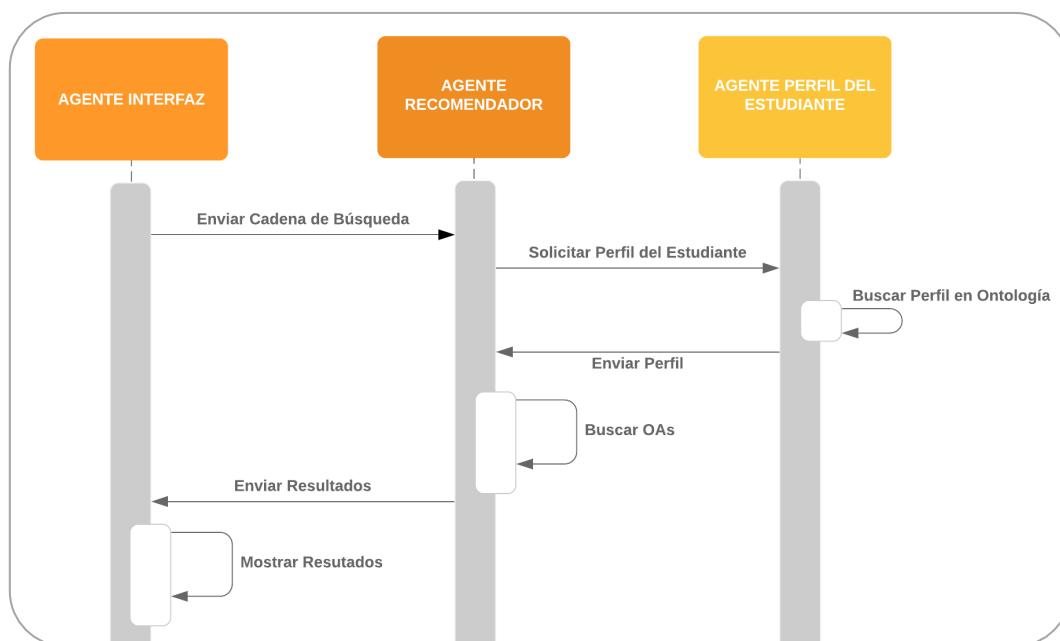


Figura 79. Diagrama de comunicación para recomendación de OAs.

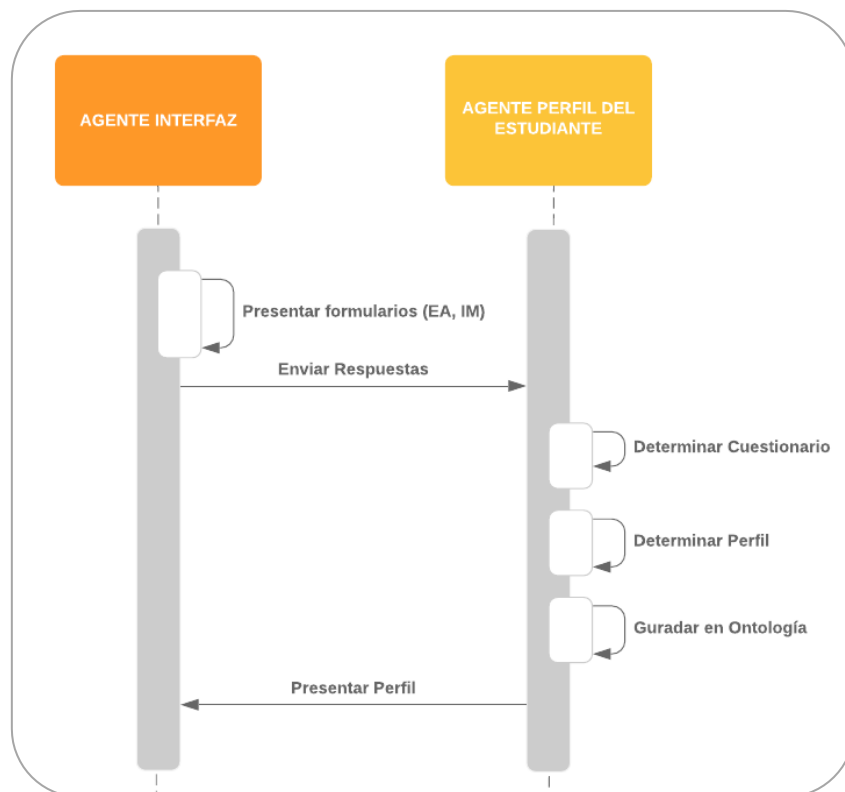


Figura 80. Modelo Comunicación Agente Interfaz - Agente Perfil del Estudiante.

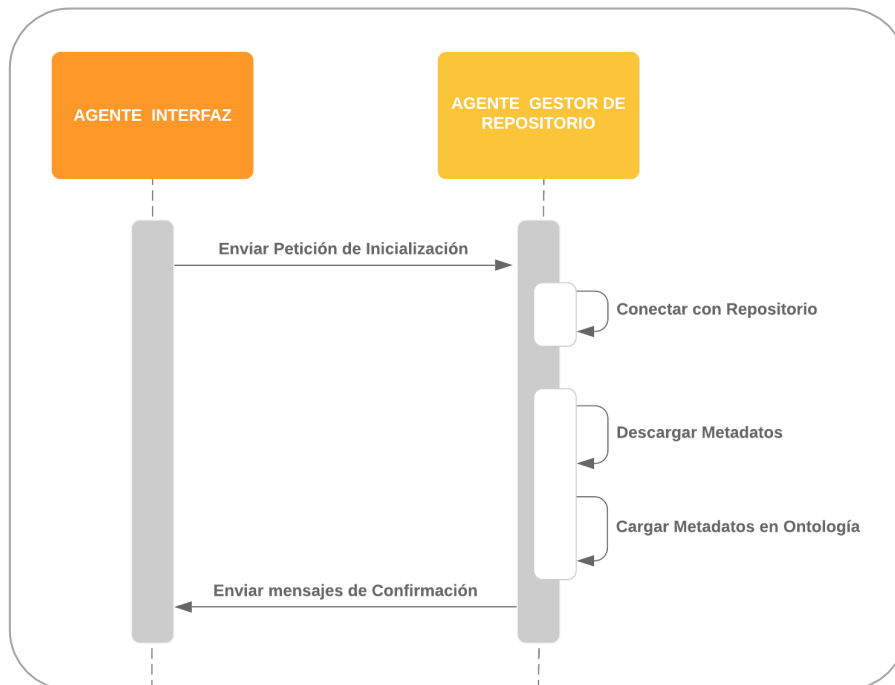


Figura 81. Modelo de Comunicación Agente Coordinador- Agente Gestor de Repositorio

Los tres modelos de comunicación presentados, corresponden a los escenarios más importantes de la arquitectura.

1.10. Modelos de Interacción

Los modelos de interacción muestran cómo interactúan los agentes entre sí para cumplir determinado objetivo, se puede incluir tanto agentes como los roles que estos poseen, en los cuales la interacción colabora para que sean cumplidos (ver Figuras 82, 83, 84, 85 y 86).

1.10.1. Interacción Agente Interfaz – Agente Coordinador

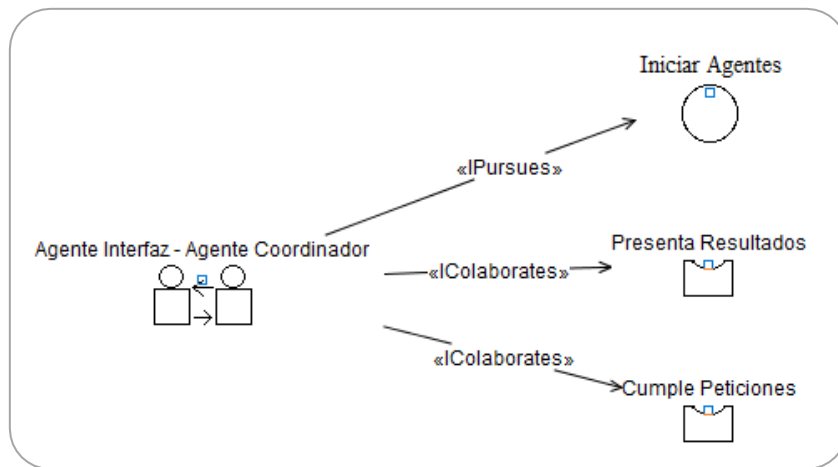


Figura 82. Interacción Agente Interfaz – Agente Coordinador.

1.10.2. Interacción Agente Interfaz – Agente Gestión de Repositorios

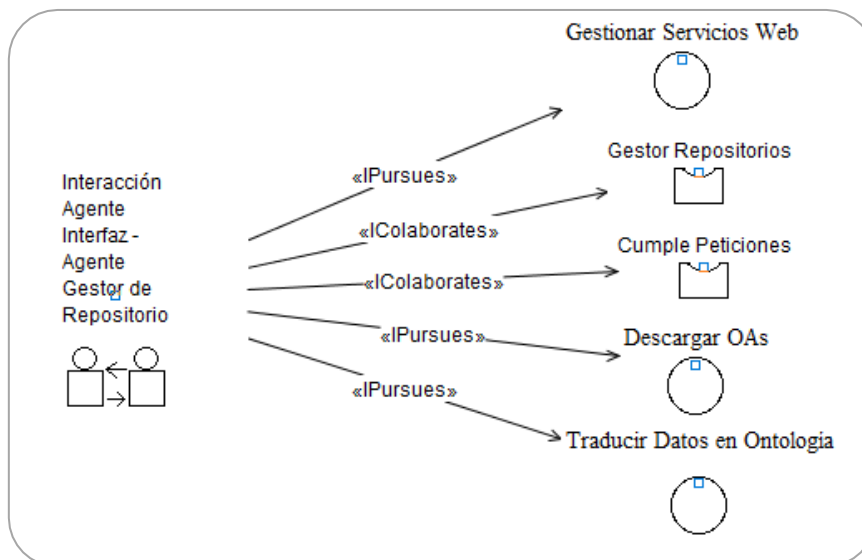


Figura 83. Interacción Agente Interfaz – Agente Gestión de Repositorios.

1.10.3. Interacción Agente Interfaz – Agente Buscador

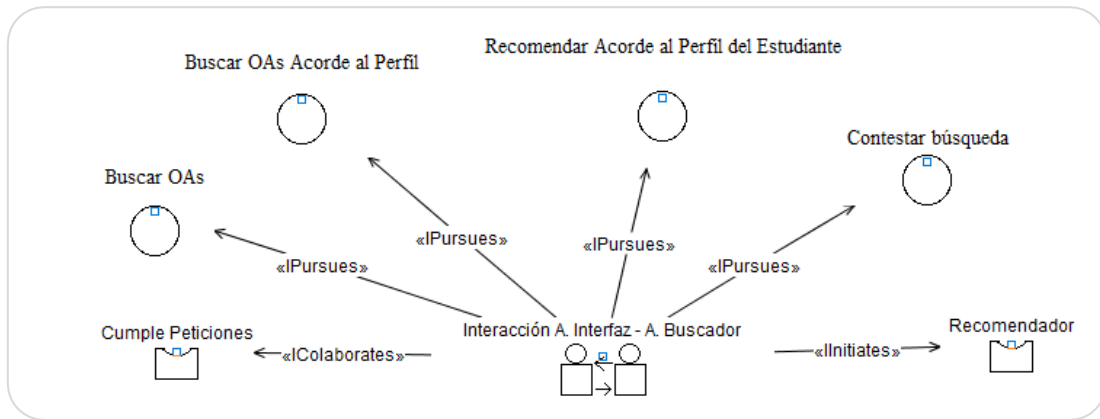


Figura 84. Interacción Agente Interfaz – Agente Buscador.

1.10.4. Interacción Agente Buscador – Agente Perfil del Estudiante

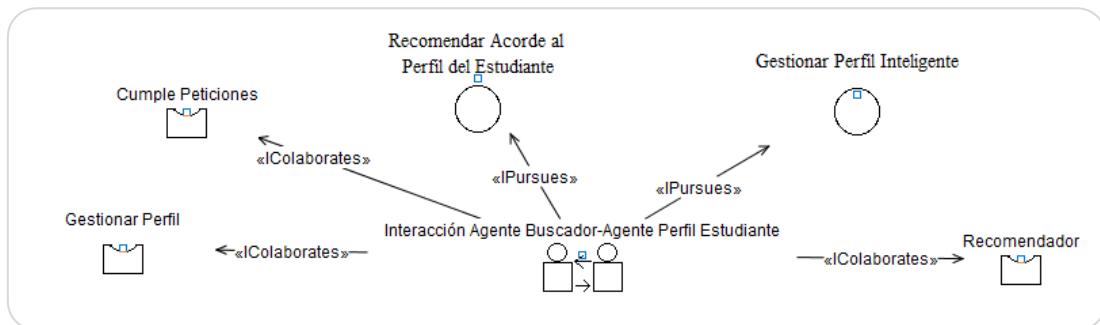


Figura 85. Interacción Agente Buscador – Agente Perfil del Estudiante.

1.10.5. Interacción Agente Interfaz – Agente Perfil del Estudiante

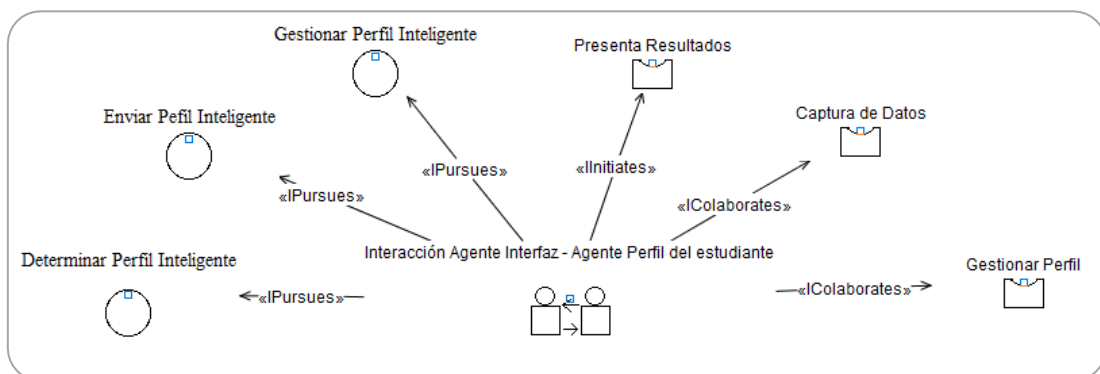


Figura 86. Interacción Agente Interfaz – Agente Perfil del Estudiante.

1.11. Modelo de Entorno

El entorno representa el lugar donde se desenvuelve el agente; Un SMA constituye un entorno el cual se divide en varios subentornos, los mismos que incluyen agentes, tipos de recursos y aplicaciones a utilizar. Los modelos de entorno se presentan en las Figuras 87, 88, 89, 90 y 91.

1.11.1. Entorno de Interfaz

El entorno de interfaz, representa como el usuario va interactuar con el sistema, el principal agente involucrado es el Agente Interfaz, el cual accede a los recursos del ambiente.

