



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN Y SISTEMAS

**MODELO DE TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO DE
PROFESORES A ALUMNOS BASADO EN MULTIAGENTES
PARA UNIVERSIDADES PERUANAS**

**PRESENTADA POR
JORGE CHUE GALLARDO**

ASESOR

AUGUSTO ERNESTO BERNUY ALVA

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN INGENIERÍA DE
SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

LIMA – PERÚ

2020



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN Y
SISTEMAS**

**MODELO DE TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO DE
PROFESORES A ALUMNOS BASADO EN MULTIAGENTES
PARA UNIVERSIDADES PERUANAS**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN INGENIERÍA
DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

PRESENTADA POR

JORGE CHUE GALLARDO

LIMA, PERÚ

2020

Dedicatoria

A mi esposa, Consuelo, luz de mi vida y dueña de mi amor eterno. A mis hijos, Jorge, Silvia y Arturo, tres regalos de Dios, de quienes me siento muy orgulloso. A mi nieto, James Alejandro, un angelito de Dios que trajo alegría y felicidad a toda mi familia. A mis padres, personas inmigrantes que iniciaron su vida sin nada en las manos, mi mayor agradecimiento por sus enseñanzas y por darme la vida. A mis hermanos, trabajadores ejemplares y humildes que me enseñaron a valorar el pensamiento crítico y trabajar arduamente para ganar el pan de cada día.

Agradecimientos

Al Ph.D. Augusto Ernesto Bernuy Alva por su apoyo y sus palabras de aliento durante el desarrollo de esta investigación. Las horas que el Ph.D. Bernuy dedicó a la revisión de esta tesis, motivaron aportes y observaciones que hicieron posible el logro de todos los objetivos en ella propuestos. Al Dr. Silverio Bustos Diaz por sus comentarios oportunos y acertados que mejoraron la estructura de esta tesis. Al Dr. Javier Arturo Gamboa Cruzado por sus comentarios, enseñanzas y tiempo dedicado a la revisión de esta tesis. A la Dra. Sussy Bayona por sus oportunas observaciones respecto a la redacción de este trabajo de investigación. A los profesores de la Sección de Posgrado de la Universidad de San Martín de Porres por su generosidad al compartir sus conocimientos. A mis colegas y amigos del doctorado en Ingeniería de Sistemas de Información por brindarme su amistad y hacer de los años de estudio una experiencia muy agradable y enriquecedora. Al Sr. Carles Royan Salvatella de la empresa Workana por su apoyo en la construcción de los agentes.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	viii
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la Situación Problemática	1
1.2. Formulación del Problema	11
1.3. Objetivos Generales y Específicos	11
1.4. Justificación	12
1.5. Limitaciones del Estudio	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes del Problema	20
2.2. Bases Teóricas	28
2.3. Definición de Términos Básicos	36
CAPÍTULO III	39
MODELO CONCEPTUAL Y ARQUITECTURA PROPUESTA PARA EL PROTOTIPO DE TRACOTI	39
3.1. Prototipo y Tipos	39
3.2. Modelo Conceptual de Tranferencia de Conocimiento	40
3.3. Diseño de la Arquitectura Propuesta para TRACOTI	41
3.4. Modelo de Gestión de TRACOTI	45

3.5. Variables y Definición Operacional	45
3.6. Interacción de los Agentes	46
CAPÍTULO IV.....	48
METODOLOGÍA	48
4.1 Diseño Metodológico	48
4.2 Actividades Realizadas por cada Objetivo Específico	49
4.3 Elaboración de los Agentes.....	53
4.4 Diseño Ux Conversacional de los Agentes de TRACOTI	57
4.5 Despliegue del Sistema Multi-agentes TRACOTI.....	59
4.6 Propuesta de Validación de la Arquitectura de TRACOTI	60
4.7 Aspectos Éticos.....	61
CAPÍTULO V.....	62
RESULTADOS.....	62
5.1. Encuesta a Estudiantes - Objetivo específico 1.....	62
5.2. Evaluación de Metodologías de Construcción de Agentes – Objetivo específico 2	67
5.3. Desarrollo de la Ontología – Objetivo específico 3.....	67
5.4. Implementación de un Prototipo de TRACOTI - Objetivo específico 4	68
5.5. Plan de Gestión y Trabajos Futuros – Objetivo específico 5	78
5.6. Simulación para calcular la tasa de acierto	80
CAPÍTULO VI.....	84
DISCUSIÓN	84
6.1. Aporte al Conocimiento	85
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES.....	90
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	92
ANEXOS	104

RESUMEN

En las actividades académicas y de investigación, la transferencia de conocimiento debe ser realizada en las mejores condiciones de calidad y tiempo; sin embargo, no es frecuente que ambas condiciones se den en la mayoría de universidades peruanas. En esta investigación y a través de un caso de estudio, se corroboró que al inicio de cada semestre académico, los docentes no utilizan o no tienen una plataforma tecnológica para actualizar su material académico oportunamente, lo que constituye el problema de esta investigación.

La solución propuesta requiere desarrollar un modelo y un prototipo tecnológico de “Transferencia de Conocimiento Usando Tecnologías de Información” (TRACOTI), el mismo que está basado en un framework para la ontología y otro para la construcción de cuatro agentes: un agente docente, un agente alumno, un agente de transferencia de conocimiento y un agente facilitador de directorio. Esta construcción se inició con el diseño de una máquina virtual que se instaló, conjuntamente con Moodle, en un mismo servidor de una universidad pública; y ambas herramientas utilizaron el motor de búsqueda “Lucene” para obtener información.

La solución encontrada con la metodología de JADE, demostró su viabilidad con los diferentes agentes creados. Asimismo, se demostró que TRACOTI funciona correctamente, si se conocen el lenguaje de programación JAVA y sus correspondientes plugins de integración con otros softwares.

.Palabras claves: Proceso de aprendizaje, material académico, transferencia de conocimiento, agentes de software.

ABSTRACT

In academic and research activities, knowledge transfer must be carried out in the best conditions of quality and time; however, both conditions are not often found in most Peruvian universities. In this research and through a case study, it was corroborated that at the beginning of each academic semester, teachers do not use or do not have a technological platform to update their academic material in a timely manner, which constitutes the problem of this research.

The proposed solution requires developing a model and a technological prototype of "Knowledge Transfer Using Information Technologies" (TRACOTI), which is based on a framework for ontology and another for the construction of four agents: a teaching agent, a student agent, a knowledge transfer agent and a directory facilitator agent. This construction began with the design of a virtual machine that was installed, together with Moodle, on the same server of a public university; and both tools used "Lucene" search engine software to obtain information.

The solution found with JADE methodology, demonstrated its viability with the different agents created. Likewise, it was demonstrated that TRACOTI works correctly, if JAVA programming language and its corresponding integration plugins with other software, are known.

Keywords: Learning process, academic material, knowledge transfer, software agents.

INTRODUCCIÓN

En la universidad peruana es común tener certificaciones que acreditan la calidad, ya sea en el estándar ISO 21001, o algunas otras certificaciones internacionales, como son: CINDA, ICACYT, IQAP, QAHE y ENQA, etc. Sin embargo, ello no ha detenido el proceso de licenciamiento iniciado en diciembre de 2015 por el ente rector peruano, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU).

Dado que aún no ha concluido el proceso de licenciamiento de las universidades peruanas en el ámbito nacional, hasta el 24 de enero del 2020, la SUNEDU ha denegado el licenciamiento a 39 universidades (pública 1 y privadas 38) y 2 escuelas de posgrado¹. ¿Qué significa que una universidad con más de 30 años no haya recibido el licenciamiento de la SUNEDU? y con respecto a las universidades que sí han recibido el licenciamiento ¿estarán sus estudiantes en capacidad de competir de igual a igual con otros estudiantes de cualquier universidad del mundo? En una publicación del ranking QS World University 2020 respecto a las 1000 mejores universidades del mundo, se indica que las universidades peruanas Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), la Universidad Cayetano Heredia (UPCH) y la Universidad de Lima (UL)” ocupan los puestos 474, 826 y 994, respectivamente. Esta información es relevante porque indica que es posible competir con las mejores universidades del mundo.

En este contexto, surge la motivación de aportar al conocimiento con la finalidad de mejorar los resultados del proceso de enseñanza aprendizaje, y

¹ <https://www.sunedu.gob.pe/lista-de-universidades-denegadas/>

así elevar el nivel de competitividad de las universidades peruanas, para ello se propone estudiar nuevas formas de colaboración (Véase anexo 1) de la tecnología con el hombre.

Muchos aspectos académicos y administrativos de las universidades peruanas necesitan ser mejorados y expuestos a la sociedad en las reales condiciones en que funcionan. Este estudio se basa en las universidades públicas peruanas y toma como referencia para el análisis, los últimos diez años, en los que se han evidenciado una serie de problemas relacionados con la calidad de la enseñanza, específicamente se han abordado en este estudio: la relación del docente con las nuevas tecnologías y la entrega oportuna de material académico actualizado a los estudiantes.

El objetivo de este estudio es desarrollar un modelo conceptual y un prototipo tecnológico que permita identificar la entrega de material académico de forma oportuna y promover la actualización de los sílabos de las asignaturas de las universidades peruanas según estándares internacionales con la finalidad de mejorar la transferencia de conocimiento hacia el estudiante y la calidad del proceso de aprendizaje en la universidad peruana. El prototipo propuesto para su desarrollo ha sido denominado a partir de esta tesis, como TRACOTI, que significa Transferencia de Conocimiento Usando Tecnologías de Información.

Es importante precisar que TRACOTI, al final de esta investigación, se encuentra en su etapa inicial. Se considera que el impacto de este tipo de investigaciones es positivo para el desarrollo de la educación superior pública peruana; para corroborar lo afirmado, se presentan las conclusiones de esta investigación que demuestran que el modelo y el prototipo sí apoyan el desempeño del docente con materiales actualizados y permiten conocer y comprender las necesidades de los estudiantes durante el proceso de transferencia del conocimiento.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Situación Problemática

Muchas investigaciones indican que el conocimiento es un factor clave del crecimiento económico (Monagas-Docasal, 2012), (Geuna & Muscio, 2008), (Delic & Riley, 2009), (Hou, Lü, & Du, 2010). Paralelamente, la sociedad en general está experimentando un avance continuo y explosivo de las tecnologías de la información (TI), especialmente en el uso de Internet, dispositivos móviles, dispositivos inteligentes, entre otros. Estas herramientas de TI se han convertido en esenciales en la vida cotidiana y generan diversos desafíos, pero también han brindado la oportunidad de mejorar las actividades productivas del ser humano, la enseñanza aprendizaje y la calidad de vida.

En lo que respecta a la educación superior universitaria, las universidades tienen el compromiso de garantizar que sus graduados cumplan con los requisitos que la sociedad y las empresas les imponen. Una de sus responsabilidades es formar a los estudiantes para que continúen con el desarrollo y la sostenibilidad del crecimiento económico del país y de la sociedad en general. En lo que corresponde a los docentes, en la investigación de Onwuegbuzie et al. se señala que las características más resaltantes que un profesor debe tener son: buen comunicador, responsable, receptivo, entusiasta, profesional, experto y ético (Onwuegbuzie, y otros, 2007). En otra investigación de Alemán et al. del 2019, se afirma que los

docentes constituyen una parte importante en la enseñanza y en el aprendizaje de los alumnos sin importar la materia que enseñan. También indican que los docentes forman a los alumnos convirtiéndolos en ciudadanos íntegros con altos valores morales (Alemán, Navarro de Armas, Suarez, Sánchez, & Encinas, 2019).

En este contexto, el proceso de aprendizaje se basa en el supuesto de que la transferencia de conocimiento (TC) de los profesores hacia los estudiantes se realiza en las mejores condiciones. Sin embargo, ¿es correcta esta suposición?, la experiencia permite afirmar que existe demasiada información y material académico disponible en Internet, pero también existen muchas barreras y limitaciones para el éxito del proceso de enseñanza aprendizaje. Este es precisamente el escenario del “caso de estudio” que se utiliza en esta investigación.

Respecto al caso de estudio, se ha tomado como muestra la asignatura de Estadística General correspondiente a la malla curricular de formación básica de una universidad pública peruana (UP), ubicada en la capital del país, tiene aproximadamente 7303 estudiantes y 493 docentes. En adelante, se identificará el caso de estudio con el código EP2018.

Una vez precisada la muestra, se aprecia que aproximadamente 480 estudiantes, divididos en doce secciones, se matriculan en EP2018 cada semestre; es decir, EP2018 agrupa un promedio de 40 estudiantes por sección, con un plantel de 9 profesores y 4 jefes de prácticas. Cada sección tiene un profesor y un jefe de prácticas. Semanalmente, cada sección recibe tres horas de clases teóricas, dos horas de resolución y discusión de problemas, y cuatro horas semanales de asesoría en oficina para todos los alumnos de una sección. Otro elemento resaltante en EP2018 es el alto porcentaje de estudiantes desaprobados, que en el 2019-2 fue de 31.25%, lo que originó que el estudiante demore su formación, o que en el peor de los casos, abandone la universidad.

Se ha afirmado que el docente universitario en las universidades públicas tiene serias limitaciones que restringen su desempeño en las mejores condiciones de calidad académica; por ejemplo, la capacitación es mínima o inexistente, la experiencia no es adecuada para la investigación, las horas “no lectivas” - fundamentales para preparar las clases - no existen, las tutorías no existen o son mínimas, la formación académica es la mínima indispensable para la contratación.

En cuanto al material bibliográfico, las asignaturas de ciencias básicas exigen libros que pueden estar disponibles en Internet, pero a un costo no accesible para el estudiante, y aquellos que están disponibles en las bibliotecas muchas veces no son suficientes y/o no están actualizados, por lo que se debe recurrir al sistema de reservas para atender la demanda de los docentes y alumnos, entre otras limitaciones.

Si bien este estudio no pretende resolver todos los problemas antes mencionados, se propone una solución a la actualización del material académico por el docente en forma oportuna y con altos estándares de calidad. Según SUNEDU, la calidad es el nivel de cumplimiento de las normas de la universidad o instituto académico para alcanzar su misión y sus metas institucionales (SUNEDU, 2020). De esta definición, SUNEDU ha establecido ocho estándares mínimos que la universidad debe cumplir para obtener el licenciamiento. Estos estándares protegen a los estudiantes, a sus familias y a la sociedad de universidades con bajo nivel académico e infraestructura inapropiada para la enseñanza. Estas condiciones son ocho y se presentan en la figura 1.

Las condiciones de calidad 3 y 4 son del interés de este estudio: la condición 3 está relacionada con la infraestructura y el equipamiento adecuados que permitan canalizar el desafío de desarrollar una plataforma tecnológica inteligente; mientras que la condición básica 4, se refiere a las líneas de investigación que plantean el desafío de tener actualizado el material académico con estándares internacionales. En la tabla 1, se presenta un resumen del licenciamiento de las universidades peruanas.

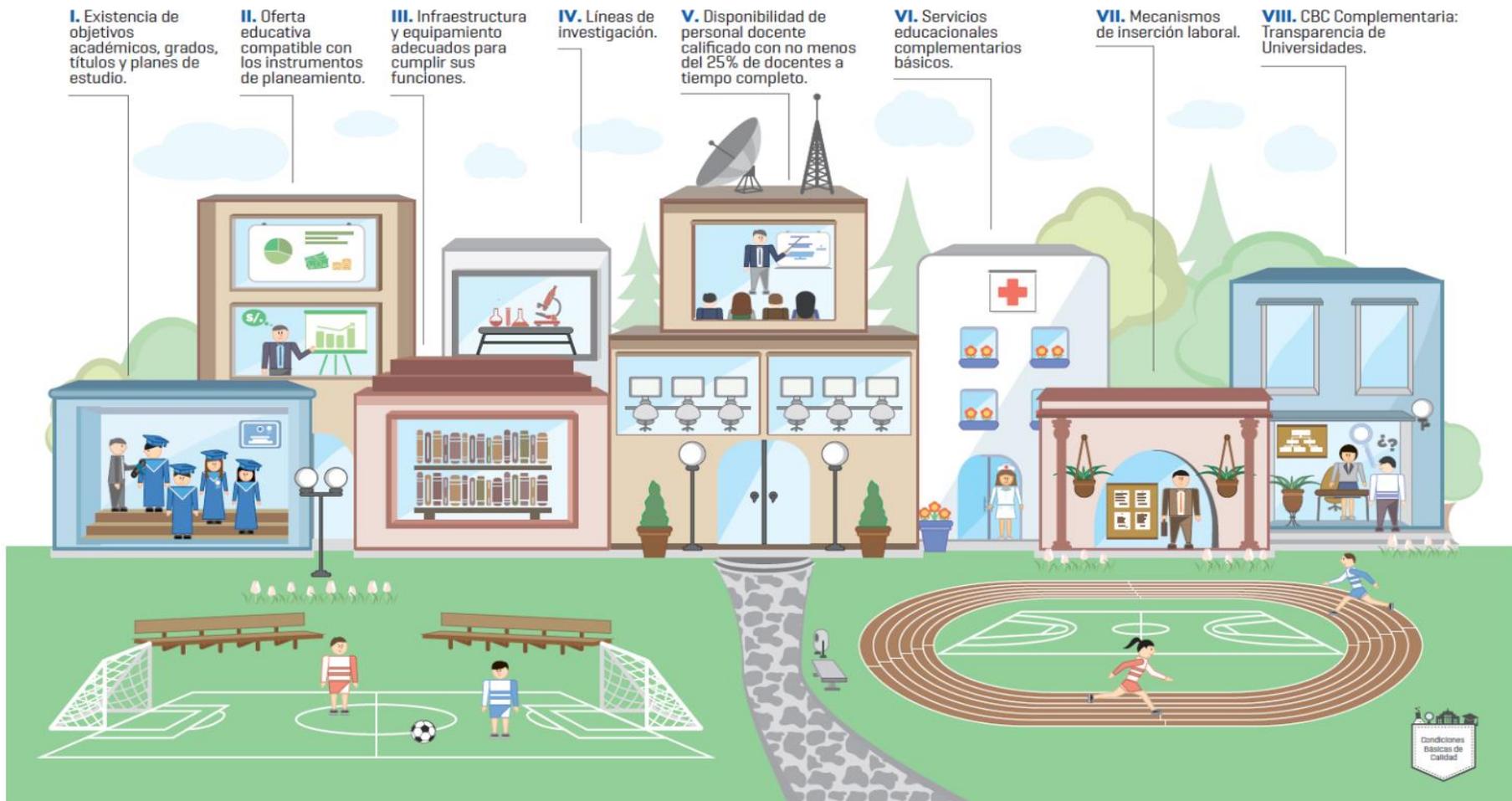


Figura 1. Condiciones básicas de calidad

Fuente: SUNEDU, 2020

Está claro que todas las universidades deben mejorar las condiciones de aprendizaje y proveerse de los recursos necesarios para desarrollar sus actividades académicas incluyendo los aspectos relacionados con el docente. En la tabla 1, se observa que hay universidades con licencia denegada, siendo algunas de ellas de carácter público, lo que ha obligado al Ministerio de Educación a lanzar un plan de emergencia que ayuden a dichas instituciones públicas a lograr las condiciones básicas de calidad (Peru21, 2019).

Al mismo tiempo, se aprecia la falta de publicaciones científicas por la mayoría de los docentes universitarios. No se trata de que todos los docentes sean investigadores, pero sí de que conozcan los requisitos necesarios para hacer investigación, y que las evaluaciones que realizan del aprendizaje de sus alumnos estén relacionadas con los fundamentos de investigación.