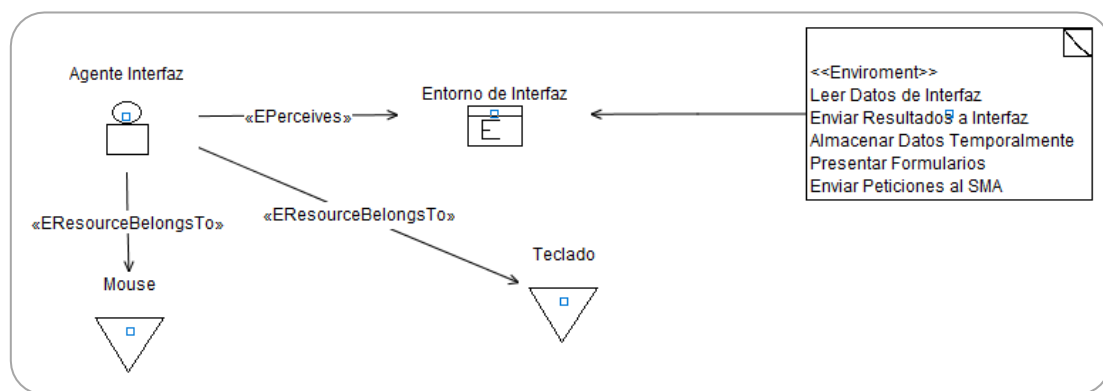


Figura 87. Entorno de Interfaz.

1.11.2. Entorno de Comunicación

Este entorno describe como se comunican los agentes inteligentes, el principal implicado es el agente interfaz, el cual se encarga de la comunicación con el resto de agentes del SMA que también perciben este ambiente.

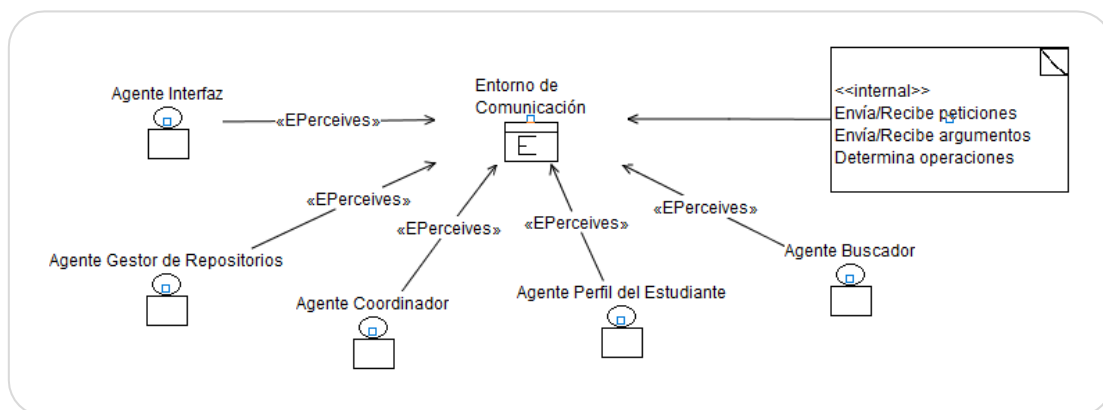


Figura 88. Entorno de Comunicación.

1.11.3. Entorno de Búsqueda

El agente Buscador es el principal actor en el entorno de búsqueda, el mismo que tiene acceso al recurso Ontología que también representa un ambiente externo e interactúa con los agentes del SMA. El ambiente de la ontología también es percibido por el agente perfil del estudiante para gestionar el perfil inteligente.

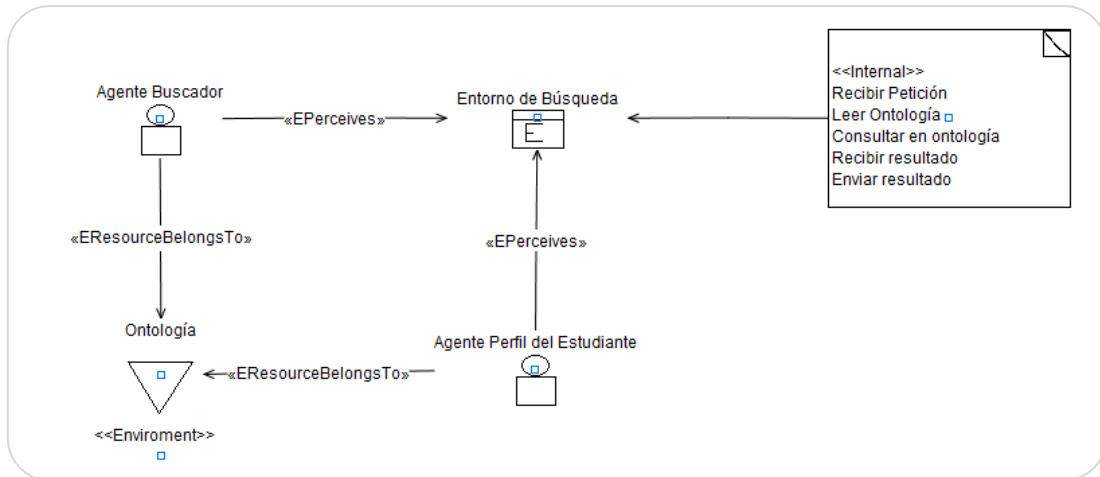


Figura 89. Entorno de Búsqueda.

1.11.4. Entorno de Repositorios

Los repositorios también representan un entorno aislado del SMA, pero que es percibido y accedido por el agente gestor de repositorios, el cual gestiona la ontología.

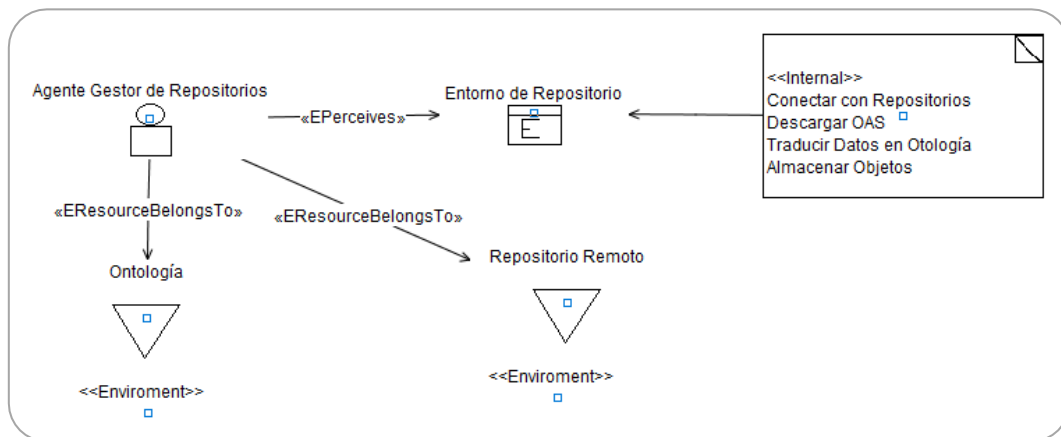


Figura 90. Entorno de Repositorios.

1.11.5. Entorno de Perfil Inteligente

La gestión del perfil inteligente representa un ambiente interno del SMA, este ambiente gestiona los datos ingresados en la interfaz, su principal actor es el agente perfil

inteligente el cual se encarga de gestionar la información y determinar el perfil inteligente del usuario.

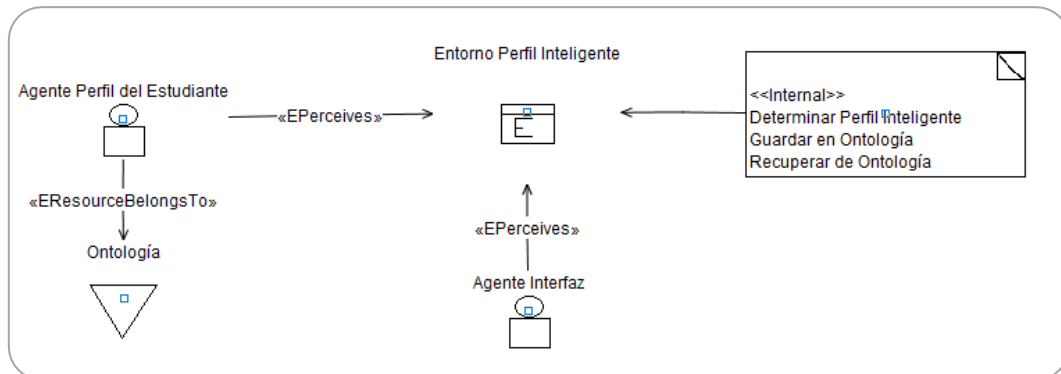


Figura 91. Entorno Perfil Inteligente.

1.12. Modelo de Organización

Finalmente, en la Figura 92 se muestra el modelo de organización que en el caso de INGENIAS es el modelo que representa la arquitectura del sistema, este modelo contiene la organización y los agentes que interactúan para cumplir un objetivo; el de recomendar recursos de aprendizaje según el perfil inteligente. El modelo de organización muestra la comunicación entre los agentes y como éstos acceden a recursos para cumplir con sus objetivos y tareas. Para una mejor visión de la arquitectura resultante se ha trasladado el modelo de organización a un diagrama presentado en la Figura 93 en el cual se muestra el flujo de comunicación entre los agentes, así como los recursos a los que accede.

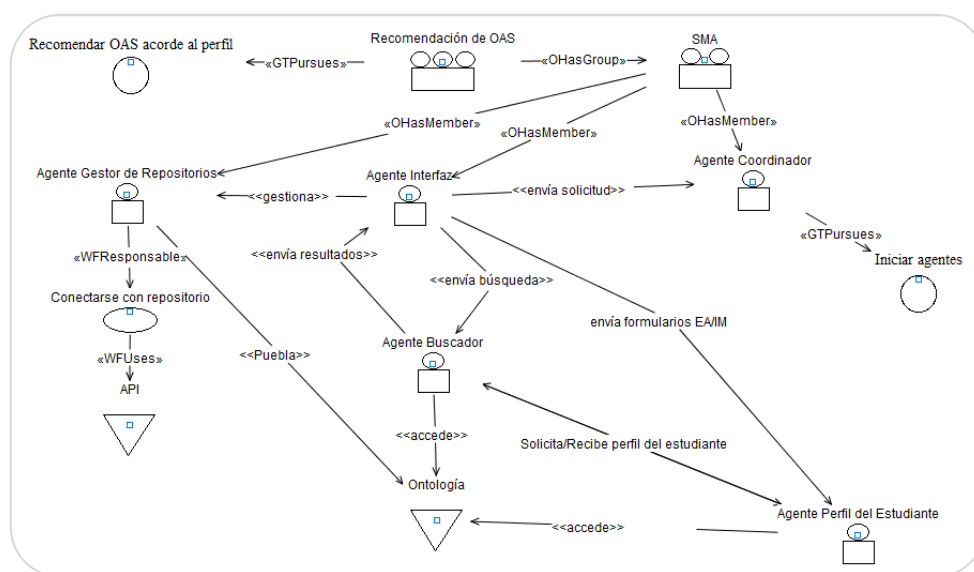


Figura 92. Modelo de Organización SMA

1.12.1. Arquitectura de Sistema Multiagente

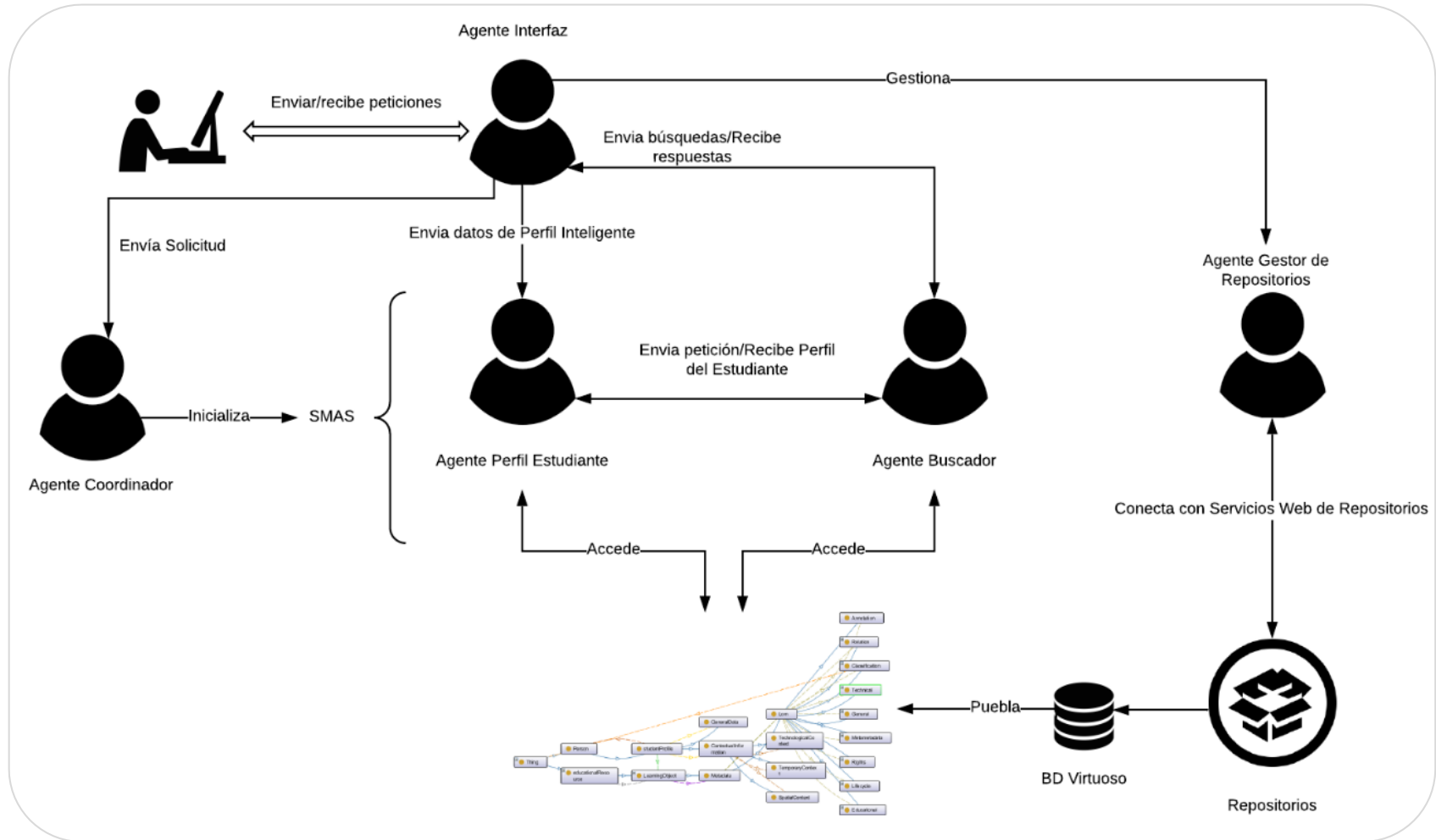


Figura 93. Arquitectura sistema SMA.

Anexo 5: Casos de prueba y ejecución de ontología

TABLA XLV. CASO DE PRUEBA DE ONTOLOGÍA 1 (CPO1).

Caso de Prueba de Ontología 1 (CPO1)	
Ámbito de evaluación	Filtrado de Objetos de aprendizaje mediante una palabra clave
Pregunta de competencia	¿Qué objetos de aprendizaje poseen la palabra clave "HTML5"?
Escenario de prueba	Mediante protégé se encuentran almacenadas las instancias de Objetos de aprendizaje descargados de la plataforma vish y roa-cedia para realizar pruebas, dos instancias contienen la palabra HTML5.
Resultado esperado	Al aplicar el razonador sobre que individuos contienen la palabra clave "HTML5", este deberá devolver las instancias Gen_Webapp 100 y 101.

TABLA XLVI. CASO DE PRUEBA DE ONTOLOGÍA 2 (CPO2).

Caso de Prueba de Ontología 2 (CPO2)	
Ámbito de evaluación	Atributos (Clases) de un objeto de aprendizaje
Pregunta de competencia	¿Cuáles son las clases de las que está compuesto un objeto de aprendizaje?
Escenario de prueba	Para cada objeto de aprendizaje se tiene las instancias declaradas como subclases, y que se relacionan con el OA mediante la relación: isComprisedOf
Resultado esperado	El Objeto de aprendizaje está compuesto de las clases: General, Metametadata, Lifecycle, Relation, Technical, Annotation, Classification, Educational, Rights.

TABLA XLVII. CASO DE PRUEBA DE ONTOLOGÍA 3 (CPO3).

Caso de Prueba de Ontología 3 (CPO3)	
Ámbito de evaluación	Característica del Perfil del estudiante
Pregunta de competencia	¿Cuáles son las características que tiene el perfil del estudiante?
Escenario de prueba	En el software protégé se creó una instancia para representar al estudiante alexrcc17@gmail.com con las características LE-alexrcc17@gmail.com y MI-alexrcc17@gmail.com
Resultado esperado	Al consultar por el perfil del estudiante, este debe contener la información Contextual, Información Espacial, de Estilos de Aprendizaje y de Inteligencias Múltiples.

TABLA XLVIII. CASO DE PRUEBA DE ONTOLOGÍA 4 (CPO4).

Caso de Prueba de Ontología 4 (CPO4)	
Ámbito de evaluación	Estilo de aprendizaje
Pregunta de competencia	¿Qué estilos de aprendizaje contiene un estudiante con el correo "alexrc17@gmail.com"?
Escenario de prueba	En el software protégé se creó una instancia para representar al estudiante alexrc17@gmail.com con estilo de aprendizaje formado con las iniciales LE seguidas del correo.
Resultado esperado	Al aplicar el razonador el estilo de aprendizaje devuelto debe ser LE-alexrc17@gmail.com.

TABLA XLIX. CASO DE PRUEBA DE ONTOLOGÍA 5 (CPO5).

Caso de Prueba de Ontología 5 (CPO5)	
Ámbito de evaluación	Inteligencias múltiples
Pregunta de competencia	¿Qué valores tienen los atributos de inteligencias múltiples en un determinado estudiante?
Escenario de prueba	En el software protégé se creó una instancia para representar al estudiante alexrc17@gmail.com con la característica de inteligencias múltiples representada con las iniciales "MI".
Resultado esperado	Al aplicar el razonador, la instancia devuelta debe ser de <u>MI-alexrc17@gmail.com</u>

TABLA L. CASO DE PRUEBA DE ONTOLOGÍA 7 (CPO7).

Caso de Prueba de Ontología 6 (CPO6)	
Ámbito de evaluación	Repositorios de Objetos de Aprendizaje
Pregunta de competencia	¿A qué repositorios pertenecen los Objetos de Aprendizaje del Sistema?
Escenario de prueba	Se han creado los repositorios vish y roa-cedia de los cuales se han recogido los objetos de aprendizaje para las pruebas
Resultado esperado	Se espera que, al consultar sobre los Repositorios de Objetos de aprendizaje, este devuelva las instancias de vish y roa-cedia

TABLA LI. CASO DE PRUEBA DE ONTOLOGÍA 7 (CPO7).

Caso de Prueba de Ontología 7 (CPO7)	
Ámbito de evaluación	Información técnica
Pregunta de competencia	¿Cuáles son los atributos técnicos para un Objeto de aprendizaje?
Escenario de prueba	Cada Objeto contiene T-nombreObjeto, instancia que representa la información técnica de un objeto de aprendizaje
Resultado esperado	Se espera obtener los atributos técnicos como duración, el formato, requerimientos de instalación, ubicación, otros requerimientos, entre otros atributos que se definen en la taxonomía.

- **Verificación de propiedades lógico formales**
 - **Verificación CPO1**

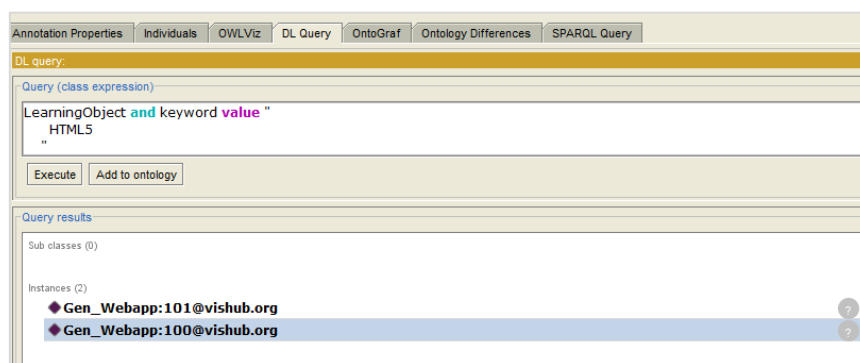


Figura 94. Verificación del caso CPO1.

Al realizar la pregunta, ¿qué objetos de aprendizaje contienen la palabra clave HTML5?, se obtiene que dos instancias son las que el razonador contesta, las mismas son de tipo General, debido a que esta es la clase que contiene las palabras claves. El resultado devuelto es Satisfactorio.

- **Verificación CPO2**

La Figura 95 muestra las subclases de un objeto de aprendizaje, así como también las instancias de cada subclase, respondiendo a la pregunta de las subclases e instancias de un objeto de aprendizaje contestada por el razonador Hermit. Se obtuvo un resultado satisfactorio.

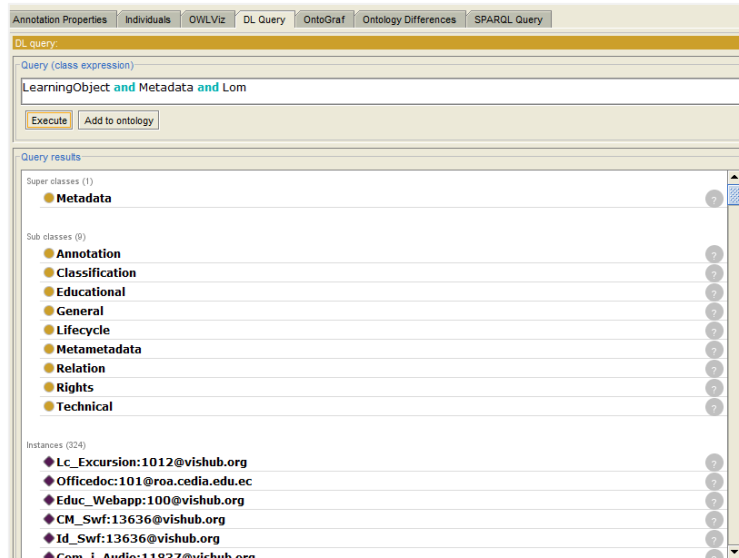


Figura 95. Verificación del caso CPO2.

○ **Verificación CPO3**

Al preguntar al razonador por el perfil del estudiante (studentProfile) este devolvió las subclases y las instancias por las que está formado (ver Figura 96); el razonador mostró que el perfil del estudiante es una subclase de Persona, y que tiene cuatro instancias, las del perfil del estudiante, otra que representa los estilos de aprendizaje, otra que representa las inteligencias múltiples y finalmente la información general, no se presentó información espacial debido a que ésta instancia no fue creada para las pruebas. Se obtuvo de esta manera un resultado satisfactorio.

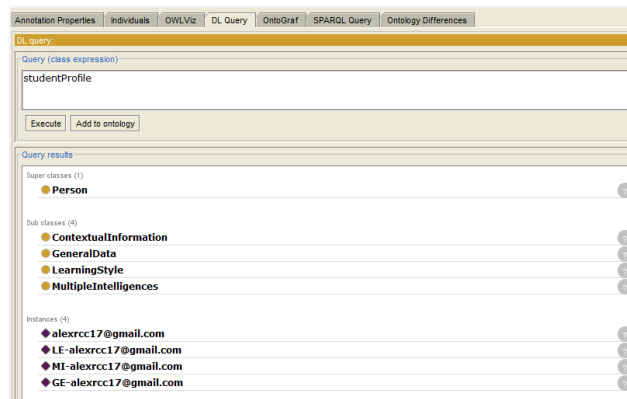


Figura 96. Verificación del caso CPO3.

○ **Verificación CPO4**

Uno de los requerimientos del SMA es el almacenamiento y consultas del perfil inteligente, específicamente del estilo de aprendizaje e inteligencias múltiples, es por

ello que se consulta al razonador sobre los estilos de aprendizaje de un determinado estudiante y este devuelve el estilo de aprendizaje el cual posee los “data property” para cada uno como lo muestra la Figura 97. Se obtiene por lo tanto un resultado satisfactorio.

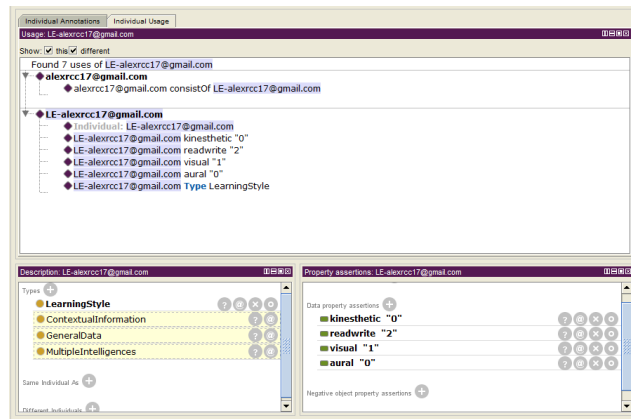


Figura 97. Verificación del caso CPO4.

○ **Verificación CPO5**

Al igual que el estilo de aprendizaje el razonador contesto la pregunta de ¿cuáles son las inteligencias múltiples para un determinado usuario?. Obteniendo un resultado satisfactorio al devolver la instancia de inteligencias multiples, la cual contiene los valores para cada una de las inteligencias múltiples.

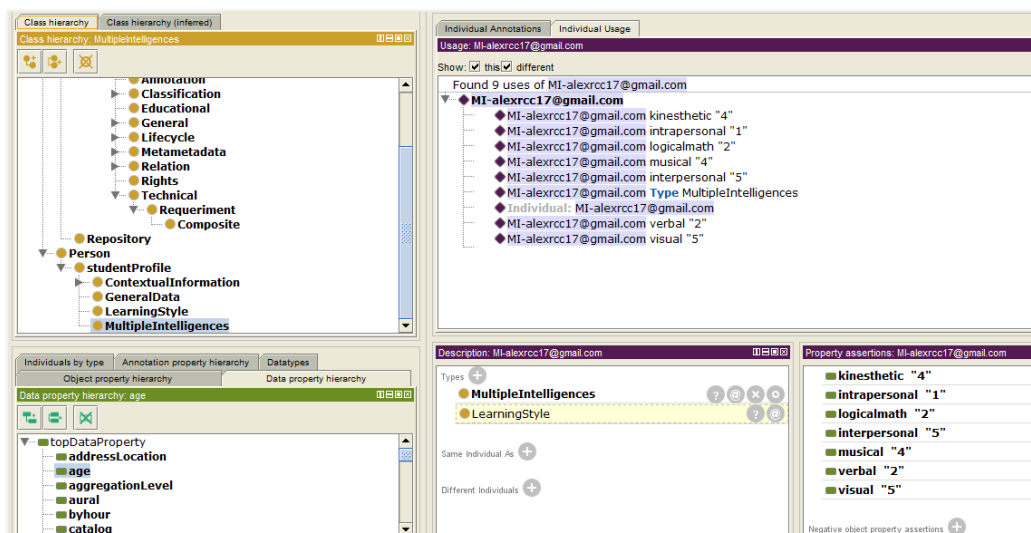


Figura 98. Verificación del caso CPO5.

○ **Verificación CPO6**

Debido a los requerimientos del SMA únicamente se necesita almacenar el repositorio de OAs para tener un listado de aquellos que forman parte del sistema, por ello la

pregunta relevante respecto a los repositorios fue ¿A qué repositorios pertenecen los objetos de aprendizaje?, es decir, que repositorios han sido agregados. El razonador dio una respuesta satisfactoria, mostrando el repositorio vish y roa-cedia como lo indica la Figura 99

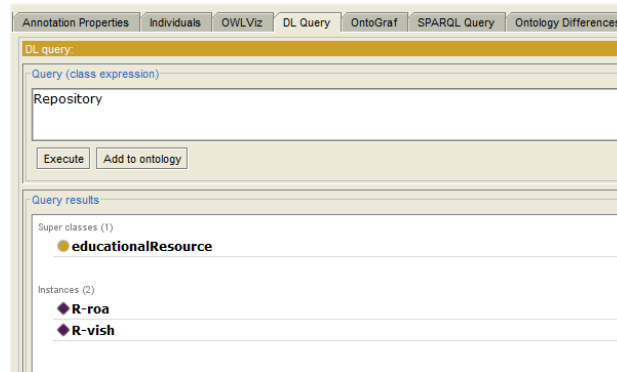


Figura 99. Verificación del caso CPO6.

○ **Verificación CPO7**

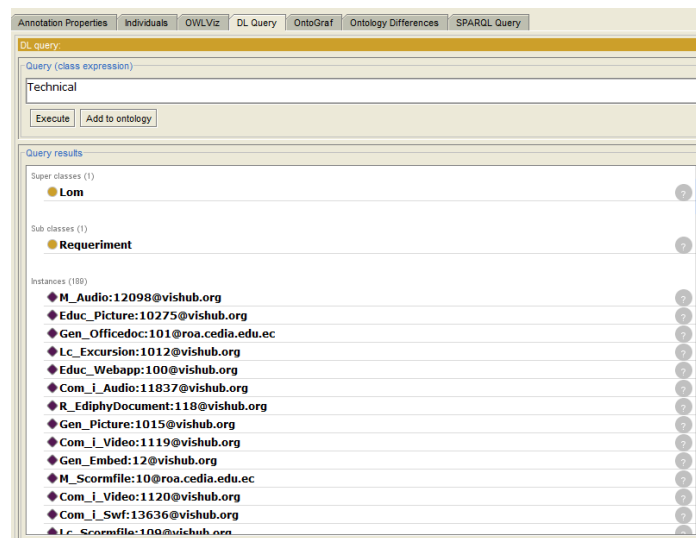


Figura 100. Verificación del caso CPO7.

Para verificar que se puede obtener mediante el razonador cada una de las subclases del OA, se preguntó por una de ellas, en este caso, sobre la información técnica (Technical), el razonador no respondió satisfactoriamente, devolviendo tanto la información técnica como aquella que pertenece a otras clases (ver Figura 100). Esto debido a la falta de disyunción, aspecto detectado en los errores comunes de las ontologías.

Anexo 6: Test de VARK y Gardner

Test estilos de aprendizaje de VARK

El test utilizado para determinar los estilos de aprendizaje del estudiante, fue el test de VARK, elaborado por Neil Fleming y Collen Mills en 1992 y modificado en 2006; además para fines del presente TT se han modificado algunas palabras, que no aplican al contexto en el cual se desarrolla el TT; pero cabe recalcar que las preguntas y respuestas no han sufrido mayores alteraciones en su significado. El test de VARK consta de 4 posibles estilos, estos son: Visual, Auditivo, Lectura- Escritura y Kinestésico; y se determinan mediante el siguiente cuestionario tomado de [45]:

Elija las respuestas que mejor expliquen su preferencia y marque la casilla de su elección. Puede seleccionar más de una respuesta a una pregunta si una sola no encaja con su percepción. Deje en blanco toda pregunta que no se aplique a sus preferencias, pero trate que sea el menor número posible.