Tabla 1. Licenciamiento de las universidades peruanas
Fuente: SUNEDU, 2020

Institución	Número
Universidades licenciadas	86
Escuelas de posgrado licenciadas	2
Universidades con licencia denegada	41
Universidades en proceso de licenciamiento	16

145

En este escenario, surgen nuevos desafíos relacionados con el material utilizado por el docente, uno de ellos es garantizar que la información académica relacionada con el proceso de aprendizaje que se entrega a los estudiantes sea realizada a tiempo, actualizada, alineada al sílabo y que cumpla con normas internacionales de calidad, como las señaladas para la enseñanza de la asignatura de EP2018, las mismas que fueron investigadas por los reconocidos especialistas en estadística, Lee y Tran (Lee & Tran, 2015) y aprobadas por la Asociación Americana de Estadística (American Statistical Association, 2016).

Existe una variedad de plataformas comerciales de aprendizaje e-learning como los sistemas LMS, otras plataformas colaborativas como Blackboard, Clix, Jenzabar y Desire2Learn; y plataformas de código abierto como ILIAS, Moodle, OLAT y Sakai (Adelsberger, Collis, & Pawlowski, 2013) que si bien brindan un gran soporte tecnológico no han sido diseñadas para supervisar el uso de material académico en forma oportuna y con estándares de calidad. Para explorar este escenario y tener un diagnóstico de inicio que permita identificar las variables relacionadas con la actualización del material académico por parte del docente del caso de estudio, se aplicó una entrevista personal a 9 docentes y una encuesta a 186 estudiantes universitarios matriculados en el 2019-2 usando la herramienta de formularios de Google.

El primer hallazgo de interés, luego de procesar los datos de la encuesta, es que 15.4% de los estudiantes consideran que el profesor no carga sus apuntes de clase al inicio del semestre académico, luego se encontró que el 52.9% de los estudiantes está de acuerdo en que los apuntes de clase están alineados al sílabo del curso, 33.3% opinó que el profesor actualiza en forma regular su material académico y que 40.7% tienen confianza de que el material académico es similar al utilizado en universidades de prestigio nacional e internacional. Otros resultados de la encuesta a estudiantes fueron: 10.1% no conocían el aula virtual de su universidad, 88.4% utiliza menos de 4 horas semanales el aula virtual, en época de prácticas el 42.9% incrementa el uso del aula virtual, 84.7% opina que las preguntas de las prácticas y exámenes son originales, 91.6% está al menos de acuerdo en recibir alertas en su correo y/o celular cuando ocurran cambios en el material académico cargado en el aula virtual, 54.1% utiliza el correo de su universidad para enviar sus archivos, 68.3% sostiene que el aula virtual es fácil de usar, 55.8% indica que el aula virtual siempre está disponible, 88.6% menciona que el aula virtual es accesible desde cualquier lugar, solo el 35.7% señala que el acceso a Internet es rápido y de alta disponibilidad y solamente el 21.3% indica que el LMS es el más reciente.

Tabla 2. Resultados del análisis de involucrados de TRACOTI
Elaborado por: el autor

Grupos	Intereses	Problemas percibidos	Mandatos y recursos
Alumnos	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora del nivel de transferencia de conocimientos. - Disminución del gasto en asesorías. - Mayor Satisfacción por el servicio educativo recibido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Preguntas de los exámenes repetidos. - Desconocimiento de que los contenidos de los cursos son o no los apropiados. - Falta de empleos en la carrera profesional estudiada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Encuesta estudiantil - Participación en los órganos de gobierno de la universidad - Biblioteca - Oficina de defensa del estudiante - Libro de reclamaciones
Docentes	<ul style="list-style-type: none"> - Actualización permanente de su nivel de conocimientos. - Mejora de la creatividad en la formulación de preguntas y casos de estudio. - Mayor satisfacción por el servicio educativo entregado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de estandarización en la enseñanza de los contenidos. - Desconocimiento del uso del material educativo por parte de los alumnos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vicerrectorado académico - Vicerrectorado de investigación - Biblioteca - Convenios con universidades nacionales y extranjeras.
Autoridades	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor confianza y control de la calidad de la labor docente. - Disponibilidad de criterios medibles para la evaluación de los docentes. - La acreditación y licenciamiento tienen un mejor soporte para su cumplimiento. - Mejora en la competitividad de los egresados. - Mejora de la imagen institucional. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desconocimiento de los beneficios y de la inversión realizada en un LMS. - Desconocimiento de la calidad de la labor docente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reglamento General - Ley 30220 - Encuesta estudiantil - Tribunal de honor - Oficina de Recursos Humanos
SUNEDU y SINEACE	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de una herramienta informática que puede aplicarse a todas las universidades del país con las modificaciones que correspondan. - Mejora en el control de la calidad del servicio educativo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Universidades públicas y privadas que ofrecen carreras profesionales con docentes que no cumplen los requisitos mínimos y en malas condiciones de infraestructura física y tecnológica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Leyes 28740 y 28044 (SINEACE) - Ley 30220 (SUNEDU) - Recursos económicos
Empresas	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor confianza en el nivel de conocimientos de los egresados de las universidades peruanas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las universidades no preparan a los estudiantes de acuerdo a las necesidades de las empresas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Poder de contratación y fijación de sueldos - Elección de los mejores talentos
Padres de familia	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor satisfacción por el servicio educativo que reciben sus hijos. - Disminución del gasto por asesorías ajenas a la universidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - No tienen la información necesaria al momento de elegir la universidad más conveniente para sus hijos. - Insatisfacción por el esfuerzo económico realizado 	<ul style="list-style-type: none"> - Recursos económicos - Poder de elección - Libro de reclamaciones

El impacto de la presente investigación tiene diferentes actores internos y externos cuyas expectativas e intereses deben ser establecidas. Por este motivo, se presenta en la tabla 2 el análisis de involucrados correspondiente.

Algunas de los gestores de contenidos de aprendizaje (LMS) antes mencionados trabajan con agentes de software. Existen diversas definiciones de agente, una de ellas es la planteada por Panait y Luke quienes sostienen que un agente es un software con un gran nivel de autonomía y que adopta decisiones basado en información que captura de su entorno (Panait & Luke, 2005). Estos agentes incorporados a los LMS son utilizados en diferentes aspectos como la descripción del comportamiento del usuario de la educación electrónica o de la educación a distancia en un entorno universitario virtual. Otros trabajos realizados en estos temas son: Evaluación de tendencias, creación y difusión de conocimientos (Artemenko, 2014); otra plataforma es sobre el desarrollo de un aprendizaje colaborativo apoyado por computadora (CSCL) que gestiona los pérdidas en la traducción de las ideas de diseño de aprendizaje abstracto de los profesores a Moodle (Muñoz-Cristóbal, Prieto, Asensio-Pérez, Jorrín-Abellán y Dimitriadis, 2012); otra es una construcción de un prototipo de sistema de e-learning en el lugar de trabajo con un indicador clave de rendimiento (KPI) para llenar la brecha entre las metas organizacionales y las necesidades individuales de aprendizaje (Wang, Vogel y Ran, 2011); también está la mejora de la educación más allá de las aulas con Moodle y su integración con las redes sociales por (Braz, Serrao, Crespo, & Clunie, 2012); y finalmente la superación de algunas deficiencias de Moodle para su integración con los agentes de JADE que es el acrónimo de la plataforma “*Java Agent DEvelopment*” framework desarrollada en JAVA para crear agentes; entre otras investigaciones (Lin, 2010). En la sección 2.2 se presentan mayores detalles de JADE.

Se realizaron esfuerzos para hallar investigaciones que cuestionen la entrega oportuna y actualizada del material académico a los alumnos en diversos buscadores académicos como Google Scholar, ACM,

IEEE, Dialnet, entre otros; sin embargo, los hallazgos no fueron significativos, motivo por el cual, esta investigación no consideró antecedentes mientras se encontraba en desarrollo.

Para enfrentar a uno de los problemas relacionados a las barreras correspondientes a la labor que realiza el docente de transferir conocimiento en el proceso de aprendizaje, en esta tesis se propone la creación de un prototipo del modelo de “Transferencia de Conocimiento usando Tecnologías de Información” (TRACOTI) de profesores a estudiantes en universidades peruanas públicas utilizando un gestor de contenidos educativos (en inglés LMS) y un sistema multiagente (SMA). En este SMA, las relaciones de interacción entre los agentes son definidas en el momento de su creación utilizando la plataforma JADE teniendo en consideración los roles de autoridad académica, profesor y alumno (JADE, 2014). En esta primera aproximación, el objetivo es mejorar las condiciones de calidad del trabajo académico mediante un modelo que permita verificar que la información cargada en el LMS cumple con el sílabo de la asignatura y corroborar si la entrega a los estudiantes es realizada a tiempo.

El proceso de verificación es realizado mediante la comparación entre un vocabulario de conceptos comunes a las personas y/o aplicaciones que trabajan en un dominio específico denominado ontología y el material académico incluido en el LMS. Con esta propuesta se establecen las bases para la mejora de los recursos del docente, la actualización de su material bibliográfico y su capacitación correspondiente en las diferentes áreas de estudio.

Con la finalidad de ilustrar la viabilidad de TRACOTI se utiliza el caso de estudio de EP2018 que tiene cuatro horas semanales de asesoría para todos los alumnos de una sección. Esto significa que, considerando que una tutoría demora 30 minutos, ocho alumnos en promedio son atendidos durante una semana, lo que equivale al 20% del total de alumnos de una sección. El resto, es decir el 80%, no recibe la tutoría. Esto explicaría en parte, la tasa semestral de 31.25% de desaprobados (150 alumnos) de EP2018. La evaluación consiste en cuatro prácticas calificadas

en clase (40%), un examen parcial (30%) y un examen final (30%). Las tareas para el hogar no se usan como parte de la evaluación porque el plagio y los párrafos de copiar y pegar están casi fuera de control entre los estudiantes. El LMS utilizado en la UP es el Moodle versión 2.3.11, la versión actual es 3.8, y según información brindada en la propia plataforma Moodle, esta versión es la más usada, más del 60% de las instituciones de educación superior a nivel mundial la emplean en sus procesos educativos (Moodle Pty Ltd., 2020); sin embargo, el 45% de los docentes de la UP no hacen uso del aula virtual y le solicitan a sus alumnos sacar copias de apuntes y lecturas, lo que ocasiona gastos innecesarios a la comunidad estudiantil y contraviene las normas de protección del medio ambiente que promueve la UP.

Por otro lado, dado que la mayoría de los estudiantes cuentan con acceso a Internet se presenta una oportunidad para el diseño de una plataforma inteligente que ayude a resolver los problemas relacionados con el material de aprendizaje elaborado por el docente. Por ahora, en el caso de estudio, el presupuesto de la UP para la mejora y ampliación de la infraestructura de la red y los servicios de tecnologías de información para el año 2019 fue el 1.76% del presupuesto total de 129'585,603 soles, lo que significa que se debe promover una iniciativa de mejora. Adicionalmente, el ancho de banda es de 250 MB para una comunidad universitaria de aproximadamente 8000 miembros (alumnos de pregrado, alumnos de posgrado, personal docente y no docente), por lo que también debe mejorarse.

Finalmente, se sabe que los estudiantes y profesores buscan nuevas formas de colaboración, como lo señalan (Bernuy & García, 2006), en que el espacio donde se realiza el aprendizaje debe adaptarse al comportamiento de los alumnos para promover el trabajo colaborativo con el uso de las redes sociales. Esta colaboración debe realizarse con ética y libertad.

Por lo tanto, el punto de partida es conocer las demandas y necesidades de los estudiantes y profesores de la universidad pública peruana, y promover una mejora de las condiciones de calidad del

proceso de aprendizaje mediante la transferencia del conocimiento a los estudiantes.

1.2. Formulación del Problema

a) Pregunta principal

¿Cómo enfrentar el problema de la entrega del material académico en forma oportuna y de acuerdo con el correspondiente sílabo de la asignatura en las universidades públicas peruanas?

b) Preguntas específicas

b.1) ¿Cómo identificar el nivel de actualización o alineamiento del material académico a los estándares internacionales?

b.2) ¿Cómo se puede garantizar la entrega del material académico en forma oportuna?

b.3) ¿Cómo se puede validar el contenido de los sílabos?

b.4) ¿Cómo se puede demostrar que una solución es adecuada?

b.5) ¿Cuál es el costo y tiempo de implementación de la solución?

1.3. Objetivos Generales y Específicos

a) Objetivo general

Desarrollar un modelo y un prototipo tecnológico que permita identificar la entrega de material académico de forma oportuna y promover la actualización de los sílabos de las asignaturas de las universidades peruanas según estándares internacionales con la finalidad de mejorar la transferencia de conocimiento hacia el estudiante y la calidad del proceso de aprendizaje en la universidad peruana. El modelo es TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO USANDO TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN (TRACOTI).

b) Objetivos específicos

- b.1) Identificar las necesidades de los docentes y estudiantes en la entrega del material académico en forma oportuna para la mejora de la calidad del proceso de aprendizaje.
- b.2) Evaluar las diferentes metodologías de construcción de agentes para diseñar el modelo de entrega del material académico actualizado en forma oportuna.
- b.3) Mostrar una ontología para el caso de estudio utilizando la plataforma Protégé con la finalidad de establecer los estándares de temas que servirán de referencia para validar los contenidos de los sílabos (Protégé, 2018).
- b.4) Explicar un prototipo de máquina virtual que alojará el sistema TRACOTI con el gestor de contenido educativo LMS Moodle y la ontología propuesta para la mejora de la calidad del proceso de aprendizaje.
- b.5) Formular un plan de gestión y sugerir trabajos futuros.

1.4. Justificación

1.4.1 Importancia de la Investigación

Para entender la importancia de la investigación se realizó primero una investigación cuantitativa mediante una encuesta aplicada a 189 estudiantes de una UP cuyos resultados se mencionan en la sección 1.1. De estos resultados, es oportuno resaltar los que corresponden al tema bajo investigación y son los siguientes: 15.4% considera que el profesor no carga sus apuntes de clase al inicio del semestre académico, 52.9% de los estudiantes está de acuerdo en que los apuntes de clase están alineados al sílabo del curso, 33.3% considera que el profesor actualiza en forma regular su material académico y que 40.7% tienen confianza de que el material académico es similar al utilizado en universidades de prestigio nacional e internacional.

Por otro lado, se realizó una investigación cualitativa aplicando una entrevista personal a 9 docentes universitarios con más de 20 años de experiencia en la UP. El formulario de la entrevista se encuentra en https://forms.gle/wBTnxkUA3MUj_c9pw8. Las preguntas formuladas a los docentes fueron las siguientes:

- a) ¿Entrega usted a los alumnos su material académico en forma oportuna y de acuerdo a lo que señalan las investigaciones en la enseñanza de su especialidad?
- b) ¿Dispone de los materiales suficientes para realizar su trabajo académico?
- c) ¿Recibe usted capacitación en su área de especialización?
- d) ¿Tiene oportunidades para realizar pasantías en otras universidades?
- e) ¿Son suficientes las horas no lectivas para realizar sus labores académicas, administrativas y de investigación?

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Docente 1: “Sí, el material en el aula virtual se encuentra organizado por capítulos, a los cuales los alumnos pueden acceder durante todo el semestre. En oportunidades no se tiene tóner para la impresora y la Internet es sumamente lenta. Los cursos de capacitación son ofrecidos en la época de vacaciones y son muy pocos. Las pasantías de la especialidad son muy escasas y se cruzan con el trabajo. Las horas no lectivas para realizar investigación son suficientes pero el problema es la baja remuneración que pagan”

Análisis 1: Si entrega el material del curso usando el LMS Moodle.

Docente 2: “Entrego el silabo y el material de clase, al menos de las dos primeras semanas. Las condiciones de trabajo son aceptables, pero podrían ser mejores. Muchos de nosotros buscamos otros ingresos en otras universidades”

Análisis 2: Si entrega el material del curso, pero no en forma completa. La expresión "otros ingresos" se refiere a trabajos remunerativos que buscan los profesores dictando clases a nivel de pregrado y posgrado.

Docente 3: "En realidad no conozco exactamente lo que señalan las investigaciones de la especialidad en cuanto a cuándo es oportuno la entrega de material. Asumiendo como oportuno al empezar el semestre el programa general (sílabo) y al menos una semana con anticipación el material que corresponde a cada sesión de clase, mi respuesta sería depende, pues si el curso ya lo he dictado previamente, considero que, si entrego a tiempo el material, pero si el curso lo estoy dictando por primera vez o los temas son prácticamente "nuevos" con respecto a lo que se venía dictando, mi respuesta sería no entrego a tiempo. Las horas no lectivas no son suficientes por la carga administrativa y la preparación de clases. La investigación es casi nula porque requiere tiempo y dedicación, y con los sueldos que pagan no podemos hacerlo".

Análisis 3: Si entrega el material cuando es un curso dictado previamente como lo es EP2018.

Docente 4: "Desde el primer día, es más, el material de todo el curso que incluye teoría y ejemplos de casos de estudio reales de investigación están disponibles en el aula virtual y en el classroom de Google."

Análisis 4: Si entrega el material del curso usando el LMS Moodle.

Docente 5: "hace uso del aula virtual, allí está el material académico. La universidad no mejora en los sueldos que paga a los profesores. Mientras no mejore este aspecto, seguiremos con el problema de falta de investigación."

Análisis 5: Si entrega el material del curso usando el LMS Moodle.

Docente 6: “Si, el material está en el aula virtual. Nos entregan un millar de papel y dos lapiceros por semestre. ¿Es suficiente esta cantidad para el trabajo que realizamos?”

Análisis 6: Si entrega el material del curso usando el LMS Moodle.

Docente 7: “Desde el primer día, es más, el material de todo el curso que incluye teoría y ejemplos de casos de estudio reales de investigación son disponibles en el aula virtual y en classroom de Google. Las pasantías son buenas, pero necesito trabajar para mantener el nivel de gastos de mi familia. En cuanto a los materiales, es escaso y limitado”.

Análisis 7: Si entrega el material del curso usando el LMS Moodle.

Docente 8: “A los alumnos, el primer día de clases, se les indica el conjunto de actividades que van a ser desarrolladas a lo largo del semestre, se les entrega el material vía el aula virtual. Dicho material que se encuentra en el aula virtual es el siguiente: presentación del curso, programación de las actividades, fecha de las evaluaciones, material académico para cada una de las semanas de clases”.

Análisis 8: Si entrega el material del curso usando el LMS Moodle.

Docente 9: “En las asignaturas a mi cargo, el desarrollo del silabo se realiza previa entrega oportuna virtual o física del material requerido para el tema a desarrollar. Sobre Estadística Descriptiva no solo se les proporciona el material y la bibliografía anticipadamente sino también se les explica el manejo de un software y el análisis e interpretación de los reportes del mismo. Luego, se expone un caso real que permita ampliar sus conocimientos. En el tema de Probabilidades, que es parte de la asignatura EP2018, además de la entrega del material hay una exposición de conceptos y aplicaciones sencillas para fortalecer el aprendizaje. Luego, se pasa a la presentación de aplicaciones estrechamente

relacionados con los tipos de selección de muestras que son las más utilizadas de acuerdo a las especialidades que hay en la Universidad y que hacen uso de estos conceptos En Inferencia Estadística, que también se desarrolla en la asignatura EP2018, al igual que en los casos anteriores se hace entrega del material y hay una exposición de conceptos. Además, se hace una explicación de la importancia que tiene el tema de estimación y de prueba de hipótesis para la toma de decisiones mediante el uso de técnicas estadísticas. Las aplicaciones son abundantes y en lo posible se hace tomando en cuenta las especialidades de los alumnos matriculados en la asignatura. Se expone brevemente los procedimientos de verificación del cumplimiento de algunos supuestos importantes para la realización de prueba de hipótesis paramétrico. La UP no cuenta con recursos suficientes. La Internet es lenta y no permite procesar grandes volúmenes de datos. Hay problemas económicos para la compra de software comercial y para el mantenimiento de las computadoras”.