- 1. Va a cocinar algún platillo especial para su familia. Usted.:**
 - a. Pediría sugerencias a sus amigos.
 - b. Hojearía un libro de cocina para tomar ideas de las fotografías.
 - c. Utilizaría un libro de cocina donde sabe que hay una buena receta.
 - d. Cocinaría algo que conoce sin la necesidad de instrucciones.
- 2. Va a elegir sus alimentos en un restaurante o café. Usted.:**
 - a. Escucharía al mesero o pediría recomendaciones a sus amigos.
 - b. Observaría lo que otros están comiendo o las fotografías de cada platillo.
 - c. Elegiría a partir de las descripciones del menú.
 - d. Elegiría algo que ya ha probado en ese lugar.
- 3. Además del precio, ¿qué más influiría en su decisión de comprar un nuevo libro de ciencia ficción?**
 - a. Un amigo le habla del libro y se lo recomienda.
 - b. Tiene historias, experiencias y ejemplos de la vida real.
 - c. Una lectura rápida de algunas partes del libro.
 - d. La apariencia le resulta atractiva.
- 4. Ha acabado una competencia o una prueba y quisiera una retroalimentación. ¿Cómo le gustaría recibirla?:**
 - a. Utilizando una descripción escrita de sus resultados.
 - b. Utilizando ejemplos de lo que ha hecho.
 - c. Utilizando gráficas que muestren lo que ha conseguido.
 - d. Escuchando a alguien haciendo una revisión detallada de su desempeño.
- 5. Usted tiene un problema con su rodilla. Preferiría que el doctor:**

- a. Utilizara el modelo plástico de una rodilla para mostrarle qué está mal.
 - b. Le diera una dirección web o algo para leer sobre el asunto.
 - c. Le describiera qué está mal.
 - d. Le mostrara con un diagrama qué es lo que está mal.
- 6. Usted está a punto de comprar una cámara digital o teléfono o móvil. ¿Además del precio, qué más influye en su decisión?**
- a. Lo utiliza o lo prueba.
 - b. El diseño del aparato es moderno y parece bueno.
 - c. La lectura de los detalles acerca de las características del aparato.
 - d. Los comentarios del vendedor acerca de las características del aparato.
- 7. No está seguro como se deletrea "trascendente" o "tracendente", ¿Usted qué haría?**
- a. Escribiría ambas palabras y elegiría una.
 - b. Pensaría en cómo suena cada palabra y elegiría una.
 - c. Las buscaría en un diccionario.
 - d. Vería las palabras en su mente y elegiría la que mejor luce.
- 8. Le gustan los sitios web que tienen:**
- a. Descripciones escritas interesantes, características y explicaciones.
 - b. Un diseño interesante y características visuales.
 - c. Cosas que se pueden picar, mover o probar.
 - d. Canales de audio para oír música, programas o entrevistas.
- 9. Está planeando unas vacaciones para un grupo, y quiere alguna observación de ellos acerca del plan. Usted qué haría:**
- a. Utilizaría un mapa o un sitio web para mostrar los lugares.
 - b. Describiría algunos de los atractivos del viaje.
 - c. Les daría una copia del itinerario impreso.
 - d. Les llamaría por teléfono, les escribiría o les enviaría un e-mail.
- 10. Está utilizando un libro, CD o sitio web para aprender cómo tomar fotografías con su nueva cámara digital. Le gustaría tener:**
- a. La oportunidad de hacer preguntas y que le hablen sobre la cámara y sus características.
 - b. Diagramas que muestren la cámara y qué hace cada una de sus partes.
 - c. Muchos ejemplos de fotografías buenas y malas y cómo mejorar éstas.
 - d. Instrucciones escritas con claridad, con características y puntos sobre qué hacer.

11. Quiere aprender un programa nuevo, habilidad o juego en una computadora. Usted qué haría:

- a. Platicar con personas que conocen el programa.
- b. Leer las instrucciones escritas que vienen con el programa.
- c. Seguir los diagramas del libro que vienen con el programa.
- d. Utilizar los controles o el teclado.

12. Estás ayudando a alguien que quiere a ir al aeropuerto, al centro del pueblo o la estación del ferrocarril. Usted.:

- a. Iría con la persona.
- b. Le daría las indicaciones por escrito (sin un mapa).
- c. Le diría cómo llegar.
- d. Le dibuja un croquis o le da un mapa.

13. Recuerde la vez cuando aprendió cómo hacer algo nuevo. Evite elegir una destreza física, como montar bicicleta. ¿Cómo aprendió mejor?:

- a. Viendo una demostración.
- b. Siguiendo instrucciones escritas en un manual o libro de texto.
- c. Escuchando la explicación de alguien y haciendo preguntas.
- d. Siguiendo pistas visuales en diagramas y gráficas.

14. Usted prefiere a un profesor o un expositor que utiliza:

- a. Demostraciones, modelos o sesiones prácticas.
- b. Folletos, libros o lecturas.
- c. Diagramas, esquemas o gráficos.
- d. Preguntas y respuestas, charlas, grupos de discusión u oradores invitados.

15. Un grupo de turistas quiere aprender acerca de parques o reservas naturales en su área. Usted:

- a. Los llevaría a un parque o reserva y daría una caminata con ellos.
- b. Les daría libros o folletos sobre parques o reservas de vida salvaje.
- c. Les daría una plática acerca de parques o reservas de vida salvaje.
- d. Les mostraría figuras de Internet, fotografías o libros con imágenes.

16. Tiene que hacer un discurso para una conferencia u ocasión especial. Usted.:

- a. Escribiría su discurso y se lo aprendería leyéndolo varias veces.
- b. Conseguiría muchos ejemplos e historias para hacer la charla real y práctica.

- c. Escribiría algunas palabras clave y práctica su discurso repetidamente.
- d. Elaboraría diagramas o conseguiría gráficos que le ayuden a explicar las ideas.

Tabla de resultados

N°	V	A	R	K
1	b	a	c	d
2	b	a	c	d
3	d	a	c	b
4	c	d	a	b
5	d	c	b	a
6	b	d	c	a
7	d	b	c	a
8	b	d	a	c
9	a	b	c	d
10	b	a	d	c
11	c	a	b	d
12	d	c	b	a
13	d	c	b	a
14	c	d	b	a
15	d	c	b	a
16	d	c	a	b

Para obtener los resultados se realiza la sumatoria de todas las opciones marcadas y se determina los valores para V, A, R y K. el que tenga mayor valor será el estilo de aprendizaje del individuo.

Test de inteligencias múltiples de Gardner

Para determinar las inteligencias múltiples del estudiante, se utilizó el test de Gardner, tomado de [33], estudio en el cual es utilizado para determinar las inteligencias predominantes en estudiantes de Ingeniería.

Instrucciones: Lea cuidadosamente cada una de las afirmaciones siguientes.

- 1.-Si cree que refleja una característica suya y le parece que la afirmación es verdadera, seleccione "V".
- 2.- Si cree que no refleja una característica suya y le parece que la afirmación es falsa, seleccione "F".

Si está dudoso porque a veces es verdadera y a veces falsa, elija la que más frecuentemente se presenta.

- 1. Prefiero hacer un mapa que explicarle a alguien como tiene que llegar a un lugar determinado.

2. Si estoy enfadado o contento generalmente sé la razón exacta de por qué es así.
3. Sé tocar, o antes sabía, un instrumento musical.
4. Asocio la música con mis estados de ánimo.
5. Puedo sumar o multiplicar mentalmente con mucha rapidez.
6. Puedo ayudar a un amigo(a) a manejar y controlar sus sentimientos, porque yo lo pude hacer antes en relación a sentimientos parecidos.
7. Me gusta trabajar con calculadora y computadoras.
8. Aprendo rápidamente a bailar un baile nuevo.
9. No me es difícil decir lo que pienso durante una discusión o debate.
10. ¿Disfruto de una buena charla, prédica o sermón?
11. Siempre distingo el Norte del Sur, esté donde esté.
12. Me gusta reunir grupos de personas en una fiesta o evento especial.
13. Realmente la vida me parece vacía sin música.
14. Siempre entiendo los gráficos que vienen en las instrucciones de equipos o instrumentos.
15. Me gusta resolver puzles y entretenerme con juegos electrónicos.
16. Me fue fácil aprender a andar en bicicleta o patines.
17. Me enoja cuando escucho una discusión o una afirmación que me parece ilógica o absurda.
18. Soy capaz de convencer a otros que sigan mis planes o ideas.
19. Tengo buen sentido del equilibrio y de coordinación.
20. A menudo puedo captar relaciones entre números con mayor rapidez y facilidad que algunos de mis compañeros.
21. Me gusta construir modelos, maquetas o hacer esculturas.
22. Soy bueno para encontrar el significado preciso de las palabras.
23. Puedo mirar un objeto de una manera y con la misma facilidad verlo dado vuelta o al revés.
24. Con frecuencia establezco la relación que puede haber entre una música o canción y algo que haya ocurrido en mi vida.
25. Me gusta trabajar con números y figuras
26. Me gusta sentarme muy callado y pensar, reflexionar sobre mis sentimientos más íntimos.
27. Solamente con mirar las formas de las construcciones y estructuras me siento a gusto.

28. Cuando estoy en la ducha, o cuando estoy solo me gusta tararear, cantar o silbar.
29. Soy bueno para el atletismo.
30. Me gusta escribir cartas largas a mis amigos.
31. Generalmente me doy cuenta de la expresión o gestos que tengo en la cara.
32. Muchas veces me doy cuenta de las expresiones o gestos en la cara de las otras personas.
33. Reconozco mis estados de ánimo, no me cuesta identificarlos.
34. Me doy cuenta de los estados de ánimo de las personas con quienes me encuentro.
35. Me doy cuenta bastante bien de lo que los otros piensan de mí.

Tabla de resultados

Haga un círculo en cada uno de los ítems que marcó como verdadero. Un total de 4 en cualquiera de las categorías indica que tiene una habilidad que resalta. Una puntuación de 5 muestra una habilidad excelente en ese campo.

Inteligencia	Preguntas
Inteligencia verbal / lingüística:	9 -10-17-22-30
Inteligencia Lógica/ Matemática:	5-7-15-20-25
Inteligencia Visual/Espacial:	1-11-14-23-27
Inteligencia Corporal/Cinestésica:	8-16-19-21-29
Inteligencia Musical/Rítmica:	3-4-13-24-28
Inteligencia Intrapersonal:	2-6-26-31-33
Inteligencia Interpersonal:	12-18-32-34-35

Anexo 7: Pruebas de carga del SMA

- **ESCENARIO 1: Registro de usuario**

El primer escenario evaluado, consistió en el registro de usuario, el mismo que constituye el primer paso para la utilización del SMA, el registro de usuario incluye el inicio de sesión en su código, por lo cual no se ha evaluado en otro apartado.

Pasos:

7. Ingresar a la página principal.
8. Clic en registrar.
9. Clic en “Regístrate con Google”.
10. Volver a la página principal.

Caso de Prueba P-ES1:

TABLA LII. RESULTADOS TOTALES ESCENARIO 1 (P-ES1).

#Samples	Average	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
100	56172	68187	104426	1088	111072	19	23.8	65.22	3.04

- Gráfica:

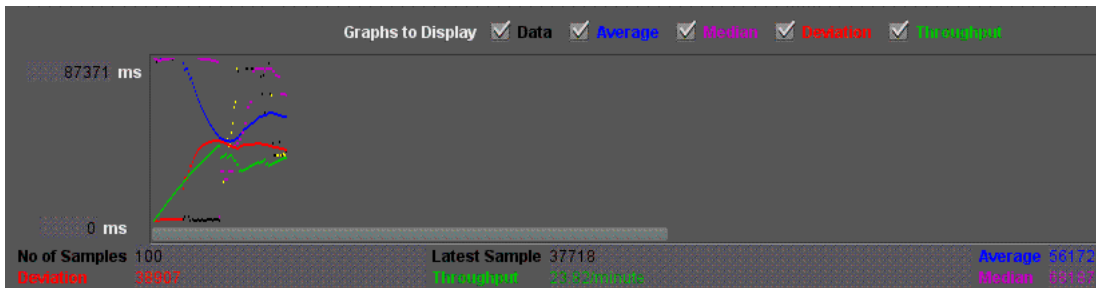


Figura 101. Gráfica de resultados escenario 1 (P-ES1).

Caso de Prueba P-ES2:

TABLA LIII. RESULTADOS TOTALES ESCENARIO 1 (P-ES2).

#Samples	Average	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
100	10908	11042	20904	1110	25626	00.00	22.1	61.66	3.01

- Gráfica:

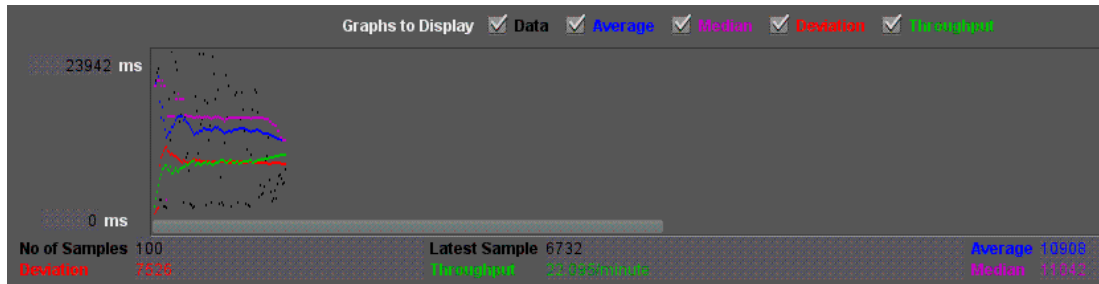


Figura 102. Gráfica de resultados escenario 1 (P-ES2).

Analisis:

Para una cantidad de 25 usuarios (P-ES1) que realizan el proceso de registro, dando un total de 100 threads, se observa que existe una cantidad de error de 19%, un tiempo promedio de respuesta de 56.8 segundos, un rendimiento del 23.8 /min y una mediana de 68.19 segundos. Por otro lado para una cantidad de 5 usuarios durante 5 iteraciones (25 usuarios P-ES2) se observan mejores resultados, dando un total de errores de 0%, un promedio de respuesta de 10.9s, un rendimiento de 22.1 /min y una mediana de 11.04s.

- **ESCENARIO 2: Registro del Perfil Inteligente**

Para el registro del perfil inteligente, se debió contestar los cuestionarios de VARK y Gardner, cuyas respuestas son evaluados por un agente del SMA y guardado en un servidor de Base de Datos (BD); sus pasos son los que se detallan seguidamente:

Pasos:

1. Contestar test de VARK.
2. Clic en “Enviar”.
3. Contestar test de Gardner.
4. Clic en “Enviar”.
5. Revisar resultados en perfil.jsp.

Caso de Prueba P-ES1:

TABLA LIV. RESULTADOS TOTALES ESCENARIO 2 (P-ES1).

#Samples	Average	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
125	68988	74644	105921	808	171244	31.20	17.0	41.35	2.45

- Gráfica:

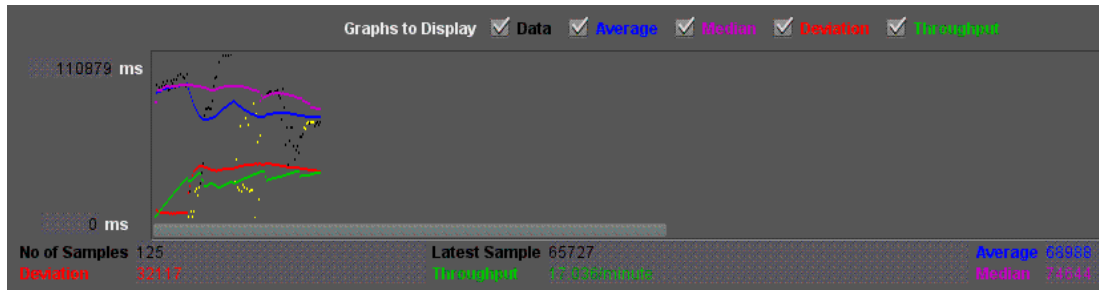


Figura 103. Gráfica de resultados escenario 2 (P-ES1).

Caso de Prueba P-ES2:

TABLA LV. RESULTADOS TOTALES ESCENARIO 2(P-ES2).

#Samples	Average	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
125	18540	15369	37617	2532	54276	4.00	10.2	26.73	1.79

- Gráfica:

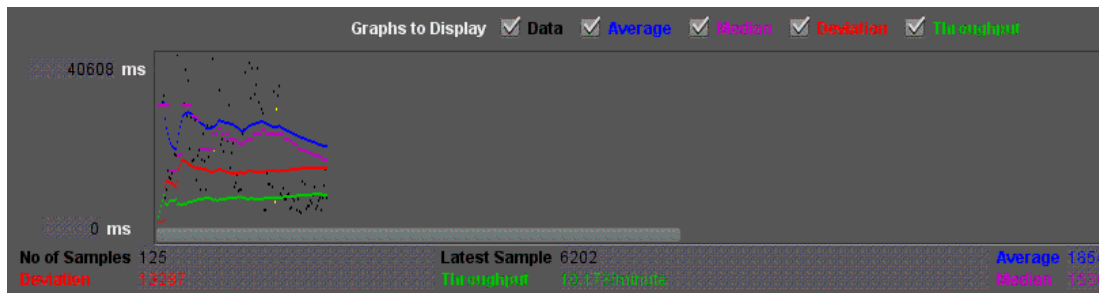


Figura 104. Gráfica de resultados escenario 2 (P-ES2).

Analisis:

Para el registro del perfil inteligente, se obtuvo un total de 125 **Samples**, para P-ES1 se observa un valor de error del 31.20%, con un promedio de respuesta de 68.99s, una mediana de 74.6s, y un rendimiento de 17 /min; por el contrario para P-ES2, el porcentaje de error disminuye drásticamente, dando un valor de 4%, un rendimiento de 10.2s, y un promedio de respuesta de 18.64s, también se observa que el valor máximo para el 90% de muestras es del 37.6s, muy bajo comparado con 105.9s del P-ES2.

- **ESCENARIO 3: Búsqueda Simple**

Es uno de los escenarios más importantes, debió a que cualquier usuario, registrado o no, podrán utilizar esta funcionalidad y de ella depende su interés en el SMA, sus pasos se detallan a continuación.

Pasos:

1. Ingresar a la página principal.
2. Escribir la palabra clave y clic en “Buscar”.
3. Ver los resultados.
4. Visualizar los detalles de un OA.

Caso de Prueba P-ES1:

- *Resultado:*

TABLA LVI. RESULTADOS TOTALES ESCENARIO 3 (P-ES1).

#Samples	Average	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
100	40360	29712	81143	2112	174437	13.00	27.1	195.92	5.03

- *Gráfica:*

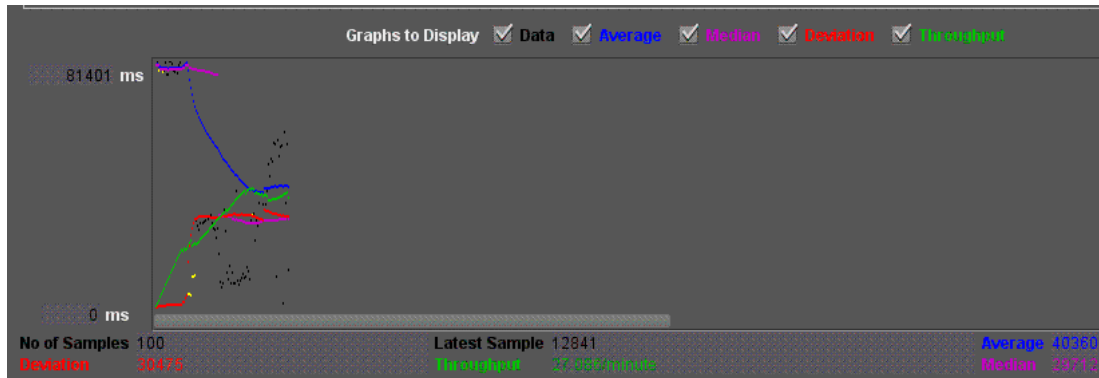


Figura 105. Gráfica de resultados escenario 3 (P-ES1).

Caso de Prueba P-ES2:

TABLA LVII. RESULTADOS TOTALES ESCENARIO 3 (P-ES2).

#Samples	Average	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
100	11886	9968	21936	1876	38405	6.00	15.6	107.40	3.02

- Gráfica:

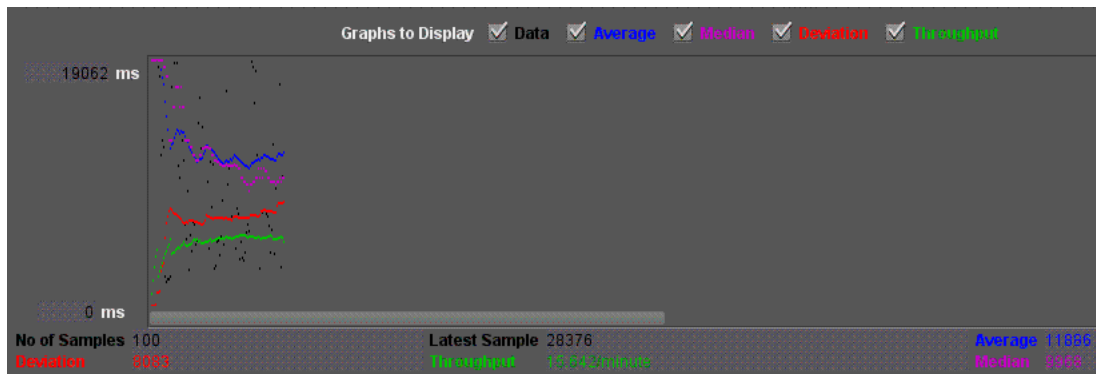


Figura 106. Gráfica de resultados escenario 3 (P-ES2).

Analisis:

Tanto para P-ES1 y P-ES2 se observan valores de error relativamente bajos con un 13% y 6% respectivamente, con un total de 100 **Samples** realizadas, el tiempo promedio es de 44.3s y 11.8s, al igual que los casos anteriores para P-ES2 los valores son mejores. Cabe mencionar que para las búsquedas, la media de datos recibidos es mucho mayor que en otros escenarios, con 195 KB/s y 107 KB/s.

- **ESCENARIO 4: Búsqueda Avanzada**

Este escenario constituyó uno de los más complejos, debido a que involucra una cantidad elevada de operaciones y agentes. La petición empieza desde la página búsqueda avanzada o resultados, es recibida por el agente buscador el cual evalúa el tipo de búsqueda, y luego solicita al agente perfil del estudiante los estilos de aprendizaje, para realizar la búsqueda de OAs en la ontología, y ser presentados en la página de resultados. Pero la búsqueda no termina ahí; cuando el usuario visualiza un OA, se realiza el mismo proceso mencionado, pero consultado las inteligencias múltiples; de manera que pueda sugerirse objetos en base a estas inteligencias, los cuales son mostrados en la parte inferior de la página de visualización de cada OA.

Pasos:

1. Ingresar a la página búsqueda avanzada.
2. Escribir la palabra clave, marcar la casilla “buscar según mi estilo de aprendizaje” y clic en buscar.
3. Ver los resultados.
4. Visualizar los detalles de un OA.

Caso de Prueba P-ES1:

- *Resultado:*

TABLA LVIII. RESULTADOS TOTALES ESCENARIO 4 (P-ES1).

#Samples	Average	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
98	43643	23955	80051	2022	363672	19,39	14.3	95.72	2.23

- *Gráfica:*

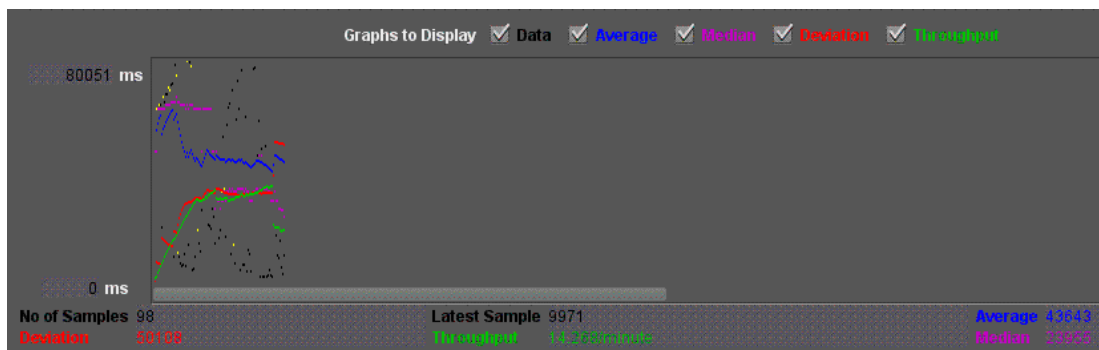


Figura 107. Gráfica de resultados escenario 4 (P-ES1).

Caso de Prueba P-ES2:

- *Resultado:*

TABLA LIX. RESULTADOS TOTALES ESCENARIO 4 (P-ES2).

#Samples	Average	Median	90% Line	Min	Max	Error %	Throughput	Received	Sent
100	10567	6729	24078	1967	39714	4	20.6	139.3	3.29

- *Gráfica:*

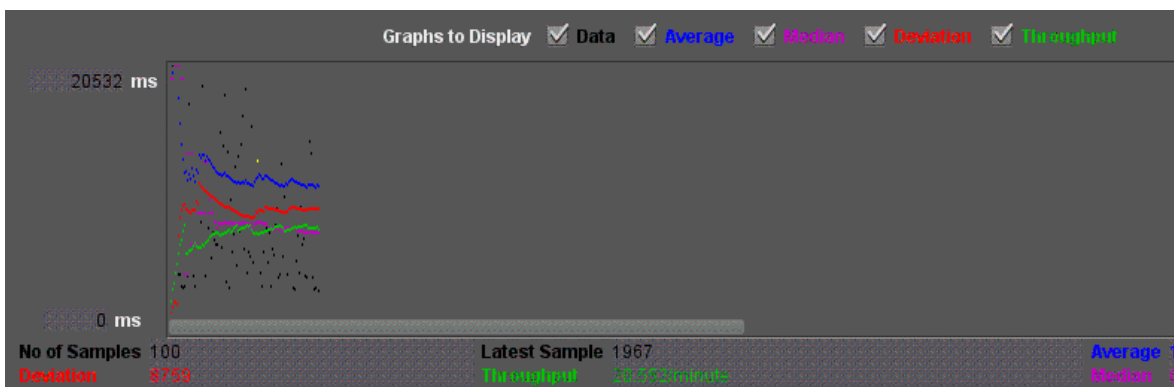


Figura 108. Gráfica de resultados escenario 4 (P-ES2).

Análisis:

Para ambos casos (P-ES1 y P-ES2) no se observa un error muy elevado, dando un total de 19,4% y 4%, recalcando que para 5 usuarios en 5 interacciones es mucho menor que para una sola interacción de 25 usuarios a la vez. El promedio de respuesta es de 43.6s y 10,6s; se observa además, que el rendimiento promedio es de 14.3/min y 20.6/min; la media de datos recibidos también es bastante elevada (95.72 KB/s y 139.3 KB/s), esto debido a que las búsquedas devuelven gran cantidad de metadatos.

2. Conclusiones

Se realizó las pruebas de carga, para verificar si el SMA soportará el número de usuarios de cada ciclo que varía alrededor de 25 por paralelo; dando como resultados que el SMA trabaja de manera más eficiente con una cantidad baja de usuarios durante largos períodos de tiempo y/o varias repeticiones; para grandes cantidades de usuarios realizando peticiones a la vez, el número de errores en las respuestas aumenta, así mismo los tiempos de respuestas.

Al ser un prototipo y no requerir grandes cantidades de usuarios (Threads) se concluye que el SMA soporta la carga de aproximadamente 25 usuarios (100-125 solicitudes), se puede proceder a aplicarlo en un ambiente real.

Todos los scripts en formato .jmx se pueden encontrar en el repositorio de Github del TT en la carpeta "scripts JMeter".

Anexo 8: Desarrollo de la Experimentación

1. Definición del alcance

Para la definición del alcance se utilizó la plantilla GQM (Goal-Question-Metric), misma que permite definir los objetivos de la experimentación antes de continuar con las siguientes etapas.

TABLA LX. PLANTILLA GQM PARA DEFINICIÓN DE ALCANCE.

Objeto de estudio	Propósito	Aspecto de calidad	Perspectiva	Contexto
Sistema multiagente (SMA) para la gestión de objetos de aprendizaje (OAs)	Evaluar el sistema <i>"smaweb"</i>	Facilidad de uso y aceptación del SMA	Usuario (Estudiante)	Estudiante de la CIS-UNL, mediante el testeado del sistema Web

"Analizar el SMA con el propósito de evaluar con respecto a la facilidad de uso y aceptación del SMA desde el punto de vista de los usuarios (estudiantes) de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Nacional de Loja (CIS-UNL) probando el prototipo del sistema multiagente".

2. Planificación

2.1. Selección del Contexto

Los objetos experimentales son recursos de aprendizaje recomendados por el sistema multiagente, el sistema recomienda de acuerdo a 4 estilos de aprendizaje: visual, auditivo, lectura-escritura y kinestésico; para dar sugerencias de OAs acorde a siete inteligencias múltiples: visual, verbal, lógico-matemática, kinestésica, musical, intrapersonal e interpersonal.

El sistema es un prototipo que permite registrarse y contestar dos test, uno de estilos de aprendizaje con 16 preguntas, y otro de inteligencias múltiples con 35 preguntas de opción múltiple, para posteriormente realizar una búsqueda de objetos mediante palabras claves y otras restricciones.

Para la experimentación en un ambiente real fue necesario alojar el sistema en un servidor Web, en donde se ejecuta el sistema multiagente y se alojan las interfaces Web; también fue necesario la creación de una máquina virtual que permita instalar Virtuoso Openlink para alojar la ontología y almacenar tripletas, así mismo permitió alojar la base de datos. El proveedor seleccionado fue *MS-Azure* debido a que brinda todos estos servicios y provee un tiempo de prueba gratis para la utilización de sus recursos. La arquitectura utilizada para las pruebas se muestra en la Figura 41.