Análisis 9: Si entrega el material del curso usando el LMS Moodle.

Como puede observarse, las respuestas obtenidas señalan la presencia de diversos problemas que requieren de una pronta atención. En la tabla 3, se presentan los principales resultados relacionados al tema de investigación.

En lo concerniente a la conectividad a Internet, en la tabla 4 se presentan las mediciones realizadas con 3 PC, 3 laptops y 3 celulares el 30 de enero del 2020 de 8:50 a.m. a 9:50 a.m. Se observa que la conexión al servidor es de 112.67 milisegundos, la bajada de archivos es de 9.44 Mbps y la subida es de 29.75 Mbps. Para ilustrar la lentitud de la Internet, se considera la presente tesis que tiene un tamaño de 14.4 MB, la descarga de este archivo en la UP demoraría 97.6271 segundos según (Google Search Help - Manage calculator, unit converter & color codes, 2020).

Tabla 3. Resultados de la encuesta a estudiantes
Elaborado por: el autor

Resultado de la encuesta	Porcentaje
No conocen el aula virtual	10.1%
Profesor no carga sus apuntes de clase al inicio del semestre académico	15.4%
Alineamiento de los apuntes de clase al silabo	52.9%
Profesor actualiza en forma regular su material académico	33.3%
Confianza de que el material académico es similar a otras de universidades de prestigio	40.7%

Tabla 4. Mediciones de la velocidad de Internet con (Ookia, 2020)
Elaborado por: el autor

	Aula	Lab	Oficina	Promedio
Ping	280	15	43	112.67 ms
Descarga	15.41	7.73	5.18	9.44 Mbps
Carga	34.37	26.71	28.18	29.75 Mbps

La propuesta del modelo TRACOTI es la primera etapa en una solución a los problemas mencionados lo que justifica plenamente su realización. El modelo TRACOTI permitirá validar los contenidos de las asignaturas que ofrecen las 86 universidades peruanas licenciadas y 2 escuelas de posgrado con 2886 programas de estudios al 29/01/2020. Esto resulta en 144.300 aplicaciones potenciales del modelo TRACOTI.

Como se mencionó en el análisis de involucrados, las instituciones SUNEDU y SINEACE son potenciales beneficiarios indirectos del modelo TRACOTI porque tendrían un instrumento de medición de la calidad educativa que ofrecen las universidades públicas peruanas que deben estar licenciadas y acreditadas en los próximos años. Por otro lado, los profesores serán los beneficiarios directos porque estarán permanente actualizados con los últimos temas que se publican en las revistas (ASA, 2019), (LearnTechLib, 2018), (Onwuegbuzie, y otros, 2007),

entre otras, y que están disponibles en sus respectivas páginas Web, así como con los sílabos de los mismos cursos de universidades de prestigio internacional como el MIT (Orloff & Bloom, 2014), University of Washington (University of Washington, 2019) y Duke University (Tackett, 2019). Se evitaría la repetición de preguntas formuladas en exámenes pasados promoviendo la creatividad de los profesores para proponer problemas en diferentes escenarios y contextos de la vida real. Con TRACOTI, los alumnos estarían recibiendo los contenidos actualizados de las asignaturas al igual que las mejores universidades del mundo. Por lo expresado, se considera que investigaciones como las que contiene esta tesis, impactan positivamente en la educación universitaria pública peruana, especialmente en el pregrado, porque desde el inicio de la formación profesional de los estudiantes, estos se verán beneficiados con contenidos académicos sometidos a evaluación permanente.

La construcción de TRACOTI es un aporte práctico, útil y tangible a la sistematización del conocimiento explícito de una asignatura con la finalidad de mejorar su contenido, haciéndolo transparente y disponible a todos los interesados en conocer lo que se dicta en las universidades públicas peruanas.

1.4.2 Viabilidad de la Investigación

El desarrollo del modelo TRACOTI se realizará en la UP con el apoyo del personal técnico de su unidad de informática. El equipo utilizado para realizar la investigación fue una laptop de la marca Lenovo. Las aplicaciones a utilizarse para el desarrollo del modelo TRACOTI como: Moodle, Protégé y Agentes de JADE son gratuitas y se encuentran disponibles en Internet. Los materiales de oficina a utilizarse son papel bond A4 y tinta para una impresora láser HP Deskjet serie 1510. Los recursos financieros necesarios para la realización de esta tesis son proporcionados por el autor y son limitados pero suficientes para solventar el desarrollo de la misma. Los conocimientos adquiridos durante los estudios de doctorado son oportunos y corresponden al tema a desarrollarse en esta investigación.

1.5. Limitaciones del Estudio

- a) Costo de implementación: se requiere de una inversión aproximada de S/.1'000,000 (un millón de soles) para implementar un laboratorio especializado considerando que se tiene disponible el espacio físico; en caso contrario, se necesitarían S/.1'900,000 (un millón novecientos mil soles) para incluir las obras de infraestructura física.
- b) Recursos humanos: la disponibilidad de especialistas en programación JAVA es una fuerte restricción que limitó el desarrollo de la investigación. Se contactó a profesores, alumnos y empresas establecidas en el país, pero demostraron poco o ningún interés en participar en la investigación. No obstante, se presenta una carta del Decano de la FEP de la UP donde expresa su compromiso para contratar a los especialistas y realizar las gestiones que sean necesarios para el desarrollo de TRACOTI (ver anexo 6).
- c) Resistencia al cambio pero que se mitigaría con actividades de difusión, socialización y capacitación.
- d) El cambio de la versión de Moodle que utiliza la UP también es una limitación para lo cual se deberá gestionar el licenciamiento correspondiente con los proveedores del LMS.
- e) Infraestructura tecnológica: falta de un laboratorio especializado para realizar las pruebas del prototipo con todos los softwares correspondientes. Para atender esta limitación, se plantea solicitar a las autoridades de la UP, con el apoyo del Decano de la FEP, la asignación de un área de los servidores actualmente utilizados para realizar las pruebas respectivas, al menos hasta la construcción e implementación del laboratorio correspondiente.
- f) Tecnológicas: cambio constante de versiones de softwares y aparición de nuevas tecnologías de información. La curva de aprendizaje de estas nuevas tecnologías requiere de tiempo y dedicación. Esta limitación puede ser atendible mediante la inclusión de una cláusula en los contratos de compra de licencias de software, que establezca la responsabilidad del proveedor en la capacitación del personal a cargo de TRACOTI.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

En esta sección se presentan las revisiones realizadas a diferentes trabajos de investigación relacionados a los modelos de TC. Estos trabajos fueron clasificados en: (a) modelos de TC en general y (b) modelos de TC en universidades.

2.1.1 Modelos de TC en general

Los modelos de TC en general pueden dividirse en dos grupos: los antiguos que existían antes de la economía basada en el conocimiento y los nuevos que aparecieron después de la misma. En el modelo antiguo, la universidad no participaba en los contratos con las empresas. Existía colaboración entre los investigadores académicos y los científicos de las empresas, y las universidades recibían fondos de las empresas para que investiguen temas de su interés (Geuna & Muscio, 2008). Los modelos nuevos de TC surgen como respuesta a la suposición de que los antiguos no proporcionaban los conocimientos suficientes a la emergente economía basada en el conocimiento (Etzkowitz, 1983).

Rodríguez concluyó que los modelos de gestión del conocimiento se clasifican en: a) almacenamiento, acceso y transferencia de conocimiento, b) sociocultural, y c) tecnológicos. Este último

tiene modelos relacionados a data warehousing, intranets, web, y tecnologías como motores de búsqueda y multimedia (Rodríguez Gómez, 2006).

Según Arias, las formas de transferencia de conocimiento pueden ser: no comercial (publicaciones, seminarios, ponencias, diplomados), comercial (consultorías, investigaciones conjuntas, licencias y patentes) y de creación de nuevas empresas (explotación del conocimiento o tecnología desarrollada en las universidades) (Arias Pérez & Aristizábal Botero, 2011).

Hay diversos modelos de TC que dependen de la perspectiva de interés para el investigador. Desde la perspectiva de la cadena de conocimiento los factores que influyen en la tasa de difusión del conocimiento son: la naturaleza y contenido del conocimiento, la habilidad del emisor para transmitir el conocimiento, el aprendizaje y la capacidad de asimilación del receptor, las diferencias y complementos de la estructura del conocimiento, y factores sociales y ambientales (Lichang, 2001). Desde la perspectiva de costos, los factores que afectan la TC son: la experiencia, la habilidad del emisor y del receptor, la acumulación de conocimiento, y el entorno social (Xia, Ying, & Ping, 2009). Desde la perspectiva del proceso general de la TC los obstáculos para la TC son: el conocimiento mismo, intención y habilidad de los propietarios del conocimiento, motivación de los receptores del conocimiento y capacidad de asimilación, así como las diferencias culturales entre el emisor y el receptor (Lilin, 2004).

Un modelo basado en la “colaboración” denominado “Dirección Colaborativa del Capital Intelectual – DirCCI” fue desarrollado por (Bernuy & Joyanes, 2008). Estos investigadores sostienen que sin la colaboración cualquier proceso fallará y que no es fácil diseñarla porque no es observable. Para evitar estas fallas, las organizaciones deben tener funciones, estrategias y políticas motivacionales que permitan que la colaboración sea integrada en sus procesos. En la figura 2, se presenta el modelo de (Bernuy & Joyanes, 2008).

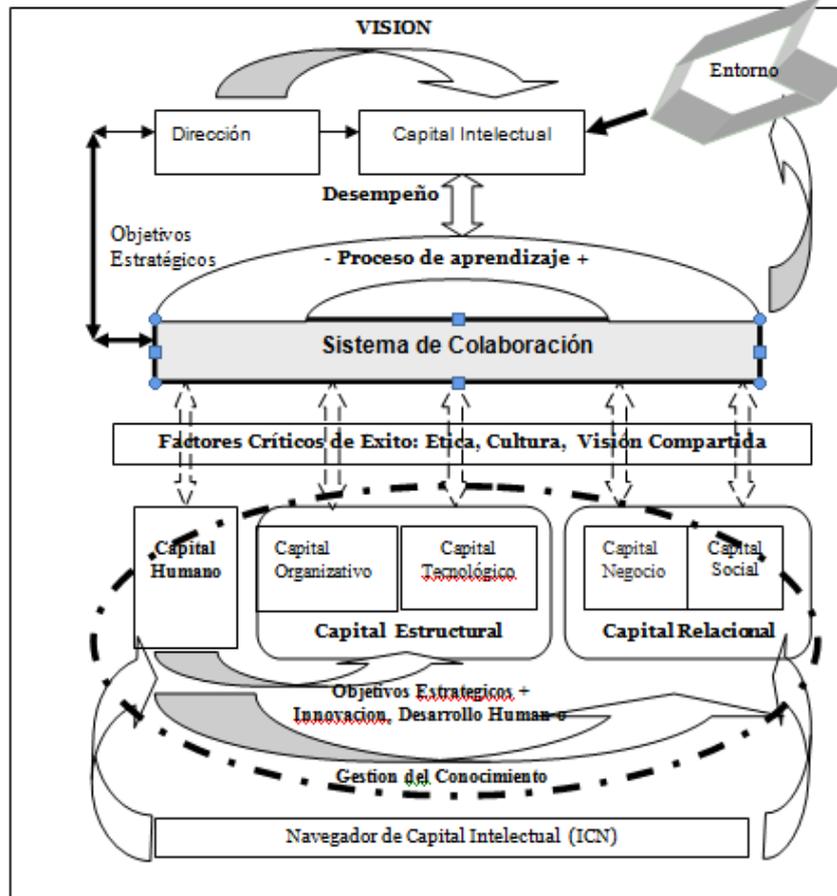


Figura 2. Modelo DirCCI
Fuente: Bernuy & Joyanes, 2008, pág. 123

Los factores que afectan la TC entre las organizaciones sin fines de lucro y las empresas fue estudiada por Hou, Lü, & Du en el 2010, estos investigadores proponen el modelo conceptual que aparece en la figura 3. Nótese en este modelo que las características del conocimiento, la misión y responsabilidad, la situación para la TC, la asimilación del conocimiento por el receptor y la capacidad del individuo para explicar, codificar y expresar el conocimiento dominante afectan la eficiencia de la TC (Hou, Lü, & Du, 2010).

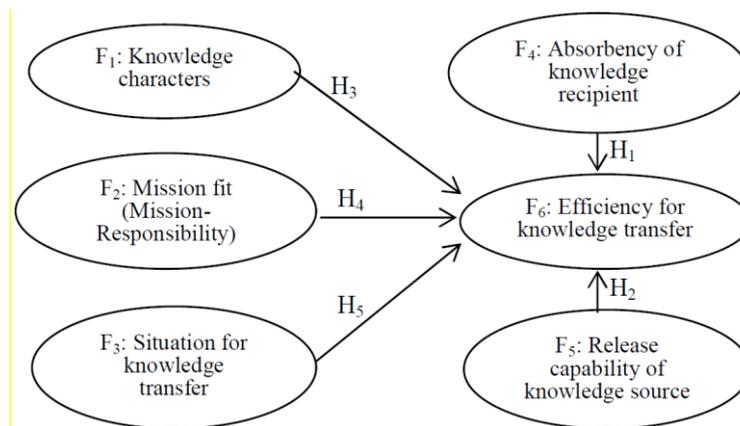


Figura 3. Modelo conceptual de TC entre las organizaciones sin fines de lucro y las empresas

Fuente: Hou, Lü, & Du, 2010, pág. 1809

En la investigación realizada el 2010 por Talanti et al., se indica que La transferencia de entrenamiento es el nivel en que los individuos aplican en forma efectiva los conocimientos y las habilidades adquiridas después de un programa de entrenamiento cuando regresan a sus centros de trabajo. Estos autores también identificaron los factores que afectan la transferencia de entrenamiento percibida después de impartir un curso de e-learning. Los resultados del experimento determinaron que la motivación, la validez del contenido y el apoyo del supervisor eran estadísticamente significativos respecto a la transferencia del entrenamiento (Talanti, Poulymenakou, & Paraskeva, 2010). El modelo propuesto por los citados autores se presenta en la figura 4.

En otra investigación realizada por Li, Li y Li, se sostiene que la habilidad para transferir conocimiento en una organización es la base para lograr la ventaja competitiva y una forma para alcanzarlo es la creación de una Comunidad de Práctica (Li, Li, & Li, 2008). Un modelo conceptual de los factores que influyen en la TC de una comunidad de práctica fue propuesta por los autores antes citados y se presenta en la figura 5

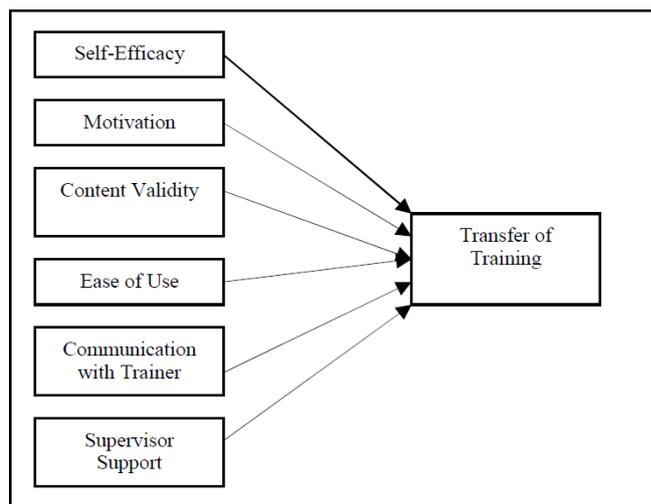


Figura 4. Modelo de transferencia de entrenamiento
Fuente: Talanti, Poulymenakou, & Paraskeva, 2010, pág. 216

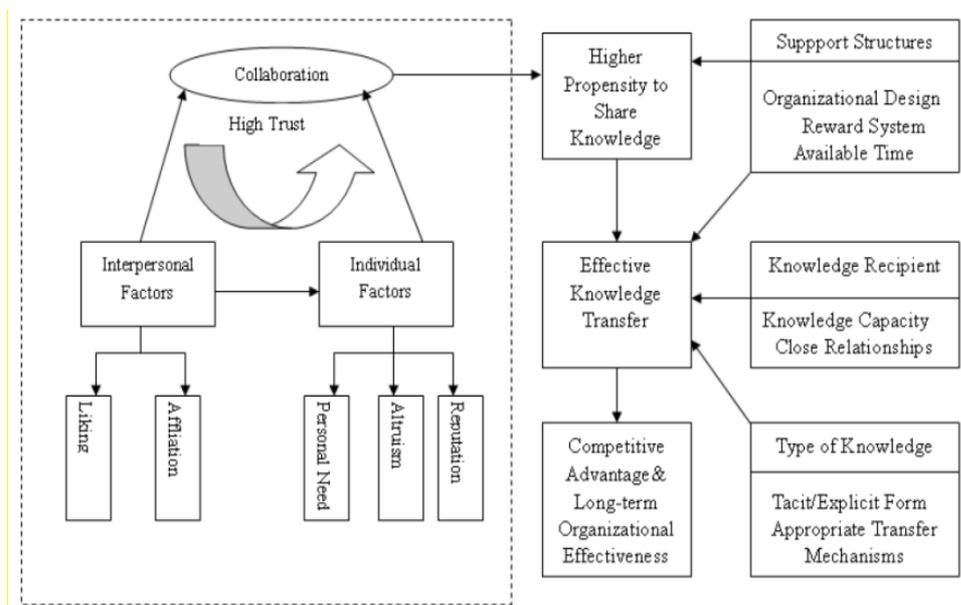


Figura 5. Un marco de trabajo conceptual de los factores que influyen la TC en una comunidad de práctica.
Fuente: Li, Li, & Li, 2008, pág 558

Los investigadores Jichang, Dapeng y Guoqing, desarrollaron el 2007 un modelo de transferencia de conocimiento para implementar y operar un sistema de planeamiento de recursos empresariales (ERP) con la finalidad de alcanzar mejores ventajas competitivas de las empresas. En este modelo participan tres agentes de

conocimiento: agente de selección, agente de implementación y agente de uso (Jichang, Dapeng, & Guoqing, 2007, pág. 6)

2.1.2 Modelos de TC en las universidades

Las universidades han estado comprometidas con la TC desde los últimos treinta años considerándola un tema estratégico para la recolección de fondos que impulsen la investigación científica (Geuna & Muscio, 2008).

A continuación se presentan algunos de los modelos más importantes de TC desarrollados en las universidades.

El modelo conceptual de factores que aparece en la figura 6 es el propuesto por Xia, Ying y Ping para explicar la TC entre profesores y alumnos en las universidades. Este modelo propone factores, tales como: “características del conocimiento del emisor, características del conocimiento, canales de transferencia del conocimiento, características del receptor del conocimiento y el entorno de la transferencia” (Xia, Ying, & Ping, 2009, pág. 3474).

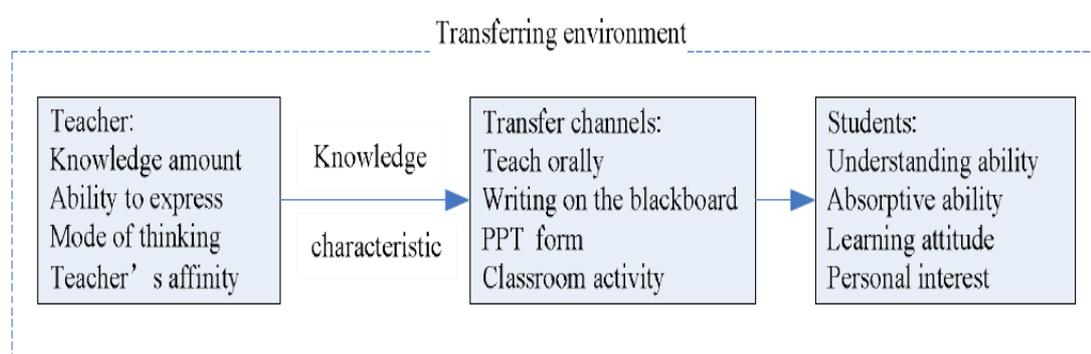


Figura 6. Modelo conceptual de factores de TC entre profesores y alumnos de universidades

Fuente: Xia, Ying, & Ping, 2009, pág. 3475

La TC también ha sido modelada para estudiar los factores que están presentes en un equipo de aprendizaje que está bajo el aprendizaje social constructivista (Mingfei & Jie, 2010). El modelo propuesto se presenta en la figura 7, nótese en el modelo la presencia de

factores de: los receptores y el contexto de aprendizaje que se unen para determinar los factores del equipo de aprendizaje y este a su vez los factores de la TC.

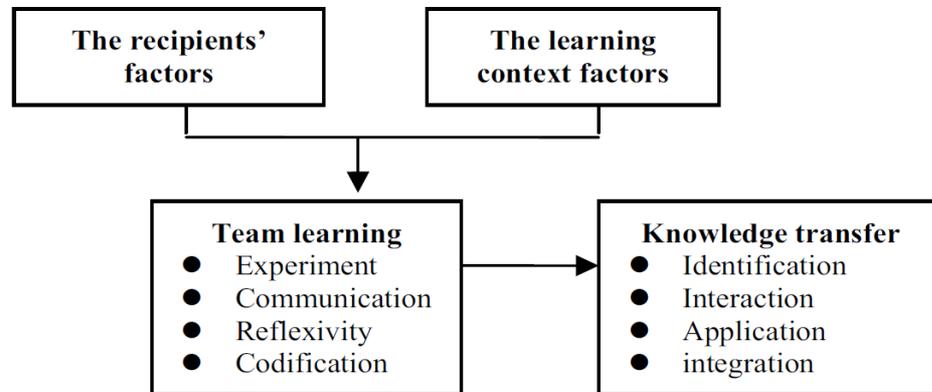


Figura 7. El modelo del mecanismo del equipo de aprendizaje para la TC
Fuente: Mingfei & Jie, 2010, pág. 200

El modelo de la triple hélice fue desarrollado el 2012, establece las relaciones entre la universidad-industria-gobierno para una economía basada en el conocimiento (Leydesdorff, 2012). Asimismo, el modelo antes mencionado debería considerar una orientación para las políticas de innovación (González de la Fe, 2009, pág. 740). En esta investigación, se analizó el modelo de la triple hélice por la coordinación institucional de las universidades, la industria y el gobierno; y debido a que considera el dinamismo, la integración y la diferenciación entre las instituciones. La tesis del modelo de la triple hélice señala que “la interacción entre Universidad-Estado-Empresa es la clave para mejorar las condiciones para la innovación en una sociedad del conocimiento” (Giraldo, 2012, pág. 12). La interacción dinámica de la universidad, la industria y el gobierno pueden originar “desestabilizaciones, hiper-estabilizaciones o meta-estabilizaciones o eventualmente globalizar un sistema relativamente estable” (Leydesdorff, 2012, pág. 3). En la figura 8 se representa el modelo de la triple hélice con superposición positiva de la universidad, industria y gobierno.

Según Arias Pérez y Aristizábal Botero se disponen de tres modelos de TC desde las universidades: “el modelo lineal, el dinámico, y el modelo triple hélice” (Arias Pérez & Aristizábal Botero, 2011,

pág. 148). Estos autores señalan que la universidad debe acercarse a la sociedad y contribuir a su desarrollo con el conocimiento que genera. Otro comentario importante que plantean es que el modelo de triple hélice debería incluir a la sociedad como destinatario del conocimiento (Arias Pérez & Aristizábal Botero, 2011).

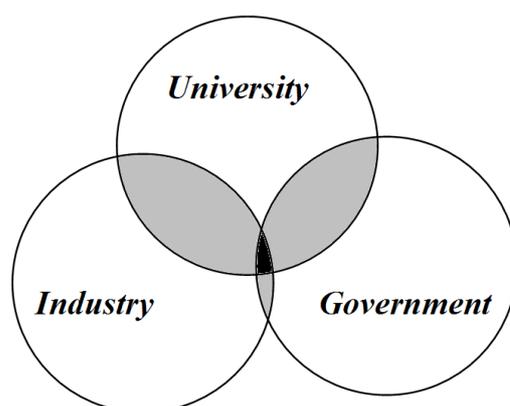


Figura 8. El modelo de la triple hélice con superposición positiva de los tres subsistemas

Fuente: Leydesdorff, 2012, pág 3

Un modelo no lineal de interés es el desarrollado por Siegel et al. el 2004 quienes consideran diversas relaciones como la generación de conocimiento, las patentes, el reconocimiento económico a los investigadores, la comercialización, la TC formal e informal entre otros factores. Este modelo se sustenta en diez proposiciones que involucran a la Oficina de Transferencia de Tecnología de la universidad, aspectos culturales y limitaciones en la difusión de la información (Siegel, Waldman, Arwater, & Link, 2004). Este modelo no lineal se presenta en la figura 9.

En China, Abbas et al. plantearon un modelo de transferencia de conocimiento de la universidad a la industria señalando el importante rol que asumen las universidades y sus grupos de investigación en la generación y comercialización de conocimiento en colaboración con sus unidades de educación básica (Abbas, Avdic, Chang Barker, & Xiaobao, 2018). El modelo antes mencionado se presenta en la figura 10.

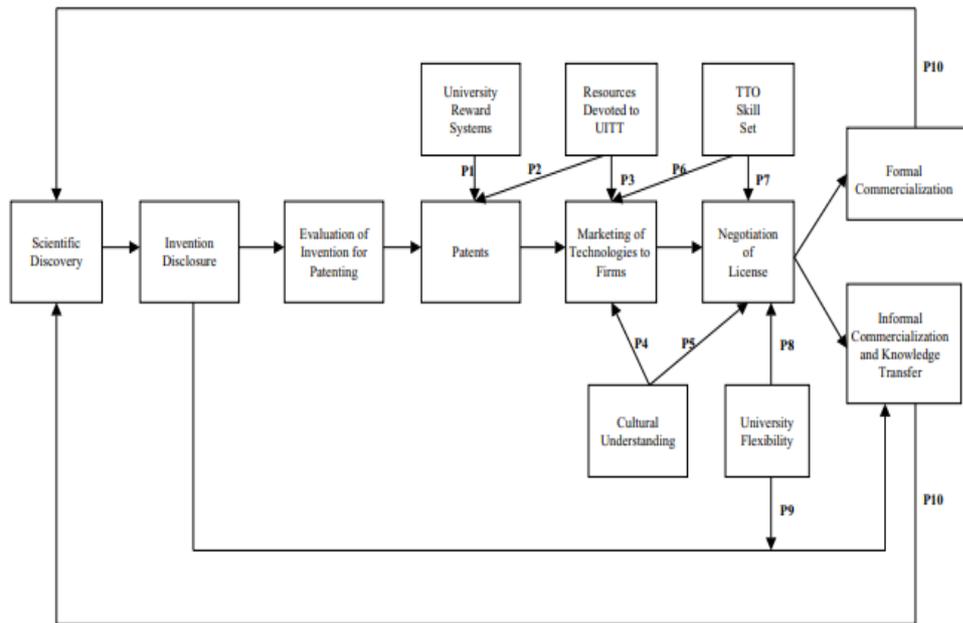


Figura 9. . Proceso de transferencia de conocimiento
 Fuente: Siegel, Waldman, Arwater, & Link, 2004, pág. 138

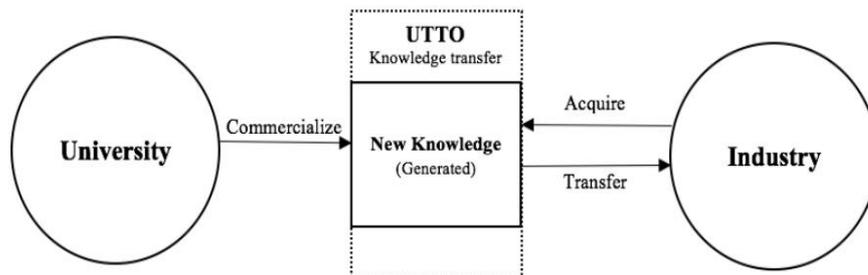


Figura 10. Modelo teórico de transferencia de conocimiento de la universidad a la industria
 Fuente: Abbas, Avdic, Chang Barker, & Xiaobao, 2018, pág. 7

2.2. Bases Teóricas

Un concepto importante en el desarrollo del prototipo TRACOTI es el que corresponde a “ontología” que se define como una especificación explícita de una visión abstracta y simplificada del mundo que se desea representar por algún propósito (Gruber, 1993). Esta visión también es conocida como conceptualización. Asimismo, las ontologías son vocabularios de conceptos comunes para los individuos relacionados a un

dominio específico y que desempeñan un rol fundamental en la negociación e intercambio de conocimiento mediante el uso de un sistema multiagente (Arias, Moreno, & Ovalle, 2007). Este concepto de ontología se construye con el software Protégé en una forma muy parecida al sílabo de una asignatura (Protégé, 2018).

Otro concepto importante es el de agente, que como se indicó anteriormente, un agente es un software autónomo que adopta decisiones basadas en información de su propio entorno (Panait & Luke, 2005). En este sentido, se han establecido cuatro propiedades del agente: la autonomía, la reactividad, la proactividad y el ámbito social (Wooldridge & Ciancarini, 2000, pág. 2).

Los procesos para construir un software complejo son: “análisis, diseño, desarrollo e implementación” (Ricordel & Demazeau, 2000, pág. 94); mientras que “las características comunes que son relevantes a cada una de los cuatro procesos mencionados son: (a) cantidad y calidad de la documentación, (b) aplicabilidad y restricciones, (c) competencias requeridas al desarrollador y la cantidad de trabajo requerido para realizar una tarea y (d) reusabilidad de los trabajos previos” (Ricordel & Demazeau, 2000, pág. 96). Se debe precisar que los autores antes señalados evaluaron cuatro plataformas de construcción de agentes inteligentes de software: AgentBuilder, Jack, MadKit y Zeus, y concluyeron que no hay una metodología de sistema multiagente absoluta y que las comparaciones tienen sesgo, por lo que terminan su investigación proponiendo una plataforma MASK formada por: “agentes, entorno, interacción y organización” (Ricordel & Demazeau, 2000, pág. 104)

La investigación realizada por Gómez Sanz en el 2003 señala que “si los sistemas distribuidos fuesen inteligentes..., el diseño y el mantenimiento de dichos sistemas sería más fácil de elaborar, más adaptable y más fiable” (Gómez Sanz, 2003, pág. 52) . Esta oportunidad de mejora es resuelta con el uso de agentes quienes son definidos como programas autónomos e inteligentes. Las plataformas de desarrollo de agentes son: JADE, Grasshopper, ABLE, ZEUS y AgenTool. Las

metodologías para el desarrollo de agentes que parten de un modelo y proporcionan pautas en su construcción son: BD, Vowel Engineering, MAS-CommonKADS, GAIA, MESSAGE e INGENIAS (Gómez Sanz, 2003, págs. 52-53). Estas metodologías dependen de la línea de investigación del usuario final.

En la investigación de Abar et al. se presenta una descripción de 85 herramientas informáticas para la construcción de sistemas basados en agentes (Abar, Theodoropoulos, Lemarinier, & O'Hare, 2017). En este artículo, los autores indican que “un agente tiene un nivel superior de abstracción que define un software complejo de una manera eficiente y conveniente” (Abar, Theodoropoulos, Lemarinier, & O'Hare, 2017, pág. 14). Las 85 herramientas son clasificadas por el código fuente, tipo de agente basado en su comportamiento interactivo, interfaz de la programación, compilador, sistema operativo, plataforma de implementación entre otros criterios complementarios. Una crítica que señalan los autores es que hay un número de herramientas que no son escalables a modelos grandes y más complejos. Algunas de las herramientas que se analizan en el artículo son: Ascape, Breve, FlexSim, GAMA, GridABM, GROWLab, JAMEL, JAS, LSD, MASS, MASON, MASyV, NetLogo, PedSim, PS-I, RepastJ o Repast-3, Repast Symphony, Swarm, UrbanSim.

Un sistema multiagente tiene más de un agente, estos agentes están interrelacionados con algunas restricciones como el desconocimiento de las actividades que ejecutan entre ellos en un momento determinado. Un sistema multiagente puede ser una combinación de personas y agentes. Esta tecnología de agentes es muy aplicada en juegos de computadoras, sistemas de defensa, logística y gráficos con computadora (Wooldridge & Ciancarini, 2000, pág. 3), (Othmane & Ahmed Hebri, 2012, pág. 112).

En el artículo de investigación de Sturm y Shehory del 2014, se señala que el desarrollo de los sistemas basados en agentes tienen soporte en metodologías como la ingeniería de software y la inteligencia artificial (Sturm & Shehory, 2014). Estos investigadores sostienen

que “hay una falta de evaluación de las metodologías basadas en agentes lo que ha traído como consecuencia su poco uso en el desarrollo de sistemas basados en agentes” (Sturm & Shehory, 2014, pág. 137).

En el área de las ciencias sociales, la investigación de los modelos basados en agentes permiten estudiar estructuras sociales complejas y simular sus cambios dinámicos conforme transcurre el tiempo (Rodríguez Zoya & Roggero, 2015). Estos investigadores buscan difundir la tecnología de agentes entre los investigadores sociales usando el enfoque epistemológico y concluyen señalando que se debe construir un nuevo diálogo donde el enfoque interdisciplinario se convierta en una realidad.

En una investigación relacionada al cultivo de los árboles de cacao que son afectadas por el insecto Mirid (*Sahlbergella singularis*) se propone un modelo basado en agentes (Ngounou Ntoukam, y otros, 2019). En este modelo, los agentes representan el ciclo de vida de los mirids en las regiones de cultivo del cacao y su construcción fue realizada con la metodología GAIA propuesta por Wooldridge et al. en el 2000.

Algunas de las más recientes y diversas aplicaciones de los sistemas multiagentes se presentan a continuación. En el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV) que tienen como base tecnológica el uso de agentes para monitorear las zonas afectadas por desastres como inundaciones, terremotos e incendios proporcionando apoyo a las personas para una mejor toma de decisiones (Vallejo, Castro-Schez, Glez-Morcilla, & Albusac, 2020). Otra aplicación es el desarrollo de un sistema controlador para un sistema multiagente (MAS) que envía información intermitente de su estado para que otros agentes lo sigan (Xu, Zegers, Wu, Dixon, & Topcu, 2019). Estos investigadores resolvieron dos problemas con su trabajo: la energía de la batería y su funcionamiento en ciertas regiones de interés.

En lo que concierne al proceso de aprendizaje, AWESOME es un algoritmo de aprendizaje multiagente desarrollado por Petersen y Köthe el 2019 que cumple el equilibrio de Nash (los jugadores

adoptan una estrategia para maximizar sus ganancias dadas las estrategias de los demás) y aprende a identificar la mejor respuesta contra sus oponentes estacionarios, para lograr este objetivo AWESOME utiliza menos suposiciones que otros agentes de aprendizaje (Petersen & Köthe, 2019).

En economía, el estudio de los fenómenos económicos y su análisis requiere de métodos estadísticos y matemáticos cada vez más complejos; por este motivo, se requiere de un modelo conceptual de sistema multiagente que brinde soporte a estas tareas econométricas con tres agentes y cuatro componentes adicionales (Tyrychtr, y otros, 2019).

Una interesante aplicación de los sistemas multiagentes en el sector energía fue la distribución óptima de las utilidades que se generan por la venta de la energía distribuida y que es producida por diferentes proveedores (Kong, Liu, Xiao, & Wang, 2019).

En finanzas cuantitativa, se aplicó MAS para realizar inferencias en sistemas complejos utilizando herramientas estadísticas con agentes que simulan diversos fenómenos de mercados y negocian autónomamente utilizando un método de aprendizaje reforzado. Esta aplicación fue en el London Stock Exchange desde el año 2007 al 2018 (Lussange, Bourgeois-Gironde, Palminteri, & Gutkin, 2019).

Otra aplicación realizada en el área de la Internet de las cosas (IoT), que se define como un sistema complejo de gran escala en que los objetos inteligentes son fundamentales para construir los bloques, fue realizada por (Fortino, Guerrieri, Russo, & Savaglio, 2015). Estos investigadores presentan una aproximación de ingeniería de software para brindar soporte sistemático a los sistemas basados en objetos inteligentes y su implementación basada en agentes.

En el área de la cibernética, los investigadores Ciciirelli et al. indican que “un sistema físico cibernético (CPS) es ubicuo y su complejidad es originada por un conjunto de factores” (Ciciirelli, Nigro, & Sciammarella, 2018, pág. 93). También señalan que el CPS se caracteriza

porque sus componentes físicos y cibernéticos afectan los cálculos y viceversa. Este problema lo resuelven formulando una metodología de control basada en agentes que se ajusta a complejos CPS (Cicarelli, Nigro, & Sciammarella, 2018).

A principios de la presente década también se realizaron otras investigaciones que por su relevancia son importantes de mencionar. Liemhetcharat y Veloso en el año 2012 aplicaron la técnica de multiagentes con el objetivo de “encontrar el mejor subconjunto de agentes para completar una tarea, donde cada agente tiene sus propios conjuntos de capacidades” (Liemhetcharat & Veloso, 2012, pág. 365). El algoritmo de aprendizaje ASyMTRe desarrollado por estos investigadores aplica un gráfico de sinergia construido en base al rendimiento de los subgrupos de agentes. Este algoritmo ASyMTRe requiere del conocimiento previo para su aplicación y de las probabilidades de éxito para realizar la tarea. Según los autores, su algoritmo es superior a otros desarrollados previamente.

Maghami y Sukthankar el 2012 plantearon el siguiente problema: ¿cómo influenciar a las personas de una población? Para hacerlo es necesario la identificación de las personas susceptibles de ser influenciadas. En este trabajo se consideraron los efectos de los factores sociales utilizando un grupo de agentes. Los autores encontraron que “el deseo de un agente hacia un producto depende de su previo deseo, de una fracción del deseo de otro agente hacia el producto, y del deseo de ambos agentes hacia otros productos disponibles en el mercado” (Maghami & Sukthankar, 2012, pág. 690).