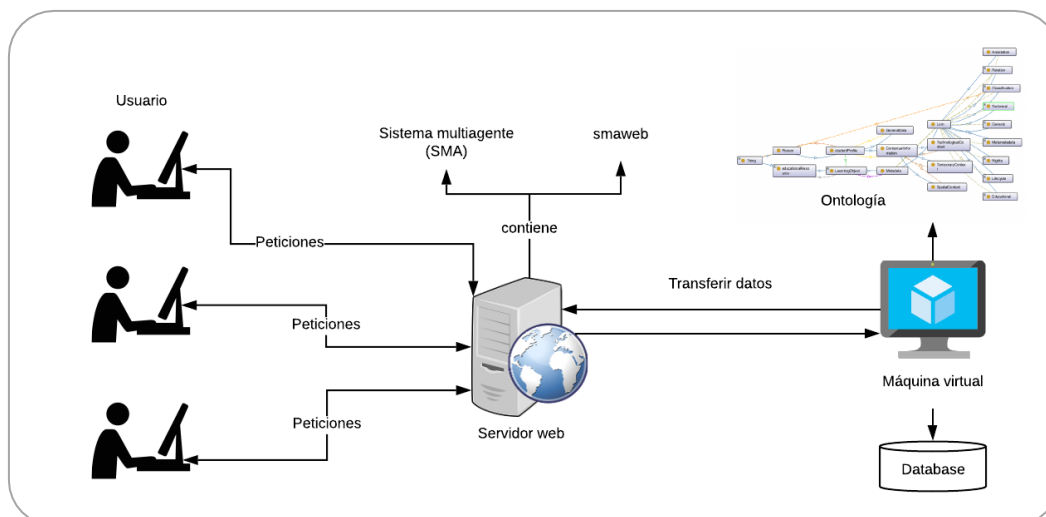


Figura 109. Arquitectura de despliegue para experimentación.

El sistema cuenta con alrededor de 8361 objetos de aprendizaje recogidos de 3 repositorios: ViSH, ROA-CEDIA y EducalInternet, Los objetos de aprendizaje pueden ser audio, código embebido, excursión (presentación interactiva con imágenes, audio, video, entre otros), Objeto flash, link, documento de office, imagen, paquete SCORM, Video, Aplicación web o Archivo zip.

Y como sujetos de experimentación se trabajará con los alumnos de cuarto y séptimo ciclo de la CIS-UNL.

2.2. Selección de sujetos

En el experimento participaron un total de 48 alumnos, divididos de la siguiente manera: 29 alumnos del cuatro ciclo, y 19 alumnos de séptimo ciclo de la CIS-UNL. Al cursar la Carrera de Ingeniería en Sistemas los estudiantes están en la capacidad de utilizar un sistema Web y seguir las instrucciones necesarias. Además, las palabras claves propuestas para el experimento estuvieron relacionadas con materias que los estudiantes vienen cursando.

Los sujetos participaron voluntariamente a través de un consentimiento informado, y fueron seleccionados mediante el método no probabilístico por conveniencia. Para evitar el absentismo se les dijo a los alumnos que el sistema les puede servir para mejorar su aprendizaje y potenciar inteligencias que tengan bajas. Así mismo para evitar que los usuarios respondan desinteresadamente los cuestionarios de VARK y Gardner fueron guiados por un investigador.

2.3. Selección de variables

Variable independiente: El sistema multiagente

Variable dependiente: facilidad de uso

La variable dependiente es la facilidad de uso y aceptación del SMA, medida utilizando las siguientes características:

Facilidad de uso del SMA (FU-SMA): Medida relacionada al nivel de facilidad para la utilización del SMA.

Aceptación del SMA (AC-SMA): Medida relacionada a la aceptación del SMA para aplicarlo a la educación tradicional.

2.4. Formulación de las hipótesis

H_{1,0}: No se puede afirmar que el sistema es de fácil utilización para los usuarios.

H_{1,1}: \neg H_{1,0}.

H_{2,0}: No se puede afirmar que el sistema puede llegar a apoyar a la educación tradicional. **H_{2,1}:** \neg H_{2,0}.

2.5. Elección del diseño

El diseño seleccionado fue el inter-sujetos, es decir a cada tratamiento (procedimiento) se asignó a un único sujeto y cada tratamiento se asignó al mismo número de sujetos.

El efecto de la experiencia dentro del diseño se mitigó realizando búsqueda en varias temáticas, si algunos usuarios tenían experiencia en algunas temáticas en otras no lo tendrán. De la misma manera para cada ciclo se planteó temáticas diferentes por su nivel de educación y también porque ayudó a la aleatorización.

2.6. Instrumentación

Los instrumentos necesarios para llevar a cabo la experimentación fueron: el sistema multiagente para la gestión de objetos de aprendizaje implantado en una interfaz Web, y disponible en la dirección **smaweb.azurewebsites.net**; además, los objetos de aprendizaje que se descargaron de los repositorios, que son alrededor de 8000 objetos disponibles.

Se diseñaron las tareas que debían realizar los sujetos, y así poder contrastar las hipótesis, como lo muestra la TABLA LXI.

TABLA LXI. SECUENCIA DE INSTRUCCIONES PARA LA EXPERIMENTACIÓN.

Tareas	Descripción de las tareas
T1	Ingresar al sistema Web de recomendación mediante la dirección http://smaweb.azurewebsites.net .

Tareas	Descripción de las tareas
T2	Registrarse eligiendo la opción de “ Google ” e ingresar el correo institucional “ejemplo@unl.edu.ec”.
T3	Contestar el test de estilos de aprendizaje de VARK y el test de inteligencias múltiples.
T4	Revisar su perfil y observar los resultados de los test.
T5	Ingresar a la pestaña búsqueda avanzada e ingresar una de las palabras claves, y las restricciones especificadas, posteriormente realizar la búsqueda.
T6	Visualizar los resultados y elegir el que le parezca más adecuado para ingresar y conocer sus detalles.
T7	Interactuar con el Objeto de aprendizaje, y una vez terminado repetir desde T5 hasta completar las palabras claves.
T8	Seleccionar varios de los objetos para potenciar inteligencias múltiples (objetos mostrados al finalizar la página de detalles de cada objeto de aprendizaje visualizado) e interactuar con él.
T9	Contestar el cuestionario entregado.
T10	Cerrar sesión y salir del sistema.

También durante esta etapa, se diseñó la lista de palabras clave para la búsqueda, divididas por ciclo. Para tal motivo se consideró un total de 7 palabras claves por cada ciclo, las mismas que están relacionadas a materias que se encuentran cursando los estudiantes.

TABLA LXII. PALABRAS CLAVE.

Curso →	4to	7mo
Cadena de búsqueda	Internet	Licencias de software
	Grooming	Identidad digital
	Html	Virus y fraudes
	Tecnoadicciones	Redes sociales
	Java script	Grooming
	Ciberacoso	Tecnoadicciones
	<cadena propia>	<cadena propia>

Para la obtención de los resultados, una vez realizada la experimentación se usó el método de la encuesta, que tuvo por objetivo recoger toda la información sobre la facilidad de uso, aceptación y tiempos de respuesta del sistema, desde el punto de vista de los usuarios (estudiantes). Dentro de la encuesta se desarrolló un cuestionario (ver

TABLA LXIII) que fue aplicado después de la interacción de los estudiantes con el sistema; para observar más detalladamente el desarrollo de la encuesta se puede ver el Anexo 9.

TABLA LXIII. CUESTIONARIO POST EXPERIMENTO.

N°	Pregunta	Valoración
P1	¿Alguna vez ha utilizado o a accedido (con anterioridad) a un sistema de recomendación de objetos de aprendizaje?	a-b
P2	¿En qué porcentaje estimado las cadenas de búsqueda ingresadas, mostraron resultados que coinciden con las temáticas buscadas?	a-e
P3	¿En qué medida cree usted que el sistema puede ayudar a la educación tradicional, sirviendo como un apoyo a la docencia?	a-e
P4	¿Considera que al finalizar la utilización del sistema ha aprendido algo nuevo?	a-b
P5	¿Indique, que tan fácil le ha resultado la utilización del sistema?	a-e
P6	Los tiempos de respuesta de la plataforma (espera para acceder a un vínculo, acceso a diferentes herramientas, entre otros); ¿en qué medida han sido adecuados?	a-e
P7	Indique alguna sugerencia que daría al investigador:	abierta
a. Si, b. No (P1, P4)		
a.<20%, b.>=20% y <40%, c.>=40% y <60%, d.>=60% y <80%, e.>=80 (P2)		
a. Muy alta, b. Alta, c. Adecuada, d. Baja, e. Muy baja (P3)		
a. Muy fácil, b. Fácil, c. Normal, d. Difícil, e. Muy difícil (P5)		
a. Muy adecuado, b. Bastante adecuado, c. Adecuado, d. Poco Adecuado, e. Nada adecuado (P6)		
.....(P7)		

3. Operación

A continuación, se describen las tres etapas de la operación, en cada una de ellas detallando como se llevó a cabo el experimento en el ambiente real planificado.

3.1. Preparación

Una semana antes del experimento se realizó una prueba piloto con 5 estudiantes de la CIS-UNL, a tres de ellos se les aplicó el experimento con las palabras claves de 4to y los otros dos con las palabras clave de 7mo. Esto sirvió para corregir errores que se presentaron durante la experimentación, así como también para mejorar cuestionario que fue aplicado a los estudiantes. Por otra parte, se verificó el tiempo necesario para llevar a cabo la experimentación.

Como resultado de la preparación se determinó que 1 hora es necesaria para llevar a cabo el experimento, se corrigieron errores de redacción y algunos posibles errores del sistema Web que no se habían detectado. Una vez realizadas las correcciones se procedió a la ejecución del experimento.

3.2. Ejecución

El experimento se realizó en el aula de clase, y los sujetos estaban supervisados por el docente de la asignatura y por el experimentador, se les indicó que cualquier duda podría ser consultada con el experimentador.

Se indicó a los sujetos las tareas que debían llevar a cabo, partiendo desde el registro hasta la contestación del cuestionario; el orden para llevar a cabo el experimento se muestra en la TABLA LXI. Mientras los sujetos se registraban se mostró las palabras claves que debían buscar, así como también se atendía cualquier duda o error del sistema.

Una vez que los sujetos llegaban al punto de la búsqueda de objetos de aprendizaje se procedió a entregar el cuestionario, para que sea contestado una vez se termine con todas las palabras señaladas. Se disponía de un tiempo de dos horas para llevar a cabo todas las actividades, pero tal y como se determinó en la etapa de preparación, una hora fue suficiente para su desarrollo y así lo hicieron la mayoría de sujetos.

Una de las incomodidades durante la experimentación fue la velocidad del Internet, los usuarios expresaban que era muy lento y demoraba en cargar las funcionalidades del sistema; frente a estas observaciones se decidió brindar acceso a Internet a los experimentados mediante conexión móvil con una zona wifi.

Durante la ejecución del experimento se pudo apreciar el interés de los sujetos a través de la observación directa; pues preguntaban entre sí cuales eran los resultados de los test, y opinaban si estaban acorde a la realidad. Al contar con un tiempo considerable

para el experimento, no se llamó la atención frente a este comportamiento y más bien se lo identificó como un punto positivo.

Para evitar posibles sesgos no se dieron a conocer las hipótesis bajo estudio, simplemente se manifestó que se estaba evaluando el sistema multiagente. Además, se manifestó que todos los datos recogidos en el experimento eran totalmente confidenciales (consentimiento informado).

3.3. Validación de datos

Luego de la ejecución del experimento, el investigador recogió los datos en un documento de *MS-Office Excel*, en donde se encuentran todas las respuestas además de su tabulación. No se detectaron valores atípicos, y todos los sujetos llevaron a cabo el experimento de principio a fin.

4. Análisis e interpretación

Dentro de la encuesta se analizaron 3 ámbitos importantes, la facilidad de uso del sistema, la aceptación, y los tiempos de respuesta del mismo, posteriormente se presentan los gráficos estadísticos agrupados por cada ámbito y se realiza su respectivo análisis. Los resultados y conclusiones de la encuesta se pueden observar con mayor detalle en el Anexo 9.

En la Figura 50 se presenta los resultados relacionados con la facilidad de uso del sistema. El literal (b) pregunta al usuario sobre la utilización de un sistema de recomendación de objetos de aprendizaje con anterioridad, el 60,42% contestó negativamente por lo que los resultados del apartado facilidad de uso no se verán afectados por la experiencia de los individuos. En cuanto a la pregunta directa de facilidad (a) de uso, el 81,25% contestaron que se encuentra entre fácil y muy fácil, el resto de individuos seleccionaron las opciones de adecuado y bastante adecuado, esto se contrasta con la pregunta P12 en la cual los usuarios sugerían algunos cambios en el diseño, pero pocos sobre funcionalidades. Los tiempos de respuesta se encuentran entre adecuado y bastante adecuado con el 31,25% y 43,75%; se asume estos resultados debido a problemas conexión a Internet, ya que solo el 18,75% consideraron que los tiempos de respuesta eran muy adecuados.

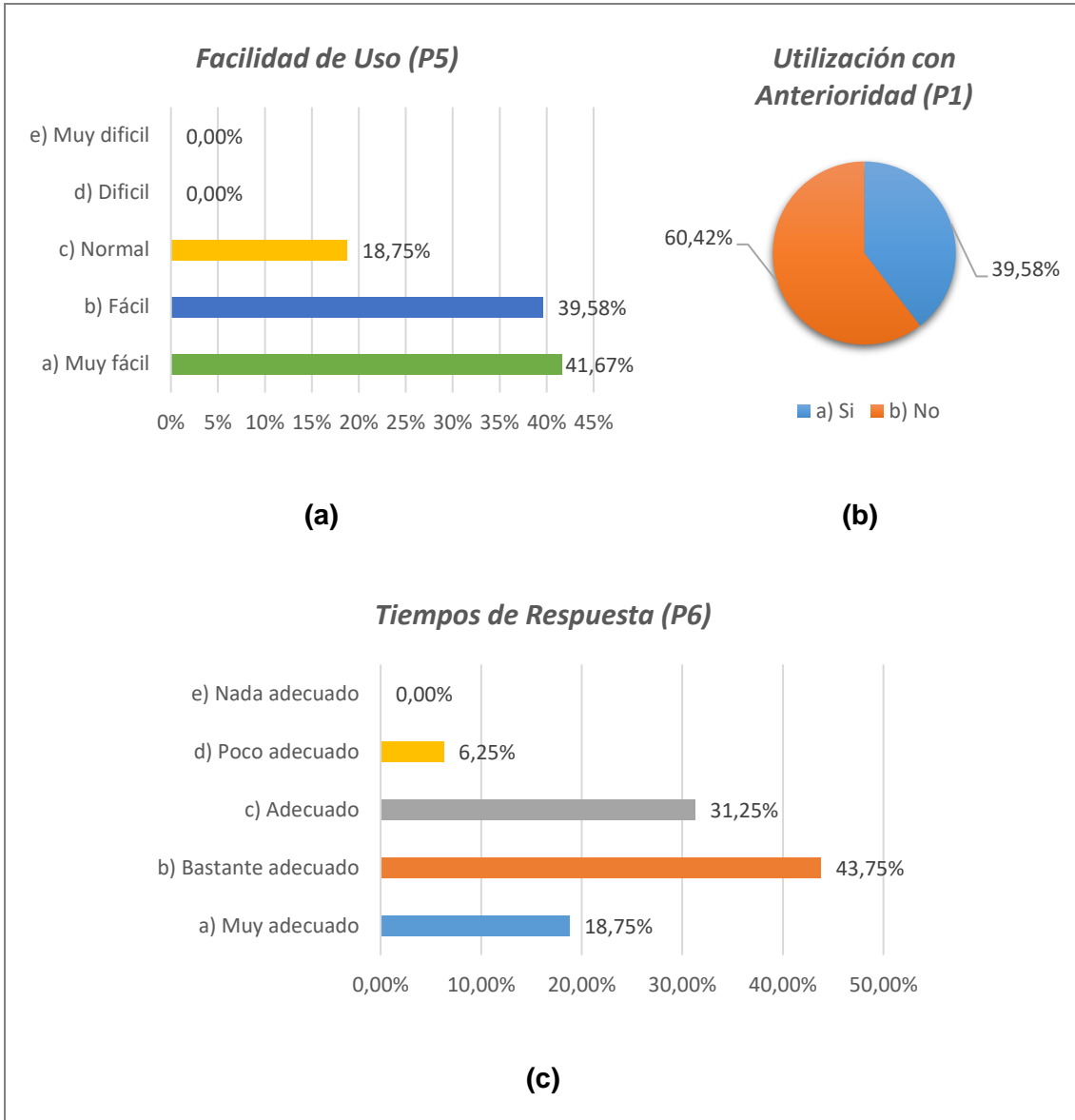


Figura 110. Análisis de: la facilidad de uso.