En el trabajo de Talia del 2011 se menciona que los sistemas multiagentes y la tecnología de cloud computing (CC) se necesitan mutuamente. Con la utilización de los agentes, la tecnología de CC mejora la gestión de sus recursos y de sus servicios. Los agentes pueden filtrar, investigar, formular queries y actualizar los grandes volúmenes de datos con modelos y algoritmos basados en agentes (Talia, 2011).

Las soluciones basadas en agentes han

demostrado ser efectivas en diversas actividades que realizan las personas y las organizaciones (Gutierrez-García & Mong Sim, 2012). Estos autores desarrollaron una investigación basada en agentes distribuidos para resolver el problema de brindar soporte a la composición de servicios de CC. Los participantes del cloud computing son representados por agentes y los recursos de cloud son controlados por los agentes. “La arquitectura basada en agentes se compone de seis elementos: ontología de servicios, servicios web, agentes de recursos, agentes proveedores de servicios (SPA), agentes intermediarios (BA) y agentes de consumo (CA)” (Gutierrez-García & Mong Sim, 2012, pág. 438). En esta línea de investigación, Dargahi el 2014 presentó diversos modelos para la solución de los problemas de programación de servicios distribuidos utilizando sistemas multiagentes. Su propuesta se diferencia de las tradicionales formas de programación porque los agentes plantean sus propios objetivos de programación alineados a las necesidades de los usuarios (Dargahi, 2014).

La identificación de patrones en los grandes volúmenes de información que tienen las diferentes áreas de negocios de las organizaciones ha motivado que los investigadores busquen soluciones innovadoras como la planteada por (Othmane & Ahmed Hebri, 2012). Esta consiste de una “arquitectura de cloud computing y sistemas multiagentes en data mining distribuido para lograr eficiencia, extensibilidad, universalidad y facilidad de uso” (Othmane & Ahmed Hebri, 2012, pág. 111).

La integración de agentes de JADE con Moodle fue realizada por Scutelnicu et al. el 2007 para aprovechar las ventajas del aprendizaje a distancia utilizando la Web. Ellos plantean un prototipo de agentes de JADE para sustentar su propuesta y sostienen que esta herramienta permite “medir y monitorear las actividades del aprendizaje colaborativo, estimar la participación de los estudiantes y motivar a los estudiantes a usar el Moodle” (Scutelnicu, Lin, Kinshuk, Graf, & McGreal, 2007, pág. 5). En este contexto, Bernuy presentó un ejemplo de las actividades que realizan los agentes dentro de un sistema multiagentes. Estas actividades empiezan con la búsqueda de tareas que es seguida por la

extracción y la revisión de la respectiva información y continua con la evaluación de lo ejecutado, para finalmente, diseñar la mejor solución (Bernuy A. , 2011).

La organización suiza Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA) establecida en 1996 fue la pionera en el desarrollo de los agentes de software. Muchas de las ideas, iniciativas y eventos promovidas por FIPA sirvieron para que la tecnología de agentes tenga el nivel de desarrollo que posee en la actualidad (Badica, Budimac, Burkhard, & Ivanovic, 2011).

La construcción de los agentes es una tarea muy compleja de realizar porque requiere conocimientos de arquitectura de agentes (AgentBuilder, 2011), tecnología de comunicaciones, sistemas de razonamiento, representación del conocimiento, lenguajes de comunicación de agentes y protocolos (Badica, Budimac, Burkhard, & Ivanovic, 2011). Esta tarea de construcción de agentes puede ser resuelta con la utilización de un software especializado como Apache Tika 1.5, Mozenda, Visual Web Ripper, ADK, JADE, etc.

En esta tesis se utiliza la última versión de JADE (Java Agent Development Framework), que es JADE 4.5, versión entregada por Telecom Italia, su distribuidor exclusivo desde el 2017. Su metodología “permite a los desarrolladores construir sistemas multiagentes JADE con experiencia relativamente mínima en teoría de agentes” (Bellifemine, Caire, & Greenwood, 2007, pág. 1). Hoy JADE 4.5 consiste en una plataforma de aplicaciones basadas en agentes que cumplen las especificaciones FIPA. JADE está desarrollada en JAVA y puede distribuirse en diferentes computadoras que son controladas de forma remota; el requisito mínimo para su implementación es la versión 5 de JAVA.

En una investigación realizada por Rahamatullah y Mueller para comparar ontologías usando una encuesta en línea, encontraron que “el 55.8% de los participantes en la encuesta se sentían a gusto en utilizar Protégé para desarrollar ontologías” (Rahamatullah & Mueller, 2010, pág. 5).

En el trabajo de Arias et al. del 2007 se menciona que “Protégé tiene dos editores para modelar ontologías: Protégé-Frames con Open Knowledge Base Connectivity (OKBC) y Protégé con el lenguaje de Ontologías Web (OWL)” (Arias, Moreno, & Ovalle, 2007, pág. 18). También se indica que con Protégé y el plugin de OWL se genera de manera automática el código Java para insertarlo a JADE. En este trabajo se utiliza Protégé con el plugin de OWL para desarrollar la ontología en el modelo de TRACOTI. A continuación, se presenta un breve resumen de las características más importantes de estas aplicaciones:

- Protégé

Protégé es una plataforma gratuita de código abierto para construir modelos y aplicaciones basadas en el conocimiento usando ontologías (Protégé, 2018). Protégé tiene una interfaz gráfica para definir ontologías con JAVA y es utilizado en diversas áreas como e-commerce, biomedicina y modelamiento organizacional. Protégé fue fundada en 1987 y es desarrollado por Stanford Center for Biomedical Informatics Research of Stanford University School of Medicine.

- OWL

La OWL es un lenguaje de Ontología en la Web (Web Ontology Language, por su traducción al inglés) que ayuda a procesar la información contenida en documentos. La World Wide Web Consortium (W3C) indica que OWL es un lenguaje de “la web semántica diseñado para representar conocimientos complejos y valiosos acerca de objetos y sus relaciones” (W3C, 2012, pág. 1). Diversos esfuerzos se han realizado en el tema de la ontología en la Web, sus orígenes empiezan en 1995 con el proyecto SHOE (Simple HTML Ontology Extensions) del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Maryland (Luke, Spector, & Rager, 1996) hasta los trabajos del grupo W3C que empezaron en el 2002.

2.3. Definición de Términos Básicos

Para la mejor comprensión de esta investigación, se recomienda tener presente el alcance de los siguientes términos, puesto

que el conocimiento de los mismos es indispensable para el correcto análisis de esta tesis.

- a) Agente – “Un agente es un mecanismo computacional que tiene un alto nivel de autonomía, ejecuta acciones en su entorno basado en información (sensores, retroalimentación) que recibe de su propio entorno” (Panait & Luke, 2005, pág. 387)
- b) Modelo - Un modelo es una abstracción, que permite a las personas concentrarse en lo esencial de un problema (complejo) manteniendo fuera los detalles no esenciales. “El término modelo es usado para describir repeticiones de objetos o sistemas” (Cartier, Rudolph, & Stewart, 2001, pág. 1)
- c) Ontología – “Vocabulario de conceptos comunes a las personas y/o aplicaciones que trabajan en un dominio específico” (Arias, Moreno, & Ovalle, 2007, pág. 17)
- d) Prototipo - Modelo del comportamiento de un sistema o un aspecto específico del mismo. Un prototipo puede proporcionar información acerca de las necesidades y expectativas durante su funcionamiento posterior. “Un prototipo reduce el riesgo de cometer errores y aumentar las posibilidades de resolver el problema original” (HN Computing, 2007, pág. 4).
- e) Conocimiento - “El conocimiento es un estado altamente valorado en el cual una persona está en contacto cognitivo con la realidad” (Zagzebski, 2017, pág. 92). El conocimiento tiene dos características: veracidad y credibilidad (Pritchard, 2014). El conocimiento de una asignatura está formado por:
 - Conocimiento tácito que incluye la experiencia de los profesores, la forma de enseñanza de la asignatura, la atención personalizada a los alumnos, la forma y el nivel de coordinación entre los profesores, el nivel de comunicación con los alumnos entre otros.
 - Conocimiento explícito que incluye los apuntes de clase, los exámenes, los trabajos de los alumnos, los vídeos, la participación de los alumnos en asignaturas MOOC, exposiciones en congresos, libros textos y libros de consulta.
- f) Sistema multiagente - “Un sistema multiagente tiene más de un agente, los agentes interactúan entre sí, pueden existir restricciones relacionadas a que los agentes no pueden conocer lo que hacen los otros agentes en un momento determinado” (Panait & Luke, 2005, pág. 388). Un sistema multiagente puede ser una combinación de personas y agentes.
- g) Internet de las cosas (IoT) - Tipo de red que conecta a “miles de millones de objetos que pueden sentir, comunicar y compartir información utilizando redes de protocolos públicos o privados. Estos objetos interconectados recolectan datos que son analizados con fines de

planeamiento, administración y toma de decisiones” (Patel & Patel, 2016, pág. 6122). Estos objetos pueden ser desde computadoras hasta edificios. La idea es desarrollar organizaciones inteligentes que se posicionen, hagan seguimiento y controlen en tiempo real a sus productos y servicios (Vermesan, y otros, 2011).

CAPÍTULO III

MODELO CONCEPTUAL Y ARQUITECTURA PROPUESTA PARA EL PROTOTIPO DE TRACOTI

3.1. Prototipo y Tipos

Un prototipo es la construcción de un modelo de un sistema o un aspecto específico del mismo; se genera de la documentación existente y de los requerimientos de los usuarios. Un prototipo es útil por las siguientes razones: ayuda a explorar y comprender ideas y conceptos mejor que antes; incorpora las necesidades y los comportamientos de los usuarios al prototipo, mejorando su funcionamiento; reduce el error y aumenta la posibilidad de resolver el problema original (Lumitex, 2017).

“Un prototipo es un proceso iterativo que es útil para comunicar, discutir y definir ideas entre los responsables” (HN Computing, 2007, pág. 1). Otras ventajas del prototipo es que permite realizar cambios en el flujo del trabajo, probar nuevas tecnologías y plantear nuevas interfaces (Jain, 2018).

El desarrollo de un prototipo tiene tres posibles aproximaciones: rápido, incremental y evolutivo. El desarrollo de un prototipo rápido es un bosquejo del sistema y es eliminado luego de extraerse los puntos más relevantes. El prototipo incremental construye bloques que son incluidos en el sistema para observar sus funcionalidades. El prototipo evolutivo es una serie de prototipos que terminan en una solución al problema planteado. (HN Computing, 2007, pág. 2).

Existen cuatro formas de realizar el prototipo: “factibilidad técnica, navegación, estructural y uso de interfaces” (HN Computing, 2007, pág. 2). El prototipo de factibilidad técnica identifica restricciones técnicas. El prototipo de navegación determinar si los links funcionan según el diseño. “El prototipo estructural se sustenta en determinar si el software resuelve el problema planteado. Y, el prototipo de uso de interfaces utiliza screens de imágenes, colores, fonts e iconos con bastante detalle de la solución final” (HN Computing, 2007, pág. 3).

Considerando las alternativas anteriores y los objetivos planteados, se decidió utilizar en la presente tesis la aproximación evolutiva y estructural.

3.2. Modelo Conceptual de Transferencia de Conocimiento

El modelo conceptual de TC es una propuesta de diseño tecnológico, que empieza con un modelo conceptual y que se valida con la construcción y prueba de un prototipo con las siguientes características:

- a) No lineal, porque existen diversos factores que intervienen durante el proceso de transferencia de conocimiento: Esta intervención tiene diversos niveles de influencia, algunos tienen un alto nivel de influencia como el material didáctico que los profesores entregan a los alumnos, así como el uso de herramientas tecnológicas como las plataformas Google Drive, Boxplot, Blackboard o Moodle. Otros factores de bajo nivel de influencia son el uso de la pizarra, el uso de software de presentaciones como Power Point o Prezi entre otros.
- b) No comercial, según la clasificación de Arias Pérez y Aristizábal Botero, porque el interés se enfoca en la entrega de conocimiento de los profesores a alumnos en cumplimiento de su rol docente.
- c) Tecnológico, según la clasificación de Rodríguez Gómez porque utiliza sistemas como data warehousing, intranets, WWW y los sistemas multiagentes.

- d) No es colaborativo, como el propuesto por Bernuy y García, ni busca determinar los factores que señala Xia et al.
- e) La transferencia del conocimiento es dentro de la universidad y esta dirigido a la mayoría de la comunidad universitaria que según la SUNEDU serían los 1'492,470 alumnos matriculados en el año 2016.

La gráfica del modelo conceptual de transferencia de conocimiento que se propone se presenta en la figura 11.

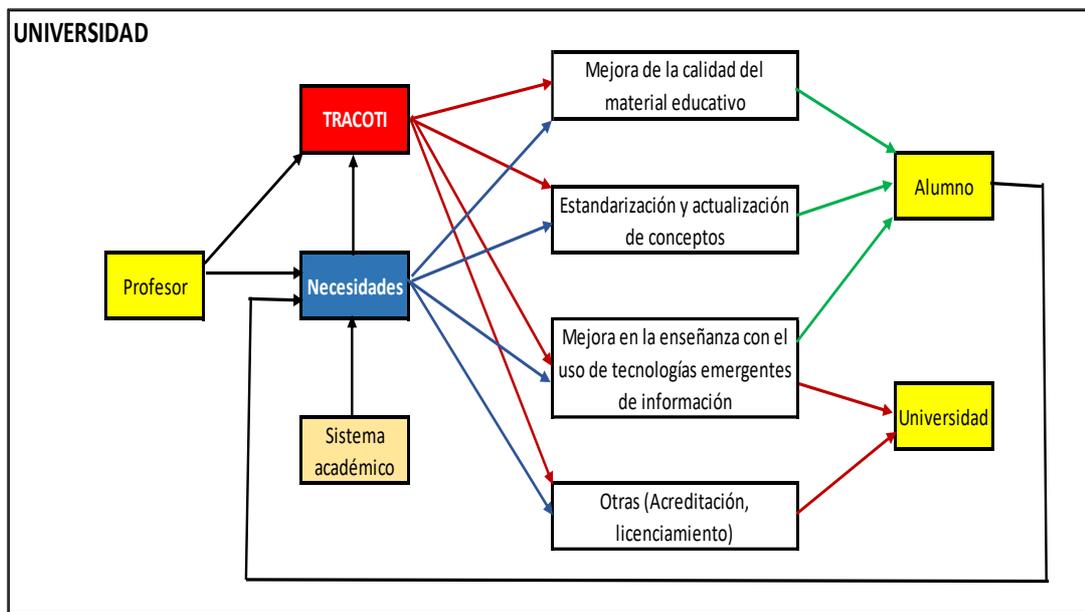


Figura 11. Modelo conceptual de TC de profesores a alumnos
Elaborado por: el autor

3.3. Diseño de la Arquitectura Propuesta para TRACOTI

Algunas investigaciones acerca de la TC están enfocadas al uso de los repositorios institucionales y al tema del plagio (RUJA, 2014) y (PUCP, 2014); otras proponen un sistema personalizado que responda con la mayor rapidez posible a las dudas y preguntas de los alumnos utilizando agentes (Bremgartner & De Magalhaes Netto, 2012); Xia et al. estudian los factores de TC entre profesores y estudiantes universitarios (Xia, Ying, & Ping, 2009); y en el trabajo de Senaratne y Amaratunga se señala la importancia de transmitir e incluir el conocimiento adquirido en las

investigaciones en el proceso de enseñanza (Senaratne & Amaratunga, 2008). En estas investigaciones, no se mencionan los temas de los contenidos de las asignaturas, así como la verificación, control y vigencia del material académico que se entrega a los alumnos usando TI; son precisamente estos aspectos los que se pretenden resolver con TRACOTI.

El modelo TRACOTI que se propone en este trabajo de investigación está basado en los factores y modelos de (Xia, Ying, & Ping, 2009), (Talanti, Poulymenakou, & Paraskeva, 2010) y (Bernuy & Joyanes, 2008), con la diferencia de considerar cloud computing y sistemas multiagente como factores tecnológicos para llevar a cabo la transferencia del conocimiento.

El prototipo del modelo de TRACOTI que se presenta en la figura 12 fue desarrollada considerando las siguientes etapas:

- a) Identificación de la plataforma tecnológica que brindará soporte a TRACOTI.
- b) Construcción de la ontología con Protégé y el plugin OWL.
- c) Desarrollo de los agentes con JADE.
- d) Propuesta del prototipo del modelo TRACOTI.

En el diseño del prototipo del modelo de TRACOTI, se consideraron las siguientes arquitecturas:

- a) Arquitectura de la plataforma tecnológica: formado por los servidores propios de la institución educativa y las herramientas como Internet, DuraSpace y Moodle.
- b) Arquitectura del software: constituida por los agentes y la ontología desarrollados con JADE y Protégé, respectivamente.
- c) Modelo de gestión de TRACOTI: la responsabilidad de esta capa es asumida por la autoridad correspondiente de la institución educativa.

Las funciones y características de los diferentes elementos del modelo TRACOTI son:

- a) Agente docente (AD): monitorea en forma permanente los factores del docente mediante indicadores que aseguren que la TC sea realizada en las

mejores condiciones académicas y tecnológicas. Vigila el entorno en que se desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje con el objetivo de capturar, con la aprobación del profesor, el material educativo que es expuesto o entregado a los alumnos. Monitorea el uso de las TI por parte del docente para transferir el conocimiento.

- b) Agente alumno (AA): vigila los factores del comportamiento del alumno respecto al uso de la TI para recibir el conocimiento transferido. Recibe sugerencias y comentarios de los alumnos respecto al conocimiento transferido. Reporta a los profesores y autoridades las consultas y posibles dificultades que los alumnos pueden haber enfrentado con la TC. Informa al AFD de los temas que han sido consultados con mayor frecuencia por los alumnos. Emite un informe estadístico de los alumnos que utilizan mucho, poco o nada la TI para reforzar o estudiar el conocimiento transferido, y de esta manera, analizar la relación entre dicho uso y las notas obtenidas en las asignaturas. Envía alertas a los alumnos para que estén informados del conocimiento transferido y empiecen a asimilarlo. Vigila el nivel de colaboración de los alumnos con sus compañeros y con el profesor.
- c) Agente de transferencia de conocimiento (ATC): monitorea en forma permanente el entorno en que se desarrolla el proceso de transferencia de conocimiento. Monitorea, controla y verifica que la TC sea recibido por el alumno en las mejores condiciones.
- d) Agente Facilitador de Directorio (AFD): mantiene un directorio de tuplas donde cada elemento se refiere a un servicio de búsqueda específico, por lo que cada agente de búsqueda específico realiza las tareas de registro de un nuevo servicio en el agente facilitador del directorio y el procesamiento de los servicios solicitados. Brinda el identificador del agente a cargo de un servicio específico, esto ocurre cuando un proceso externo solicita un determinado servicio en la plataforma.

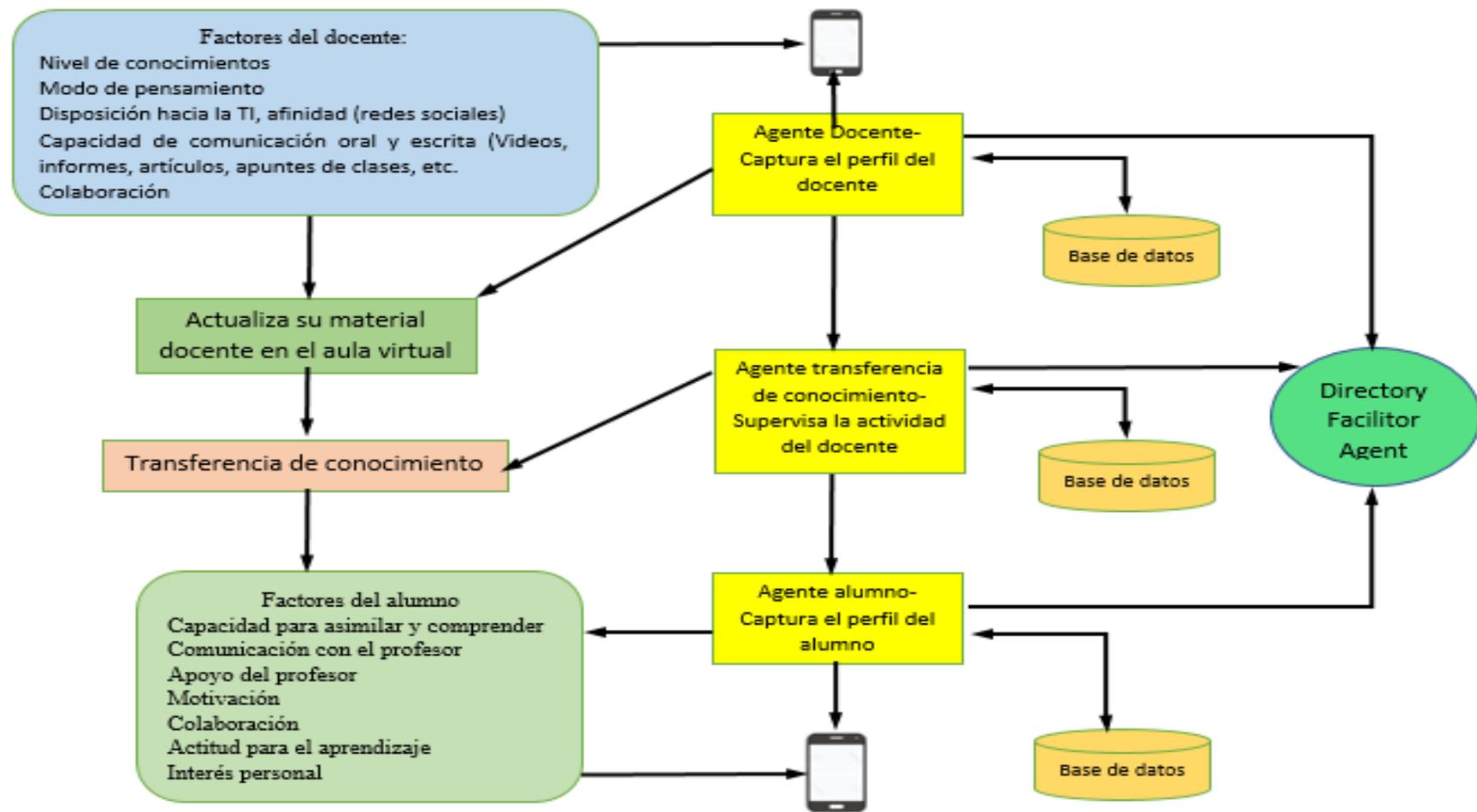


Figura 12. Arquitectura propuesta para el prototipo del modelo TRACOTI

Elaborado por: el autor

- e) Factores del profesor: modo de pensamiento, disposición hacia la TI, nivel de conocimientos, afinidad y capacidad de comunicación oral y escrita.
- f) Factores del alumno: capacidad para asimilar y comprender, comunicación con el profesor, apoyo percibido del profesor, motivación, colaboración, actitud hacia el aprendizaje e interés personal.
- g) Aula virtual: En el presente trabajo de investigación se utiliza el Moodle versión 2.3.11. Otras alternativas de LMS son: DuraCloud, YouTube, DuraSpace, Google Drive, Skype, ooVoo, Dropbox, Camtasia Studio, Facebook, Twitter, etc.
- h) Transferencia de conocimiento: la TC es controlada por el ATC para determinar si el alumno es capaz de recordar, entender, aplicar, analizar, sintetizar y evaluar (taxonomía de Bloom) el conocimiento transferido.
- i) Dispositivos inteligentes: celulares y tablets con conexión a Internet y acceso al aula virtual.
- j) Los jefes de práctica no intervienen en el modelo TRACOTI porque no tienen los privilegios para ingresar al aula virtual. Los tutores en la UP no están dentro del plantel de profesores.

3.4. Modelo de Gestión de TRACOTI

La gestión de TRACOTI debe ser asumida por la autoridad académica del mayor nivel de la universidad; en este caso, el Vicerrectorado Académico quien debe tener personal en la unidad de informática de la UP para que usando su infraestructura tecnológica gestione el funcionamiento de TRACOTI. El personal mínimo necesario estaría compuesto de: un especialista en VM-Ware con experiencia en JAVA e integración de softwares, un especialista en LMS-Moodle, un docente nombrado. En la figura 13 se presenta el modelo de gestión y algunas de las tareas que se deben ejecutar para su funcionamiento.

3.5. Variables y Definición Operacional

El modelo TRACOTI utiliza como input las variables correspondientes a los textos de los sílabos, los archivos Power Point de apuntes de clase, los exámenes parciales y finales, las prácticas

calificadas y otros materiales académicos que el profesor decida colocar en el Moodle de la UP y que el alumno utilice para el aprendizaje de la asignatura.

3.6. Interacción de los Agentes

A continuación se indica el comportamiento de los agentes en TRACOTI, desde su puesta en funcionamiento con el inicio del semestre y hasta el final del mismo.

- El coordinador de EP2018 al inicio de cada semestre académico procede a subir al Moodle los archivos de la asignatura previamente coordinados y redactados en Power Point por los profesores.
- El AD verifica que la metadata de los archivos se ajusta a la ontología (Protégé, 2018) de EP2018, realiza una comparación del contenido de los archivos con versiones anteriores de los mismos que se encuentran disponibles en el repositorio institucional, compara los archivos con otros existentes en Internet e informa al coordinador de los resultados, informa al AFD del material disponible para su lectura en la semana correspondiente, avisa al profesor de las consultas solicitadas por los alumnos y vigila los cambios que se hagan a los archivos para inmediatamente enviar una alerta al agente ATC.
- El agente ATC registra el uso de las TI como YouTube, Facebook, Camtasia, Dropbox, Google Drive y otros para transmitir el conocimiento.
- El agente AFD envía una alerta a los aproximadamente 480 alumnos de EP2018 acerca del material disponible para las clases de cada semana. El AA registra e informa al AFD las consultas realizadas por los alumnos, identifica los archivos que tienen mayor demanda y remite alertas a los alumnos acerca de los cambios realizados a los archivos y ayuda al alumno a enviar consultas a los profesores.
- Los agentes AA, AD, AF y ATC son únicos para cada curso. Por lo tanto, no hay interacción con los agentes de otros cursos.

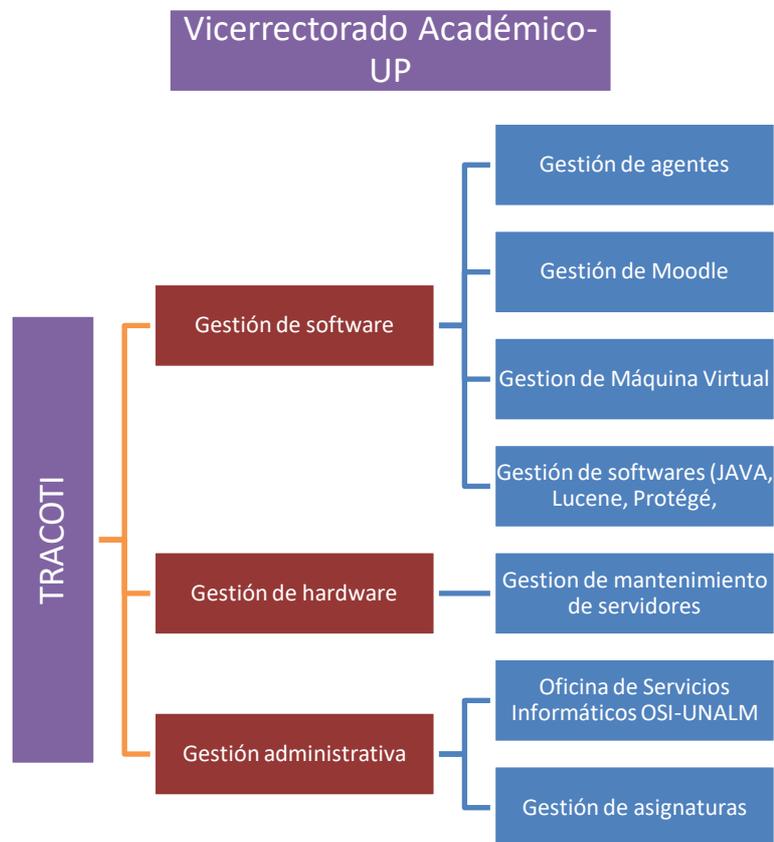


Figura 13. Modelo de Gestión de TRACOTI

Elaborado por: el autor

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Diseño Metodológico

El diseño metodológico de la presente tesis se caracteriza porque es exploratorio, se inició la investigación con fuentes aproximadas, pero no se encontró ninguna referencia específica al tema de esta investigación; observacional porque se registran documentos que no son productos de experimentos; y transversal porque se realiza al inicio de un semestre académico de la UP y se contrastan los objetivos con los resultados al final del mismo (Bernal, 2010). Adicionalmente, esta tesis se enmarca en la investigación basada en diseño que consiste en incluir un elemento innovador con la finalidad de mejorar una situación (de Benito Crosetti & Salinas Ibáñez, 2016). Estos mismos autores indican que “este tipo de investigación trata de responder a problemas detectados en la realidad educativa, recurriendo a teorías científicas o modelos disponibles de cara a proponer posibles soluciones a dichos problemas” (de Benito Crosetti & Salinas Ibáñez, 2016, pág. 50). La investigación basada en diseño ha demostrado gran potencial y es ideal como metodología de investigación alternativa (Wang & Hannafin, 2005). Estos autores indican que tener objetivos prácticos y un plan inicial apropiado, realizar investigaciones en el mundo real, usar métodos sistemáticos, analizar los datos y replantear el diseño aseguran el éxito de la investigación. Como ejemplo de la investigación basada en diseño se menciona la página web de Lipot del 2018, la misma que presenta diferentes

módulos de enseñanza basados en recursos tecnológicos y multimedia (Lipot, 2018).

Desde la perspectiva del diseño, la construcción del prototipo de TRACOTI se realiza con el apoyo de la unidad de informática de la UP y del Sr. Carles Royan Salvatella de la empresa Workana, quien es experto en JAVA y conoce de la construcción de agentes (Workana, 2019). Las características de este prototipo son las siguientes:

- a) Los datos a ser recolectados son aquellos que corresponden al material académico utilizado por los profesores de la asignatura EP2018 que ofrece la UP.
- b) El procedimiento a aplicarse es la comparación del material académico antes mencionado, específicamente con los apuntes de clase y el sílabo de las asignaturas que ofrecen otras universidades de reconocido prestigio nacional e internacional. La comparación o raspado, conocida en inglés como “*scraped*”, es realizada con un conjunto de software, como los siguientes: Mozenda, Raven’s eye, ABBYY, ExamDiff y WinMerge, asimismo, con el soporte de agentes creados con JADE y ontologías de Protégé. Los resultados de la comparación son reportados a los entes involucrados en el sistema TRACOTI, es decir, a autoridades, profesores y alumnos. Algunos de los resultados que pueden encontrarse son los siguientes: la existencia de temas no considerados en el sílabo de la asignatura de EP2018, la presencia de preguntas repetidas en los exámenes parciales y finales, así como el uso de documentos y materiales desactualizados.

4.2 Actividades Realizadas por cada Objetivo Específico

Las actividades técnicas que deben realizarse para el cumplimiento de los objetivos específicos, se presentan a continuación.

a) Objetivo específico 1: Identificar las necesidades de los docentes y estudiantes en la entrega del material académico en forma oportuna para la mejora de la calidad del proceso de aprendizaje.

La identificación de las necesidades de los docentes y estudiantes fue realizada de la siguiente manera:

- Se aplicó la técnica del focus group para conocer las opiniones y actitudes de los docentes y alumnos con respecto al uso de las tecnologías educativas para la mejora de la calidad del proceso de aprendizaje. El focus group estuvo formado por 6 docentes que enseñan EP2018 y 10 alumnos matriculados en la misma asignatura.
- Se discutió acerca del uso, acceso, facilidad, disponibilidad de Internet, ubicuidad y versión del LMS, así como el envío de alertas a celulares.
- Se redactaron dos encuestas mediante Google Forms. Una para docentes y otra para alumnos.
- Se solicitó a los alumnos matriculados en EP2018 en el semestre 2019-2 su colaboración para completar la encuesta. De igual manera, se solicitó el apoyo de los docentes.
- Finalmente, con la finalidad de evaluar el aporte de TRACOTI a la calidad del proceso de aprendizaje, se aplicaron otras dos encuestas con Google Forms para conocer el nivel de satisfacción con la herramienta construida.

b) Objetivo específico 2: Evaluar las diferentes metodologías de construcción de agentes para diseñar el modelo de entrega del material académico actualizado en forma oportuna.

La evaluación fue realizada considerando las investigaciones de Abar et al., Sturm y Shehory, Gómez Sanz, y Kravari y Bassiliades. Los criterios aplicados para la evaluación fueron: facilidad en la obtención del software, disponibilidad de la literatura, escalabilidad, sencillez de la plataforma y las interfaces, accesibilidad del costo, vigencia de los sistemas operativos y de la metodología. Las principales conclusiones de esta evaluación son: la

heterogeneidad de las plataformas y la necesidad de comprender el perfil y el dominio de cada plataforma.

Precisamente, con el fin de evaluar las diferentes metodologías de construcción de agentes, se implementó JADE, para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

- Se descargó e instaló la versión 4.5 de JADE de <http://jade.tilab.com/> en una computadora portátil Lenovo con Intel Core i5, 6 GB RAM, 2.40 GHz, sistema operativo Windows 10 de 64 bits, procesador x64 y 1 TB de disco duro.
- Se descargó e instaló la versión 8 Update 181 de JAVA de <https://java.com/en/download/> . Aprender JAVA.
- Se descargó e instaló la versión NetBeans IDE 10 de <https://netbeans.apache.org/download/nb100/nb100.html> . Aprender a manejar NetBeans 10.
- Se leyeron los capítulos 2, 3, 4 y 5 del libro “Developing Multi-Agent Systems with JADE” de los autores Fabio Luigi Bellifemine, Giovanni Caire y Dominic Greenwood con ISBN: 978-0-470-05747-6, febrero 2007, Wiley (Bellifemine, Caire, & Greenwood, 2007).
- Se programaron en la plataforma de JADE, la construcción de los agentes: AD, AA, ATC y AFD, cuyas funciones se describen en la sección 3.1.1.
- Se descargó y se aprendió a utilizar el motor de búsqueda de código abierto Apache “Lucene” para recuperar la información de Moodle. Esta aplicación se encuentra en <https://lucene.apache.org/>

c) Objetivo específico 3: Desarrollar una ontología para el caso de estudio utilizando la plataforma Protégé con la finalidad de establecer los estándares de temas que servirán de referencia para validar los contenidos de los sílabos.

Con la finalidad de desarrollar la ontología con Protégé se ejecutaron las siguientes actividades:

- Se descargó e instaló Protégé-5.2.0-win del siguiente link <https://protege.stanford.edu/products.php#desktop-protege>
- Se leyó la documentación de Protégé que se encuentra en el siguiente link https://protegewiki.stanford.edu/wiki/Protege_Ontology_Library con la finalidad de comprender el procedimiento que utiliza Protégé para crear las ontologías.
- Se creó el proyecto “EP2018”, las entidades, las clases y las respectivas relaciones correspondientes a la ontología de la asignatura EP2018 de la UP.
- Se procedió a visualizar la ontología creada con OntoViz.

d) Objetivo específico 4: Implementar un prototipo de máquina virtual que alojará el sistema TRACOTI con el gestor de contenido educativo LMS Moodle y la ontología propuesta para la mejora de la calidad del proceso de aprendizaje.

La implementación de la máquina virtual se realizó llevando a cabo las siguientes actividades:

- Se verificó que los requerimientos del software eran satisfechos y luego se procedió a descargar la versión típica de VMware Workstation 15 Pro para Windows con un tamaño de disco de 60GB y disco virtual dividido en múltiples archivos. Las características de la PC utilizada para la máquina virtual son: PC Lenovo con Windows 10 64-bit Intel Core i5 1.70GHz, 6GB RAM.
- Se leyeron los manuales de instalación del VMware Workstation 15 Pro para Windows.
- Se cargó el JADE, Protégé y Moodle en la máquina virtual creada.

e) Objetivo específico 5: Elaborar un plan de gestión y trabajos futuros

Para el cumplimiento de la elaboración del plan de gestión y formulación de trabajos futuros se realizaron las siguientes actividades:

- Se leyó el documento titulado “*Implementation planning*” escrito por (Blumenthal & Stoddard, 1999).
- Se buscó información acerca de la formulación de planes de investigación (Cadillo, Córdova, Huarcaya, & Valderrama, 2019).
- Se leyó la página Web <https://www.gantt.com/>

f) Diseño de la extracción de información de Moodle y compararla con la ontología de EP2018

Las actividades para la extracción y comparación de la información de EP2018 fueron las siguientes:

- Se ingresó y se leyó a la página web <https://www.lmspulse.com/2015/100-ad-hoc-contributed-MySQL-queries-to-help-understand-whats-happening-on-your-moodle-site/> para determinar la forma de extracción de información de Moodle.
- Se descargó el driver JDBC, conector oficial de todas las versiones de MySQL, de <https://dev.mysql.com/downloads/connector/j/>. Con este driver se pueden ejecutar operaciones en diferentes bases de datos desde JAVA independientemente del sistema operativo donde se encuentre la base de datos.

g) Otras tareas realizadas fueron las relacionadas al LMS Moodle:

- Se leyeron los manuales de Moodle versión 2.3.11 con énfasis en las funciones permitidas al administrador de la plataforma.
- Se identificó el plugin que permitió establecer la conexión entre los agentes creados con JADE y la ontología de EP2018 creada con Protégé.

El cumplimiento de los objetivos antes mencionados busca mejorar la educación universitaria en el Perú de tal forma que la brecha en la calidad del servicio educativo que ofrecen las universidades públicas y privadas sea cada vez más estrecha. Aunque hay investigaciones como la realizada por Amiel y Reeves, quienes indican que las tecnologías educativas, como por ejemplo, la calculadora, la Internet, la computadora, entre otras, no han ocasionado grandes cambios ni eliminado la desigual distribución de las oportunidades de aprendizaje (Amiel & Reeves, 2008).

4.3 Elaboración de los Agentes

La plataforma “JADE es una herramienta muy completa escrita en JAVA que permite crear un sistema multiagente simplemente creando clases de JAVA y para hacerlo no es necesario tener

una experiencia significativa en este lenguaje de programación” (Bellifemine, Caire, & Greenwood, 2007). A continuación, se presenta el diseño de cada uno de los agentes.