La última característica se relaciona con la aceptación del sistema. Los datos se muestran en la Figura 51, en el literal (a) se muestra los porcentajes de los aciertos en la búsqueda; el 52,08% de individuos seleccionaron que los objetos recomendados están acorde a las temáticas buscadas en un porcentaje entre 60% y 80%; la siguiente opción más elegida es un porcentaje mayor a 80%, por lo que se puede concluir que el porcentaje de aciertos es mayor al 60%. Que la mayoría de individuos (54,17%) haya seleccionado que el sistema puede representar una ayuda a la educación tradicional (b) en una medida muy alta, es un indicador de aceptación del sistema. De la misma manera el 95,83% de individuos manifiesta que después de la utilización del sistema ha aprendido algo nuevo (c).

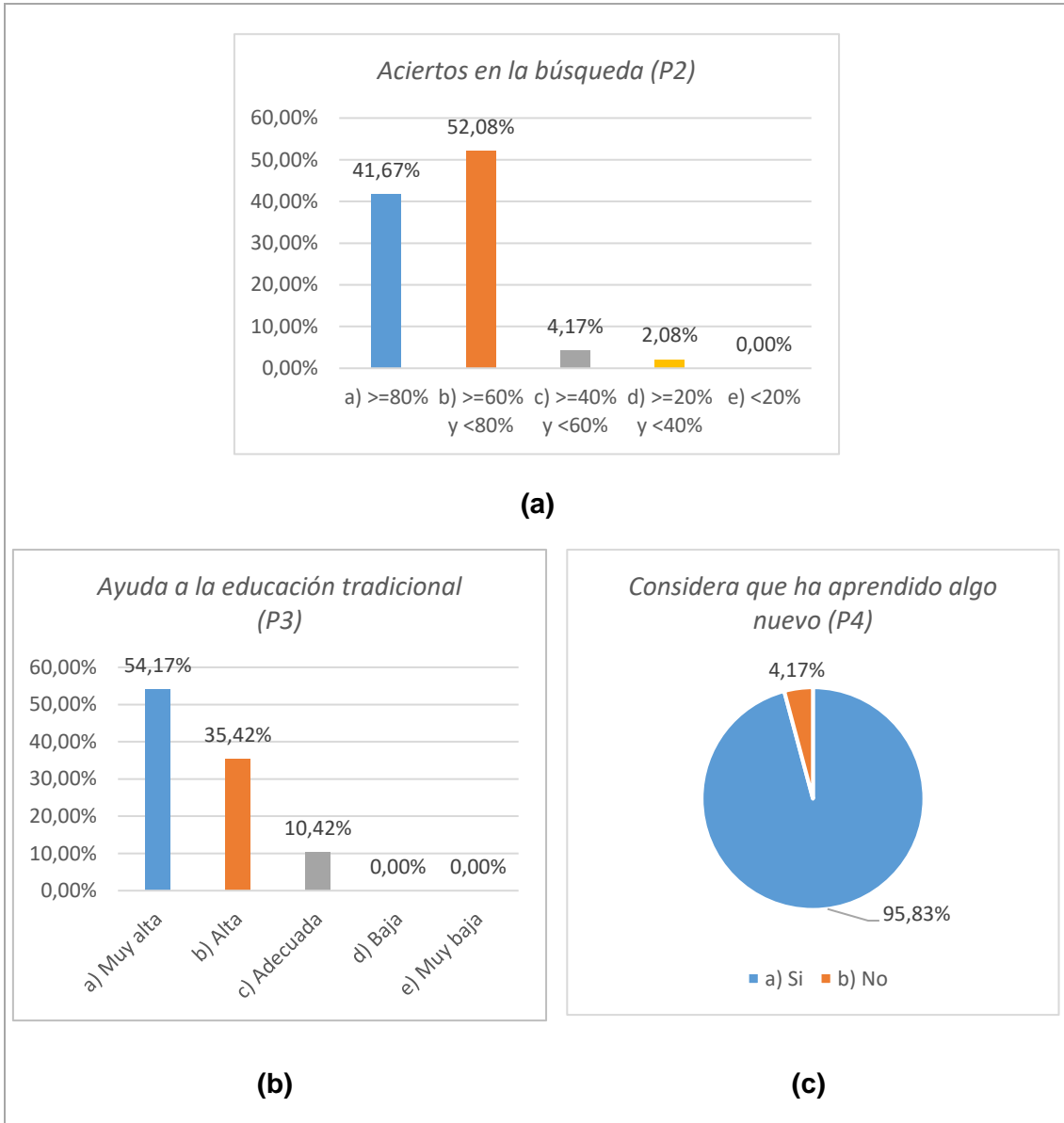


Figura 111. Análisis de la aceptación del sistema.

Resumen y conclusiones del análisis de datos

La mayoría de individuos manifestaron que el sistema era de fácil uso, siempre y cuando la conexión a Internet sea eficiente; caso contrario los tiempos de respuesta se elevaban mucho y podían producir errores; por lo que no se puede negar la hipótesis nula planteada H_1 . En cuanto a la interfaz y diseño hubo algunas sugerencias, por lo que para una versión posterior pueden ser implementadas.

Para la eficiencia de la recomendación se puede decir que la búsqueda es bastante adecuada, y se encuentra en un rango que va desde el 60% hasta el 100% de acierto, además se concluye que casi la totalidad de individuos (95,83%) aprendieron algo nuevo

después de la utilización del sistema; en otras palabras, puede constituir una herramienta de apoyo para la educación. Lo que permite negar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa.

4.1. Amenazas a la validez

En esta sección se comentan algunos aspectos que pudieron atentar contra la validez del experimento, y como se intentaron mitigar.

Validez externa: la validez externa se relaciona con la posibilidad de generalización de resultados por haber usado estudiante como sujetos de experimentación; pero en este determinado caso, los estudiantes eran los sujetos idóneos para llevar a cabo el experimento. Otros de los factores que puede amenazar la validez externa son los objetos utilizados, en el presente contexto la conexión a Internet representó una gran amenaza y se intentó mitigar dando una mejor conexión.

Validez interna: las amenazas a la validez interna se intentaron mitigar mediante el diseño del experimento, aquí se definió el proceso, temáticas, materiales y el cuestionario a ser aplicado, además los estudiantes que tenían dudas podían consultar al investigador; el proceso seguido fue totalmente guiado por el investigador y permitió reducir amenazas de validez interna. Para mitigar el efecto de aprendizaje se planteó un número variado de palabras claves.

Validez de constructo: tiene que ver con las medidas seleccionadas para el cuestionario pos-experimento, en este caso se usó la escala de liker, ampliamente utilizada en otros estudios.

Anexo 9: Desarrollo de la encuesta

La encuesta ha sido desarrollada en base al proceso propuesto por Kitchenham y Pfleeger en [38]:

1. Establecer los objetivos de la encuesta

El objetivo principal de la presente encuesta es “Determinar la facilidad de uso, tiempos de respuesta, y aceptación del SMA en la recomendación de objetos de aprendizaje aplicado sobre los alumnos de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Nacional de Loja (CIS-UNL)”. La TABLA LXIV muestra de manera más formal el objetivo de la encuesta en base a la plantilla GQM (Goal-Question-Metric).

TABLA LXIV. OBJETIVO DE LA ENCUESTA.

Objeto de estudio	Sistema multiagente (SMA) para la recomendación de Objetos de Aprendizaje (OAs)
Propósito	Determinar la facilidad de uso, tiempos de respuesta, y aceptación del SMA en un ambiente real.
Enfoque de calidad	Facilidad de Uso, tiempos de respuesta y aceptación
Perspectiva	Alumnos de la CIS-UNL que validarán el prototipo.
Contexto	Este estudio se realiza con estudiante de la CIS-UNL, específicamente los ciclos cuarto y séptimo.

Para alcanzar el objetivo, se ha creado una lista de características a evaluar en el sistema mostradas en la TABLA LXV.

TABLA LXV. CARACTERÍSTICAS A EVALUAR.

Característica	Descripción
Tiempos de respuesta	Característica que mide la aceptación de los tiempos de respuesta por parte de los usuarios.
Aceptación del Sistema	Rasgo que mide el nivel de aceptación que tiene el SMA.
Facilidad de uso	Esta característica busca determinar la facilidad de uso del SMA y su amigabilidad con el usuario.

A partir de estas características se plantean como hipótesis de trabajo que el SMA:

H₁: Posee tiempos de respuesta bastante adecuados.

H₂: Tiene una buena aceptación por parte de los estudiantes.

H₃: Es de fácil uso y amigable al usuario.

2. Diseñar la encuesta

Se trabaja con una encuesta transversal, realizada de manera física-presencial a los estudiantes de cuarto y séptimo ciclo de la CIS-UNL en un período de dos semanas.

3. Desarrollar en Cuestionario

El desarrollo del cuestionario se ha dado en cuatro pasos, empezando por la revisión de literatura relevante sobre trabajos relacionados al objeto de estudio, para posteriormente plantear las preguntas del cuestionario, y finalmente definir los tipos de respuestas para cada pregunta.

3.1. Literatura relevante

Se define un cuestionario basándose en el trabajo de [12], en el cual se establece un cuestionario que ha dado ciertas pautas para el diseño de la encuesta, pero cuyas preguntas han sido modificadas por no seguir ningún proceso de elaboración. En [74], se presenta un cuestionario para evaluar la satisfacción de los entornos virtuales de aprendizaje; para esta investigación se ha considerado la sección de “Aspectos relacionados al ambiente virtual de aprendizaje” la cual tiene mucha relación con la facilidad de uso y amigabilidad de un sistema con el usuario.

Estudio	Pregunta(s)
Guamán M, Martínez P. et al. 2015	¿Tiene usted conocimiento de la existencia de algún otro software de búsqueda de Objetos de Aprendizaje?
	El nivel de usabilidad del SMAS le pareció:
	De acuerdo a la búsqueda realizada esta fue:
	El tiempo de respuesta de su búsqueda fue:
	¿Considera usted que este Software es un apoyo para el proceso de Enseñanza/Aprendizaje en al Ámbito Educativo?
Suárez L, Ocampo J, Castaño J. et al. 2014	Considero adecuada la plataforma porque me ha resultado sencilla la navegación por ella.
	La calidad estética del entorno (tamaño y tipo de letras, colores...) considero es adecuada.
	Existe adecuación entre los diferentes elementos estéticos de la plataforma (textos, imágenes, gráficos...)
	Los tiempos de respuesta de la plataforma (espera para acceder a un vínculo, acceso a diferentes herramientas, etc.) han sido adecuados.

3.2. Diseño de las preguntas

El cuestionario planteado consta de 7 preguntas mostradas en la TABLA LXVI, elaborado por el autor apoyándose de la preguntas expuestas en [12] y [74]. Las preguntas han sido elaboradas para cumplir con el objetivo planteado y cubrir las características a evaluar mostradas en la TABLA LXV.

TABLA LXVI. CUESTIONARIO.

N°	Pregunta	Valoración
P1	¿Alguna vez ha utilizado o a accedido (con anterioridad) a un sistema de recomendación de objetos de aprendizaje?	a-b
P2	¿En qué porcentaje estimado las cadenas de búsqueda ingresadas, mostraron resultados que coinciden con las temáticas buscadas?	a-e
P3	¿En qué medida cree usted que el sistema puede ayudar a la educación tradicional, sirviendo como un apoyo a la docencia?	a-e
P4	¿Considera que al finalizar la utilización del sistema ha aprendido algo nuevo?	a-b
P5	¿Indique, que tan fácil le ha resultado la utilización del sistema?	a-e
P6	Los tiempos de respuesta de la plataforma (espera para acceder a un vínculo, acceso a diferentes herramientas, entre otros); ¿en qué medida han sido adecuados?	a-e
P7	Indique alguna sugerencia que daría al investigador:	abierta

3.3. Diseño de las respuestas

Las respuestas se han diseñado dependiendo de la pregunta, evitando ambigüedades y dando al encuestado la facilidad para elegir dentro de un rango de respuestas. Se han usado diferentes escalas como la de Likert, de evaluación, rangos numéricos y dos preguntas de SI/NO; también se ha planteado una pregunta abierta que permita al encuestado dar sugerencias al investigador.

Otro aspecto importante es la protección de los datos y la información, a pesar de ser una encuesta anónima, se le da a conocer al encuestado que sus datos serán protegidos y estarán bajo absoluta confidencialidad.

TABLA LXVII. DISEÑO DE RESPUESTAS

Pregunta	Respuesta
P1, P4	a. Sí, b. No
P2	a.<20%, b.>=20% y <40%, c.>=40% y <60%, d.>=60% y <80%, e.>=80
P3	a. Muy alta, b. Alta, c. Adecuada, d. Baja, e. Muy baja
P5	a. Muy fácil, b. Fácil, c. Normal, d. Difícil, e. Muy difícil
P6	a. Muy adecuado, b. Bastante adecuado, c. Adecuado, d. Poco Adecuado, e. Nada adecuado
P17(Abierta)

4. Evaluar y validar el cuestionario

La evaluación y validación del cuestionario se realizó en dos etapas, la primera consistió en una revisión por parte del tutor del Trabajo de Titulación, y la segunda etapa en la aplicación a una muestra muy pequeña de individuos; esto para verificar y validar el cuestionario y los tiempos necesarios para su desarrollo.

5. Obtener los datos de la encuesta

Para obtener los datos de la encuesta, se seleccionó una muestra de entre toda la población (CIS-UNL), esta muestra fue seleccionada mediante métodos no probabilísticos, por conveniencia; debido a que era fácilmente accesible por el investigador.

Fueron seleccionados tres cursos de la CIS-UNL, dos de ellos cursando el cuarto ciclo y uno el séptimo ciclo; se consideró que tres paralelos conforman una muestra bastante representativa de la población. Para una mayor acogida se aplicó el cuestionario en horario de clases, por lo que se encontraban la mayoría de estudiantes.

6. Analizar los datos obtenidos

Para una mayor facilidad se ha dividido el análisis en dos secciones como. Se empieza analizando las preguntas referentes a la facilidad de uso y tiempos de respuesta; y seguidamente la aceptación de SMA. Como herramienta se ha utilizado *MS-Office Excel 2016*.

6.1. Facilidad de uso

Tres preguntas son las que recogían información referente a la facilidad de uso, las mismas que se han analizado y se muestran gráficamente en la Figura 112.

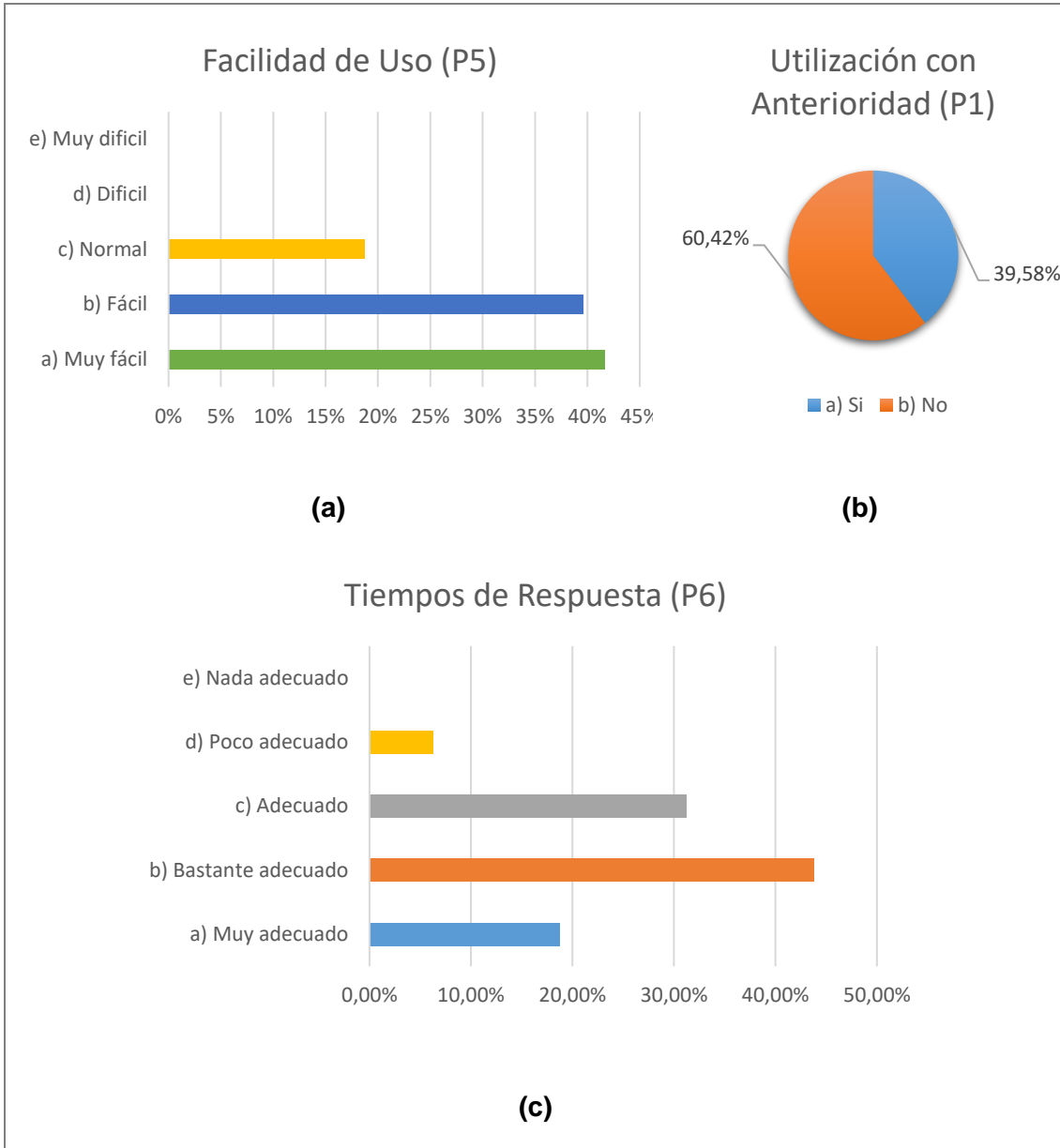


Figura 112. Análisis de: la facilidad de uso y tiempos de repuesta.

De la Figura 112 se puede extraer la siguiente información:

- La utilización de un sistema de recomendación de objetos de aprendizaje con anterioridad (b) puede alterar los resultados en cuanto a la facilidad de uso, pero este no es el caso, ya que alrededor del 60% de la muestra no habían usado un sistema de estas características con anterioridad.
- Alrededor del 80% de la muestra manifiesta que la utilización del sistema fue fácil o muy fácil (a), pero los tiempos de respuesta se encuentran entre adecuado y bastante adecuado (c), lo que es lógico; esto debido a problemas de conexión a internet en el ambiente de experimentación.

6.1.1. Evaluación de la hipótesis

Como resultado de este análisis se puede aceptar la hipótesis H_3 e hipótesis H_1 que, según los usuarios, el sistema está dentro del rango fácil y muy fácil de utilizar (39% y 41%), siempre y cuando la conexión a Internet sea adecuada, ya que los tiempos de respuesta fueron bastante adecuados, pero no excelentes.

6.2. Aceptación del sistema

Se analiza la aceptación del sistema mediante el nivel de aciertos en la búsqueda, y dos preguntas sobre la aceptación propiamente; esto se presenta en la Figura 113.

De esta figura se puede extraer la siguiente información:

- El 52,08% de individuos eligieron la opción entre el 60% y 80% para indicar el porcentaje en el que los resultados están acorde a las cadenas de búsqueda ingresada (c); y el 41,67% eligieron más del 80%. Por esto se puede concluir que las búsquedas arrojan resultados acertados en un 93%.
- El 95,83% de individuos que probaron el sistema manifestaron que aprendieron algo nuevo (c), y consideran que estos objetos pueden apoyar a la educación tradicional (b), por lo que se deduce que la aceptabilidad del sistema es bastante elevada.

6.2.1. Evaluación de la hipótesis

El nivel de aciertos en la búsqueda de objetos mediante palabras clave va desde el 60% al 100%; además un porcentaje muy cercano a la totalidad de individuos aprendieron algo nuevo mediante el sistema y consideran que puede ser un apoyo en la educación. Por todo esto se acepta la hipótesis H_2 , la misma que se relaciona con la aceptación del sistema.

6.3. Sugerencias al investigador

La pregunta doce de la encuesta permitía dar retroalimentación al investigador y algunos de los encuestados han dado sugerencias que se resumen seguidamente: Algunas de las mejoras que se mencionan en el sistema, son la mejora de la interfaz, mejorar la búsqueda avanzada, y hacer el sitio adaptable a dispositivos móviles. Se sugiere utilizar además un mejor Internet para disminuir los tiempos de espera. Y finalmente gran parte de los encuestados han manifestado que les resulta agradable la investigación y dieron ánimos para seguir.

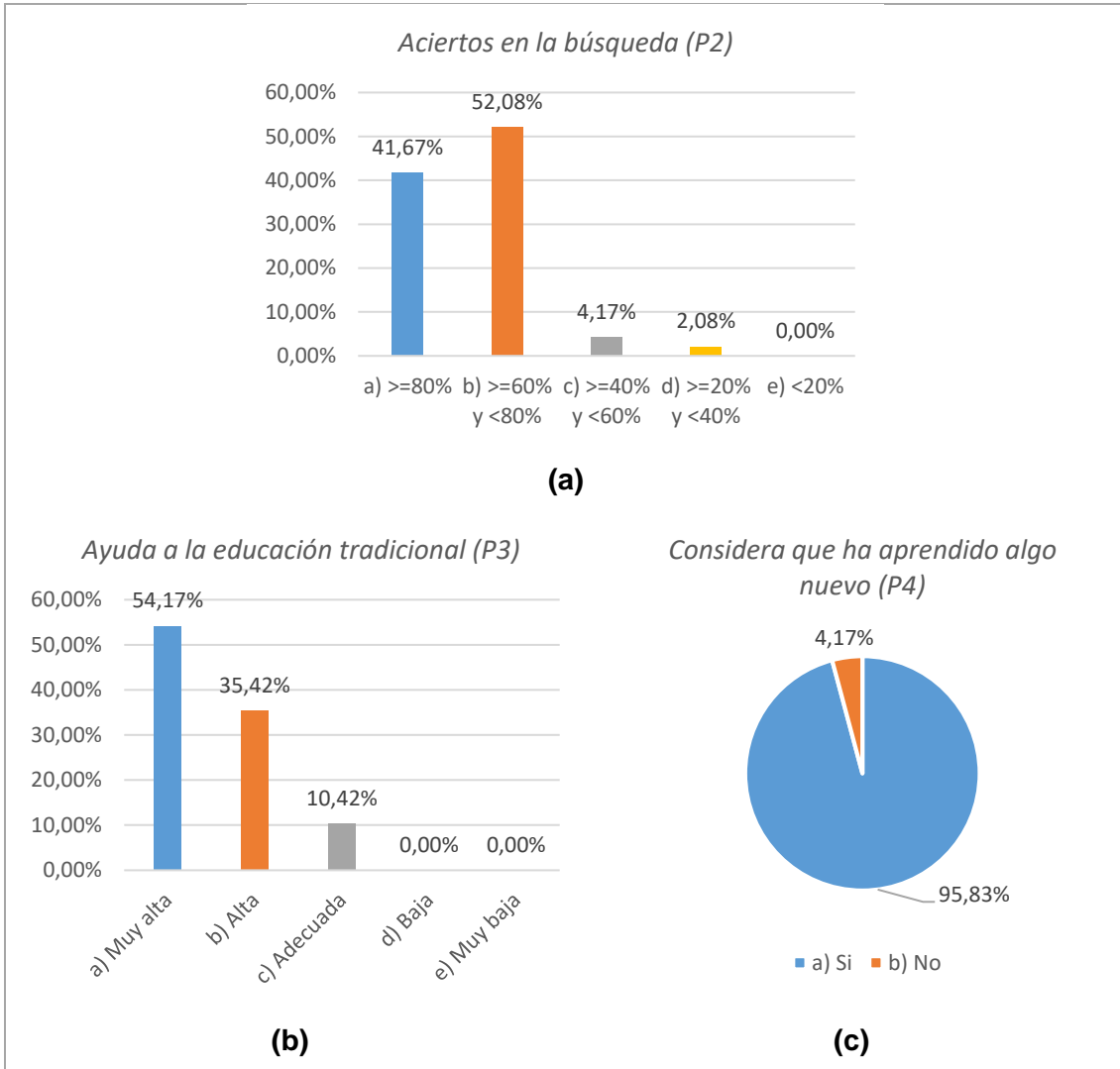


Figura 113. Análisis de la aceptación del sistema.

7. Limitaciones

Se ha analizado aquellas amenazas que podrían afectar la validez de los resultados obtenidos:

- Validez interna:** La validez de los datos recolectados en el cuestionario, se basan plenamente en la experiencia de los encuestados; todos ellos fueron estudiantes de la CIS-UNL, por lo que ya tenían experiencia usando sistemas Web. El riesgo de maduración se tomó en cuenta y se diseñó un cuestionario tal que pueda ser contestado en menos de una hora; por lo que ninguno de los encuestados abandono el proceso. La dependencia de una buena conexión a internet también pudo haber afectado a los resultados, pero se trató de reducir utilizando Internet exclusivamente para el experimento.

- **Validez de las conclusiones:** Se consideró que el tamaño de la muestra fue adecuado para el entorno de experimentación y prototipos; además se detalló todo el proceso tal que pueda ser replicado por otros investigadores. El proceso se realizó en presencia de otro investigador (docente tutor) por lo que se reduce en gran medida que se haya persuadido a los encuestados para “pescar resultados”.

8. Conclusiones

La encuesta se llevó a cabo para determinar la facilidad de uso, tiempos de respuesta y aceptación del sistema multiagente para la recomendación de objetos de aprendizaje. Los hallazgos obtenidos pueden ser útiles para otros investigadores que incursionen en la rama de los objetos de aprendizaje y los sistemas multiagente.

Esta encuesta a su vez, forma parte de un proceso de experimentación que se lleva a cabo para realizar las pruebas del sistema multiagente (smaweb) en un entorno real.

- Los resultados referentes a todas las hipótesis analizadas son considerablemente positivos, por lo tanto, la facilidad de uso y los tiempos de respuesta del sistema son aceptables según manifiestan los usuarios. Cabe recalcar que los resultados no expresan el 100% de aceptación, pero son valores válidos para un prototipo que se puede seguir trabajando.
- La principal amenaza que pudo alterar los resultados, fue la mala conexión a Internet que presentaba el lugar de experimentación, pero que fue mitigada usando datos móviles; a pesar de esto, fue una de las principales incomodidades durante el testeado del sistema.
- La bibliografía referente a las encuestas en ámbitos de objetos de aprendizaje y sistemas multiagente resulta muy escasa, por lo que la presente encuesta puede servir de referencia para futuras investigaciones en estas áreas.
- A pesar de utilizar escalas con cinco posibles alternativas, las más seleccionadas fueron las tres más altas, y en ningún caso fue seleccionada una respuesta totalmente negativa. Por lo que se puede concluir que existe una alta satisfacción con el sistema y la encuesta.

Anexo 10: Cuestionario de Encuesta



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA



Facultad de Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables **CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS Y CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

Estimados estudiantes, esta encuesta tiene por objeto “Determinar la eficiencia y efectividad del Sistema Multiagente (smaweb) en la recomendación de objetos de aprendizaje”. Cabe recalcar que su participación es de carácter voluntaria, por lo que tiene plena facultad de decidir si desea o no participar de este proceso.

Al aceptar participar de esta investigación, será guiado por el investigador para que interactúe con un sistema web de recomendación de objetos de aprendizaje, en el cual responderá dos test y realizará búsquedas relacionadas a ciertas temáticas; para posteriormente responder a este cuestionario.

Los datos recogidos en esta investigación son totalmente anónimos y confidenciales. Sin embargo, usted puede acceder a algunos de ellos mediante su cuenta de usuario que creará en el sistema.

INSTRUCCIONES: Favor, contestar las siguientes preguntas de forma honesta y clara (encierre en un círculo la opción que le parezca más acertada).

1. ¿Alguna vez ha utilizado o accedido (con anterioridad) a un sistema de recomendación de objetos de aprendizaje?
 - a. Si
 - b. No
2. ¿En qué porcentaje estimado las cadenas de búsqueda ingresadas, mostraron resultados que coinciden con las temáticas buscadas?
 - a. $\geq 80\%$
 - b. $\geq 60\%$ y $< 80\%$
 - c. $\geq 40\%$ y $< 60\%$
 - d. $\geq 20\%$ y $< 40\%$
 - e. $< 20\%$

3. ¿En qué medida cree usted que el sistema puede ayudar a la educación tradicional, sirviendo como un apoyo a la docencia?
 - a. Muy alta
 - b. Alta
 - c. Adecuada
 - d. Baja
 - e. Muy baja
4. ¿Considera que al finalizar la utilización del sistema ha aprendido algo nuevo?
 - a. Si
 - b. No
5. ¿Indique que tan fácil le ha resultado la utilización del sistema?
 - a. Muy fácil
 - b. Fácil
 - c. Normal
 - d. Difícil
 - e. Muy difícil
6. Los tiempos de respuesta de la plataforma (espera para acceder a un vínculo, acceso a diferentes herramientas, etc.); ¿en qué medida han sido adecuados?
 - a. Muy adecuado
 - b. Bastante adecuado
 - c. Adecuado
 - d. Poco Adecuado
 - e. Nada adecuado
7. Indique alguna sugerencia que daría al investigador:

.....
.....

Para cualquier información comunicarse con:

Nombre: *Alex Rubén Condoy C.*

Correo: arcondoyc@unl.edu.ec

Carrera de ingeniería en sistemas y ciencias de la computación

Facultad de la Energía, las industrias y los recursos naturales no renovables

Universidad Nacional de Loja.

Gracias por su colaboración.