4.3.1. Agente Docente (AD)

Este agente se encarga de monitorear y evaluar los materiales que los docentes suben al Moodle. El agente AD necesita tener acceso a los datos del Moodle para poder acceder a los recursos. Este acceso no se puede desarrollar como plugin de Moodle, puesto que estos están programados en lenguaje PHP, mientras que los agentes de JADE están programados en Java y se ejecutan sobre la Java Virtual Machine (JVM). Por lo tanto, el acceso de AD a Moodle debe hacerse directamente a las tablas de la base de datos del Moodle, que son aquellas que empiezan con el prefijo mdl_. En el siguiente link se encuentra mayor información respecto a este tema: <https://docs.moodle.org/36/en/MySQL>

La conexión JDBC y el driver JDBC MySQL disponible en: <https://dev.mysql.com/downloads/connector/j/5.1.html> permiten realizar este acceso. En el siguiente enlace aparece un ejemplo de este tipo de consulta: <https://www.lmspulse.com/2015/100-ad-hoc-contributed-MySQL-queries-to-help-understand-whats-happening-on-your-moodle-site/>. Con esta SQL se pueden listar los recursos de una asignatura en concreto.

Otra tarea que debe realizar el agente AD es la extracción de metadatos de los Power Point cargados en el Moodle por los profesores de EP2018 con la finalidad de compararlos con versiones anteriores de los mismos que se encuentran disponibles en el repositorio institucional y también con otros existentes en Internet. Además, también el agente AD debe evaluar que se ajusten a la ontología de EP2018. A fin de realizar esta actividad se utilizará el motor “Lucene” para extraer y procesar los metadatos de los archivos de EP2018. Este motor está programado en Java y su integración con los agentes Jade son relativamente sencillos de ejecutarse en el mismo entorno. Mayor información del motor “Lucene” se encuentra en: <https://lucene.apache.org/core/>

4.3.2. Agente de transferencia de conocimiento (ATC)

Este agente monitorea en forma permanente el entorno en que se desarrolla el proceso de transferencia de conocimiento. El agente ATC debe tener acceso a las tablas de la base de datos del Moodle, de la misma manera que se explicó para el agente AD (sección 4.3.1). A diferencia del agente AD, que se encargaba de listar los recursos disponibles, este agente recupera información del uso de la plataforma por parte del alumno; por lo tanto, las consultas SQL de extracción de información serán diferentes.

4.3.3. Agente Facilitador de Directorio (AFD)

Este agente mantiene un directorio de tuplas donde cada elemento se refiere a un servicio de búsqueda específico, por lo que este agente se encarga de coordinar con el resto de agentes. Cada agente de búsqueda específica registra un nuevo servicio en el AFD, así como la ejecución de los procesos de los servicios solicitados. Si un proceso externo solicita un determinado servicio en la plataforma, el proceso externo se comunica con el AFD para identificar el agente a cargo del servicio específico.

También se encarga de informar a los alumnos cuando hay material disponible de las asignaturas en las cuales se encuentran matriculados. En este caso, el evento de material nuevo en una asignatura, no se produce por una extracción de datos directa de este agente, sino que es comunicada por el agente docente (AD) a través de un mensaje. Por esta razón, AFD no necesita tener acceso directo a la base de datos de Moodle, es decir, AFD es básicamente un gestor/redirector de mensajes entre los diferentes agentes. En la figura 14, se observa el flujo de actividades entre la base de datos de Moodle y los agentes AD y AFD cuando se detecta un nuevo contenido en la asignatura.

4.3.4. Agente alumno (AA)

Este agente vigila los factores del comportamiento del alumno respecto al uso de la TI para recibir el

conocimiento transferido. El AA necesita acceso a la base de datos del Moodle para extraer la información de uso de la plataforma por parte del alumno, de igual manera que los agentes AD y ATC.

En la figura 15 se observa el flujo de actividades entre la base de datos de Moodle y los agentes AA y AFD para monitorear el seguimiento de una asignatura por un alumno.

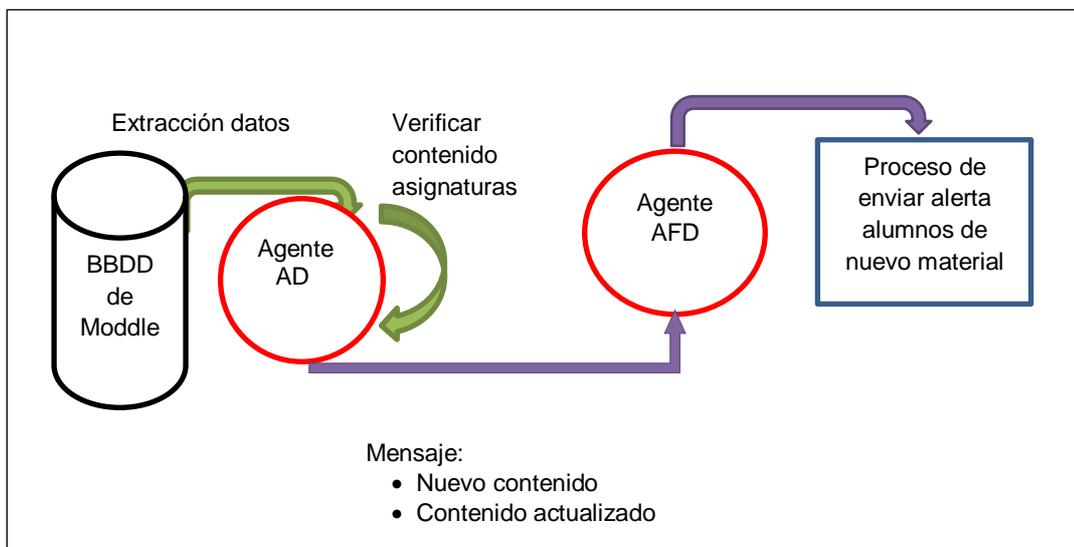


Figura 14. Flujo de actividades entre Moodle, AD y AFD cuando se informa a los alumnos de nuevo material o contenido actualizado

Elaborado por: el autor

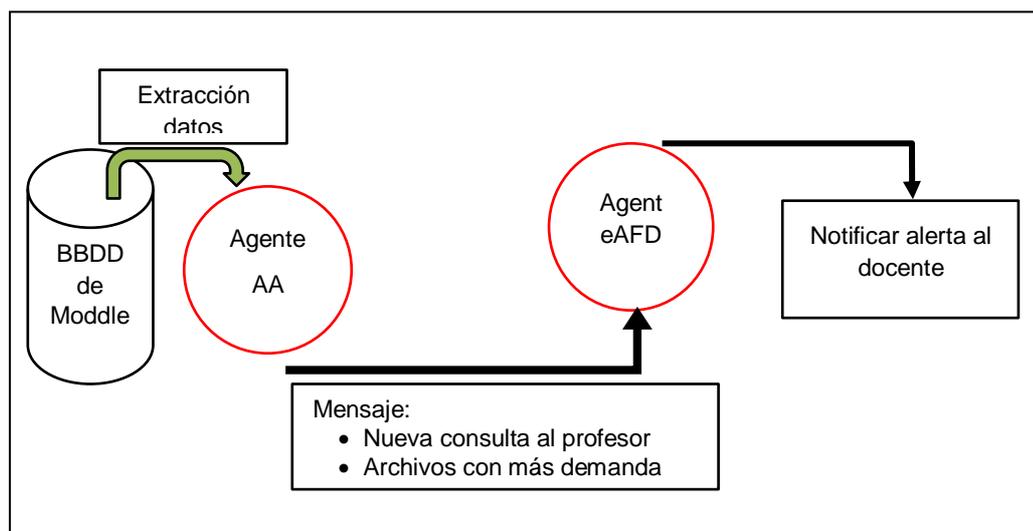


Figura 15. Flujo de actividades entre Moodle, AA y AFD para consultas al profesor e identificación de archivos con más demanda de una asignatura por parte de los alumnos.

Elaborado por: el autor

4.4 Diseño Ux Conversacional de los Agentes de TRACOTI

Las consultas y/o mensajes que se establecen entre los agentes de TRACOTI, los profesores y los alumnos, deben ser establecidas formalmente, para que en el caso de los agentes, estos intenten ejecutar lo que necesitan los usuarios. En la investigación de Abu Shawar y Atwell se indica que el diálogo hombre-computadora debe realizarse utilizando un sistema de software que interactúe con una persona utilizando el lenguaje natural de los humanos (Abu Shawar & Atwell, 2007). Las interacciones con los agentes virtuales son incómodas, confusas, limitadas y llena de problemas para el mutuo entendimiento (Moore, Arar, Ren, & Szymanski, 2017). En este contexto, es importante diseñar las conversaciones UX (experiencia del usuario en su interacción con la tecnología para el entendimiento mutuo) que se realizarían entre los diferentes agentes y personas antes de la construcción de TRACOTI. Estas conversaciones son conocidas como “*Mock-up*” y se caracterizan porque son fáciles de crear, leer y compartir. A continuación, se presentan las figuras 16, 17, 18, 19, 20 y 21 con las primeras aproximaciones de las conversaciones UX que se realizarían en TRACOTI.

01 AD: Señor profesor, el semestre académico comienza dentro de dos semanas. 02 Sírvase proceder a cargar el material académico. 03 AD: El material del curso EP2018 que usted ha cargado en el Moodle será evaluado a continuación. 04 AD: Señor profesor, el material del curso ha sido evaluado según la ontología 04 del curso. Se remitirá un informe a su correo de los resultados de la 05 evaluación. 06 CC: El material del curso ha sido analizado y tiene mi aprobación. 07 AD: Señor profesor, se remitirá un mensaje a los alumnos indicando la 08 disponibilidad del material por intermedio del AFD. Gracias.

Figura 16. Mock-up entre el Agente Docente (AD) y el Coordinador del curso EP2018 (CC)

Elaborado por: el autor

01 AD: El material del curso EP2018 ha sido evaluado y está disponible para que
02 los alumnos lo utilicen.
03 AFD: Correcto. Se registrarán los datos del material del curso y se enviará un
04 mensaje a los alumnos para que procedan a usarlos por intermedio del
05 agente alumno

Figura 17. Mock-up entre el Agente Docente (AD) y Agente Facilitador de Directorio (AFD)

Elaborado por: el autor

01 AFD: El material del curso EP2018 ha sido evaluado y está disponible para que
02 sea utilizado por los alumnos.
03 AA: OK. Se enviará un mensaje a los alumnos.
04 AA: Se ha remitido un informe estadístico con los temas más consultados y las
horas dedicadas a leer el material educativo.
05 AFD: Se ha registrado la información estadística y se ha solicitado al AD
proceda a informar al CC para el análisis de los datos respectivos.

Figura 18. Mock-up entre el Agente Alumno (AA) y Agente Facilitador de Directorio (AFD)

Elaborado por: el autor

01 AA: Estimado alumno, ¿está conforme con el material del curso EP2018?
02 AL: OK.
03 AL: Tengo una sugerencia.
04 AA: Estimado alumno, ¿sírvase ingresar su sugerencia?
05 AL: No aparece la definición de una muestra aleatoria.
06 AA: OK. Se informará al profesor para que corrija el error.
07 AA: Hay un error en el material académico.
08 AFD: El error será registrado e informado al docente.

Figura 19. Mock-up entre el Agente Alumno (AA), los alumnos (AL) y el AFD

Elaborado por: el autor

01 AFD: El material del curso EP2018 ha sido evaluado y puesto a disposición de
02 los alumnos luego de corregir algunos errores.
03 ATC: OK. Se registrará esta transferencia de conocimiento.
04 AFD: El docente ha realizado cambios en el material académico.
05 ATC: OK. Se han registrado los cambios y se procederá a informar a los
06 alumnos.

Figura 20. Mock-up entre el Agente Facilitador de Directorio (AFD) y el Agente de Transferencia de Conocimiento (ATC)

Elaborado por: el autor

01 AA: Los alumnos están usando el material educativo sin problemas y están
02 leyendo antes de asistir a clases.
02 ATC: La transferencia de conocimiento se está realizando sin inconvenientes.
04 AA: Se procederá a enviar un mensaje al profesor por intermedio del agente
AFD.

Figura 21. Mock-up entre el Agente Alumno (AA) y el Agente de Transferencia de Conocimiento (ATC)

Elaborado por: el autor

4.5 Despliegue del Sistema Multi-agentes TRACOTI

El despliegue del sistema en producción necesita de un servidor en la misma red donde se encuentra instalado el sistema del Moodle para que tenga total visibilidad. La solución propuesta es la creación de una máquina virtual (VM) que se ejecute en el mismo entorno que el sistema Moodle.

A nivel de software, es necesario que se disponga del entorno Java JDK 8 o superior instalado y el sistema “*Lucene*” para ejecutar los agentes JADE y capturar los datos de los PowerPoint, respectivamente. El sistema “*Lucene*” funcionará sobre un servidor de aplicaciones JavaEE. En el prototipo no se contempla almacenar los mensajes intercambiados por los agentes; por esta razón, no es necesario una base de datos relacional para almacenar la información.

Los requisitos de la VM son mínimos: dos cores I7-5550U de quinta generación, 4 MB de Caché, 2 núcleos, 4 subprocesos, 3.00 GHz de frecuencia turbo máxima y 2048 GB de RAM. Esta configuración está sujeta al número de usuarios concurrentes al Moodle, el número de asignaturas a ser monitoreadas, la cantidad de archivos cargados en el Moodle entre otros. Por ejemplo, en el semestre 2018-2 de la UP, la cantidad de profesores fue de aproximadamente 300, la cantidad de asignaturas ofrecidas de pregrado y posgrado fue aproximadamente 640 (se supone que un profesor dicta por lo menos dos asignaturas), aproximadamente el total de archivos cargados en el Moodle fue de 15 por cada asignatura (uno por semana) y con aproximadamente 15 alumnos en promedio matriculados por asignatura, esto resulta en 1'440,000 archivos que TRACOTI tendría que atender y 21'600,000 consultas de alumnos (un alumno realiza por lo menos una consulta a los archivos de la asignatura).

Para que el agente AD compruebe el material de la asignatura con otros disponibles en la web, se deberá contar con acceso a Internet por los puertos HTTP/HTTPS 80/443. Esto requiere que el firewall sea

configurado para permitir conexiones de salida por los puertos anteriormente citados.

En la figura 22 se presenta la arquitectura de la máquina virtual de TRACOTI. Nótese en esta figura, la máquina virtual como soporte a las aplicaciones JDK, JADE, “Lucene” y la interacción con las bases de datos e Internet.

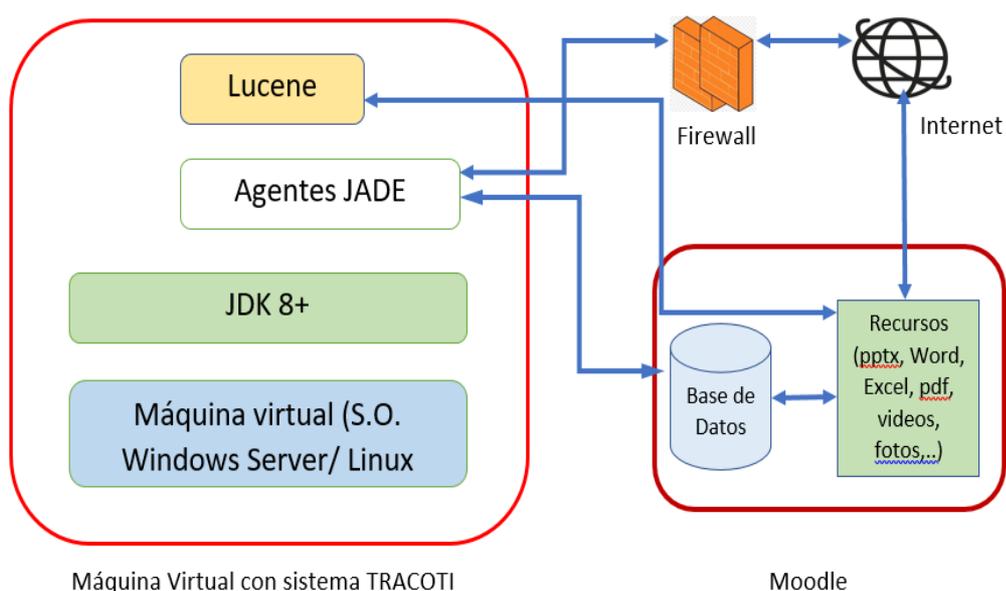


Figura 22. Arquitectura de la máquina virtual de TRACOTI.

Elaborado por: el autor

4.6 Propuesta de Validación de la Arquitectura de TRACOTI

La propuesta de validación del prototipo de TRACOTI se realizará utilizando la plataforma Moodle versión 2.3.11 que se encuentra implantada en la unidad de informática de la UP. La asignatura elegida, para realizar el análisis de contenido del sílabo y la comparación de los temas tratados en clase es EP2018. Es preciso indicar que, si bien en el modelo de TRACOTI de la figura 12 aparecen diversos factores tanto para el docente como para el alumno, solo se utilizarán aquellos que sean medibles de tal forma que el respectivo agente pueda monitorearlos. Los informes que

reporten los agentes de MAS serán el producto tangible de la viabilidad de TRACOTI, y por lo tanto, la demostración de que el prototipo de TRACOTI funciona.

En la tabla 5, se presenta un resumen de los agentes, sus tareas y el diseño de la solución a las tareas de cada agente.

Tabla 5. Resumen de los agentes, sus tareas y el diseño de la solución a las tareas de cada agente

Elaborado por: el autor

Agente	Tareas	Diseño de la solución a las tareas
Alumno	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a los datos del Moodle • Consulta de una asignatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión JDBC y el driver JDBC MySQL disponible en: https://dev.MySQL.com/downloads/connector/j/5.1.html • Ver: https://docs.moodle.org/36/en/advanced_contributed_reports#Site-Wide_Grade_Report_with_All_Items
Docente	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a los datos del Moodle • Extracción de metadatos de los Power Point cargados en el Moodle 	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión JDBC y el driver JDBC MySQL disponible en: https://dev.MySQL.com/downloads/connector/j/5.1.html • Uso del motor "Lucene" programado en Java. Ver https://lucene.apache.org/core/
Facilitador de Directorio	<ul style="list-style-type: none"> • AFD es básicamente un gestor/redirector de mensajes entre los diferentes agentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • El evento de material nuevo en una asignatura es comunicado por el agente docente (AD) a través de un mensaje. Por esta razón, AFD no necesita tener acceso directo a la base de datos de Moodle;
Transferencia de conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a las tablas de la base de datos de Moodle 	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión JDBC y el driver JDBC MySQL disponible en: https://dev.MySQL.com/downloads/connector/j/5.1.html

4.7 Aspectos Éticos

El autor del presente trabajo es plenamente consciente del respeto a la propiedad intelectual de todos los documentos, diseños e ideas utilizados durante el desarrollo de la tesis. En el desarrollo de la tesis, el autor ha respetado y mantenido la confidencialidad de la información utilizada. El autor declara conocer las normas internas de la Universidad de San Martín de Porres y se somete a las sanciones que correspondan en caso de plagio.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

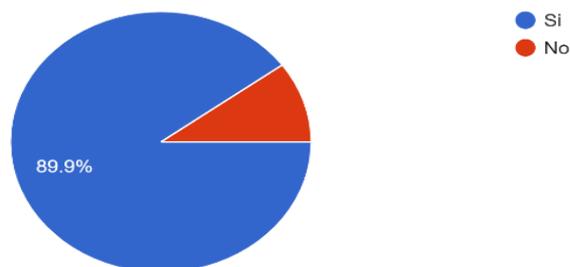
Los resultados que se presentan a continuación corresponden a las cuatro actividades realizadas con el fin de cumplir los objetivos planteados en esta investigación, estas actividades son: trabajo de campo realizado a través de una encuesta a 189 estudiantes de la UP, diseño tecnológico relacionado a la construcción y prueba del prototipo de TRACOTI, formulación de un plan de gestión y simulación para calcular la tasa de acierto en el curso de EP2018.

5.1. Encuesta a Estudiantes - Objetivo específico 1

Las respuestas de los estudiantes fueron registradas en un formulario de Google Forms que se encuentra en <https://forms.gle/m937HbtYCsRiVPKt9> y, a continuación, estas fueron procesadas por la misma aplicación obteniéndose las gráficas y porcentajes que se presentan a continuación.

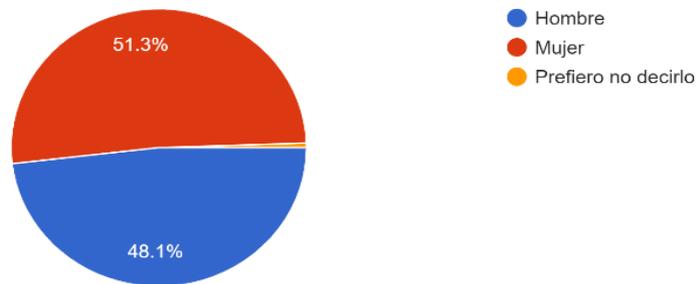
1. ¿Conoce usted el aula virtual de la universidad (ingresa, baja y carga archivos, envía mensajes al profesor, et...O sírvase dar clic en el botón enviar.

189 respuestas



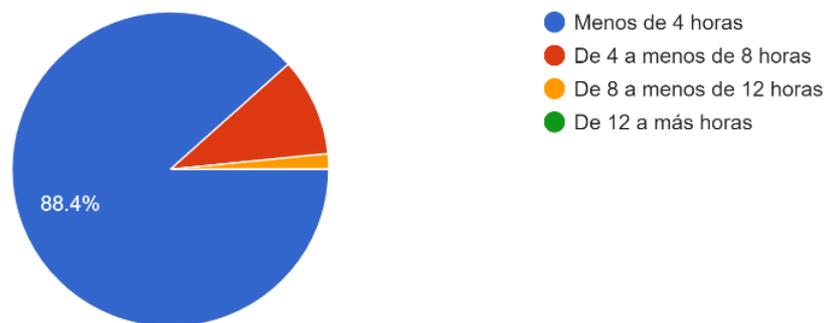
2. ¿Cuál es su género?

189 respuestas



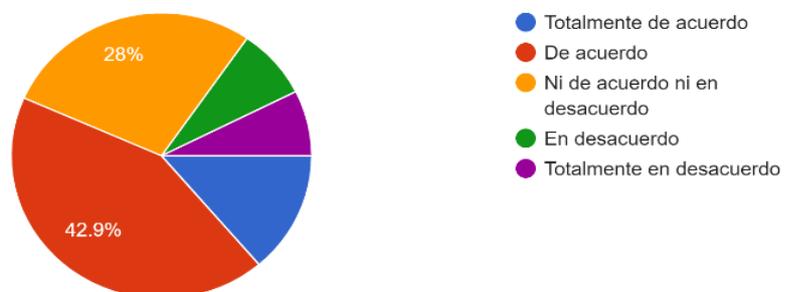
3. ¿Cuántas horas semanales utiliza el aula virtual?

189 respuestas



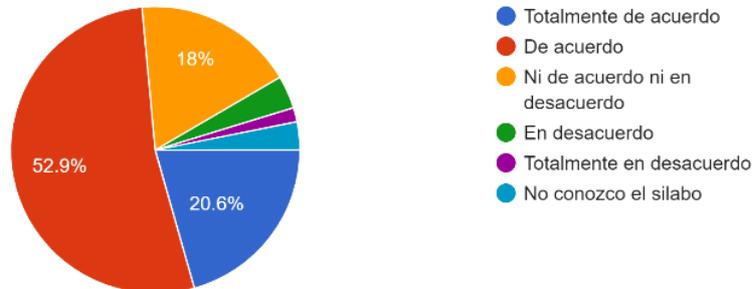
4. El tiempo que dedico al aula virtual aumenta significativamente cuando se aproximan las prácticas y exámenes.

189 respuestas



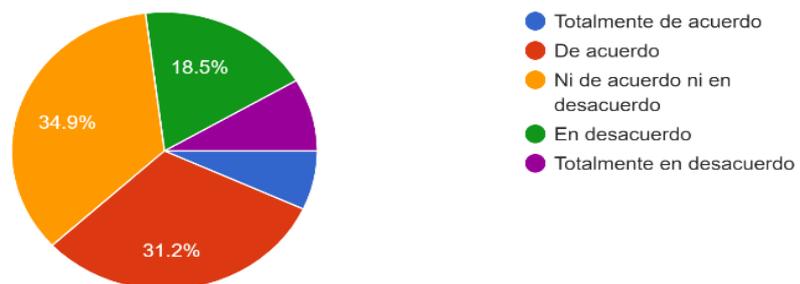
5. Los apuntes de clase (presentaciones, archivos Word y PDF, videos, fotos) que los profesores cargan en el ...stán alineados con el sílabo del curso

189 respuestas



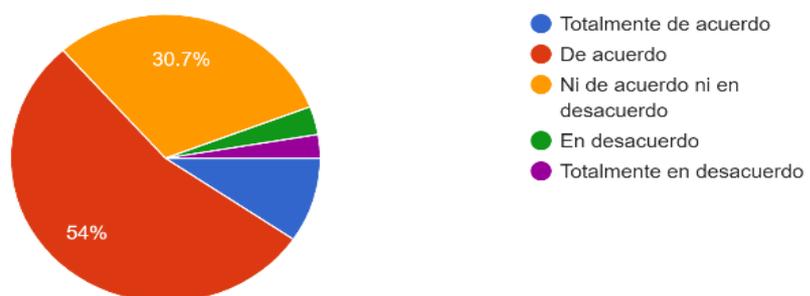
6. El profesor carga sus apuntes de clase en el aula virtual al inicio del semestre académico

189 respuestas



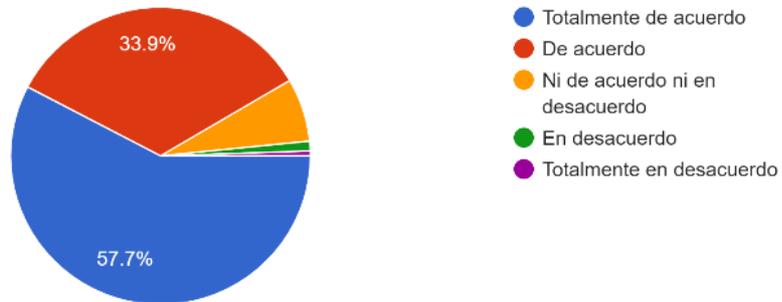
7. Las preguntas que plantea el profesor en las prácticas calificadas y exámenes son originales

189 respuestas



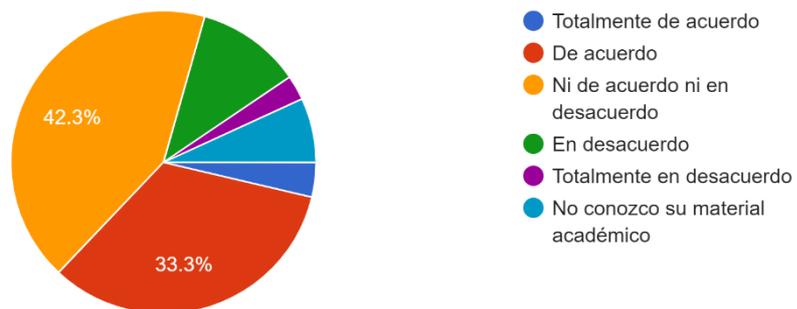
8. Me gustaría recibir mensajes de alerta en mi correo y/o celular cuando ocurran cambios en el material académico cargado en el aula virtual

189 respuestas



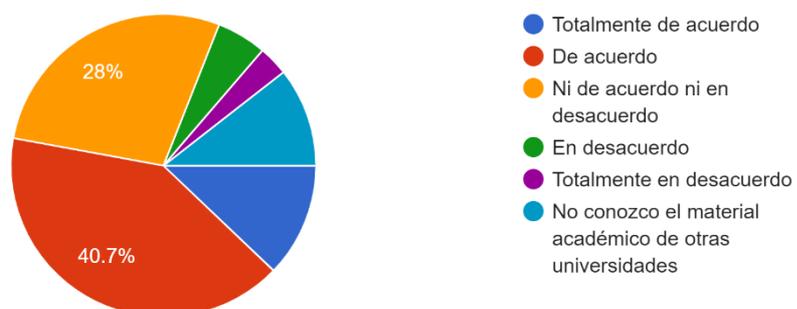
9. El profesor actualiza en forma regular su material académico que se encuentra en el aula virtual.

189 respuestas



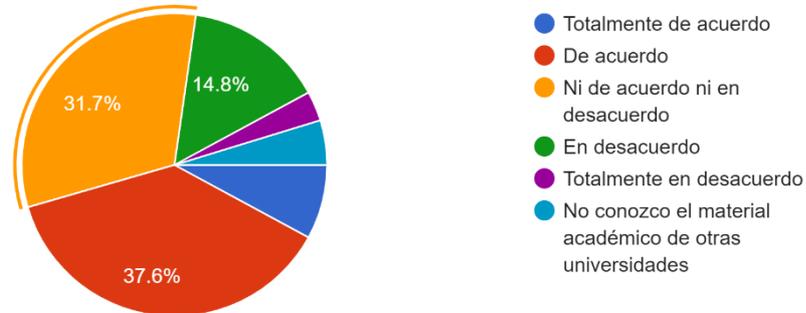
10. Tengo confianza de que el material académico cargado por el profesor en el aula virtual es similar al utilizado...es de prestigio nacional e internacional

189 respuestas

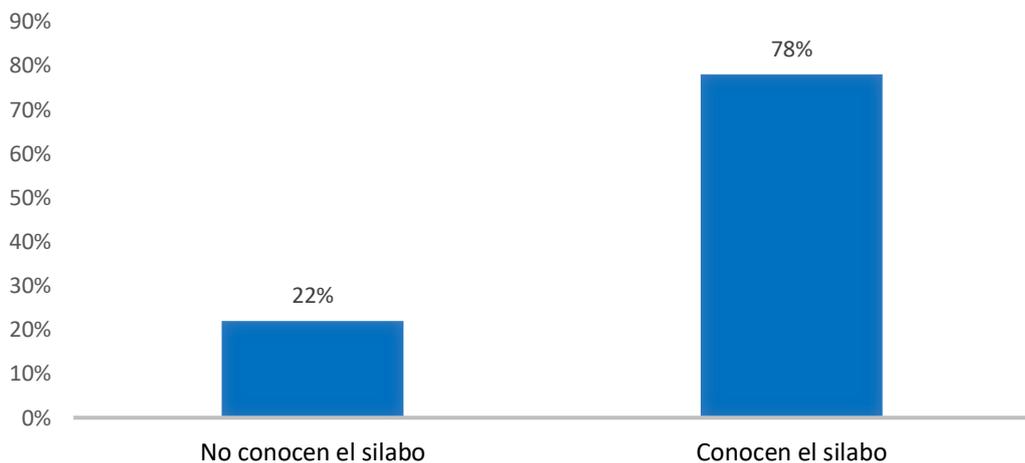


11. Los archivos que descargo del aula virtual los comparto con mis amigos.

189 respuestas



12. ¿Conocen el sílabo?



Estos resultados permiten deducir lo siguiente: 89.9% de estudiantes conocen el LMS que utiliza la UP, de esa porcentaje, la gran mayoría, 88.4%, utiliza el LMS aproximadamente menos de cuatro horas por semana por curso, por lo que se concluye que no hay un uso masivo del LMS; 91.6% de estudiantes acepta el sistema de alertas del LMS; 72.9% de estudiantes considera que el material académico está alineado al sílabo del curso, 69.3% de los estudiantes comparte su material académico, 22% no conoce el sílabo y 66.1% refiere que los apuntes del curso son cargados al inicio del semestre académico; 75.6% de los estudiantes señala que el profesor actualiza en forma regular su material académico, mientras que el 68.7% opina que el material académico que recibe es similar al que se brinda

en universidades de prestigio; 84.7% de estudiantes considera que las preguntas de los exámenes son originales, en este sentido, el uso del aula virtual aumenta hasta 70.9% en época de exámenes y prácticas; el servicio de Internet necesita mejorarse, la gran mayoría en la UP conoce que existe una desactualización tecnológica de seis años con respecto a las versiones anteriores del LMS, hasta fines del 2019 se trabajaba en la UP con la versión 2.3.11, mientras que la actual versión del LMS es la 3.8.

5.2. Evaluación de Metodologías de Construcción de Agentes – Objetivo específico 2

Luego de aplicar las actividades señaladas en la sección 4.1 correspondiente al objetivo 2, se adoptó la decisión final de utilizar la metodología de JADE porque cumple todos los criterios que señala Kravari y Bassiliades, y requiere como mínimo la versión 1.2 de JAVA pudiendo ser usado en dispositivos con recursos limitados como los teléfonos móviles. Estos mismos investigadores señalan que “JADE es impulsado por la industria y actualmente es la plataforma de agentes más popular que cumple con los lineamientos de FIPA en la comunidad académica e industrial” (Kravari & Bassiliades, 2015, pág. 5). Con JADE se implementa el sistema multiagente a través de un Middleware que se distribuye por medio de diferentes computadoras, que no necesariamente comparten el mismo sistema operativo y cuya configuración puede hacerse en forma remota.

5.3. Desarrollo de la Ontología – Objetivo específico 3

El uso de Protégé versión 5.5.0 permitió construir la ontología de la asignatura de EP2018 que se presenta en la figura 23. Para este fin, se utilizó el sílabo de EP2018 de la UP que se encuentra a disposición de los alumnos en el LMS Moodle.

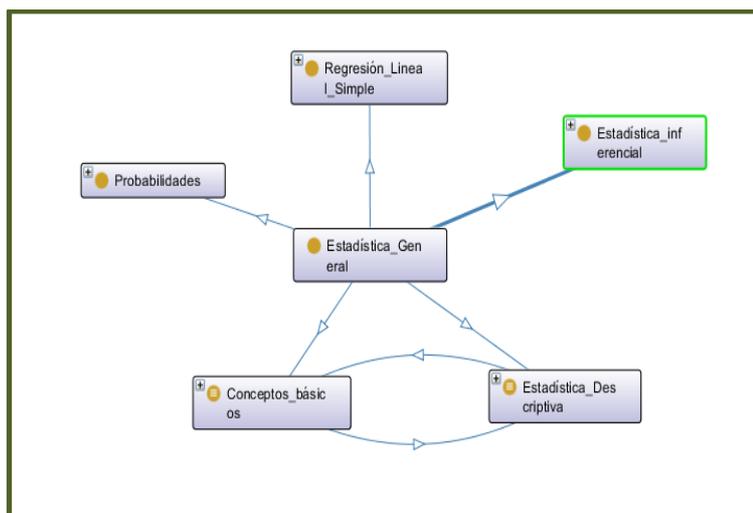


Figura 23. Ontología de la asignatura EP2018 con su representación gráfica
Elaborado por: el autor

La definición de las clases y subclases en la ontología de EP2018 es realizada de manera sencilla con Protégé. Esta ontología es el documento de referencia que TRACOTI consulta para validar el contenido de la asignatura EP2018. En caso de alguna modificación en el futuro, como por ejemplo, la inclusión de datos de texto, datos espaciales (latitud, longitud, tiempo), reconocimiento de patrones, entre otros, sería suficiente alterar esta ontología para verificar que los sílabos de EP2018 que ofrecen las universidades peruanas se encuentren alineados a esta ontología; para lograrlo, sería suficiente aplicar TRACOTI con sus agentes y obtener un reporte de aquellas universidades que cumplen con este alineamiento y aquellas que no lo hacen. La figura completa de la ontología de EP2018 se encuentra en el anexo 2.

5.4. Implementación de un Prototipo de TRACOTI - Objetivo específico 4

5.4.1. Plataforma tecnológica de TRACOTI

La plataforma tecnológica correspondiente al hardware es la que posee la UP en sus instalaciones ubicadas en su campus universitario. En la figura 24, se presenta el servidor de la UP donde se

encuentra instalado el Moodle versión 2.3.11. Este servidor tiene dos DELL PowerEdge R630 y un storage EMC Unity 400.

En la figura 25, se presenta la página web de la asignatura EP2018 creada en el Moodle. Los archivos de los temas de EP2018 se encuentran distribuidos en módulos.



Figura 24. Servidor de la UP donde se encuentra instalado el Moodle
Fuente: Unidad de Informática de la UP

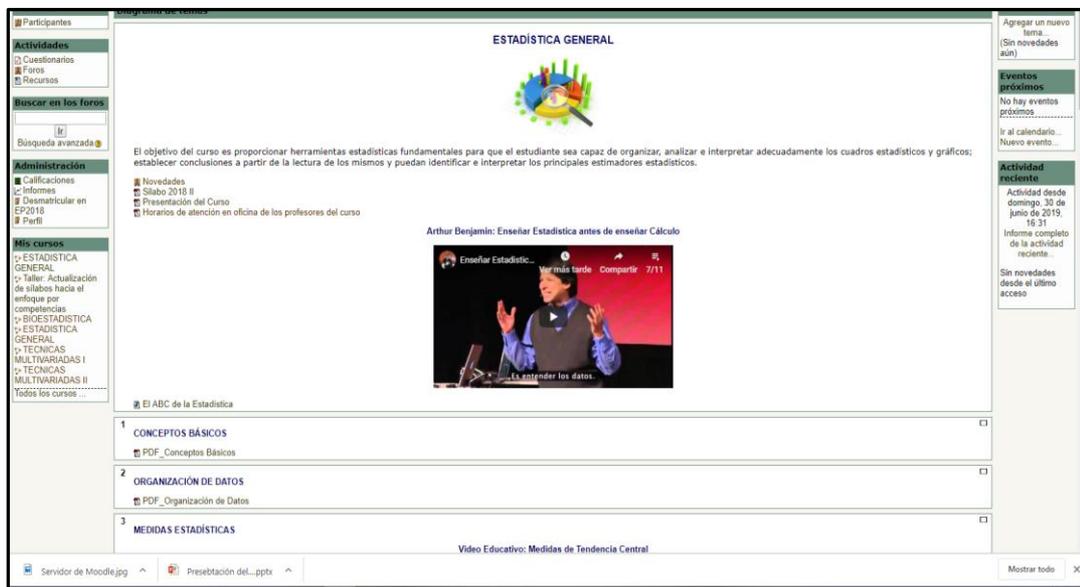


Figura 25. Página web de la asignatura EP2018
Fuente: Unidad de Informática de la UP

5.4.2. Arquitectura del software de TRACOTI

La plataforma JADE está compuesta de agentes “*containers*” que se ubican dentro de una red. Los agentes son programas escritos en Java usando la plataforma JADE y son ubicados en los “*containers*”. El container principal es denominado “*main container*” y nace cuando se ejecuta JADE. Todos los demás agentes deben estar incluidos y registrados en un *main container*. La figura 26 presenta los elementos principales de la arquitectura de la plataforma JADE.

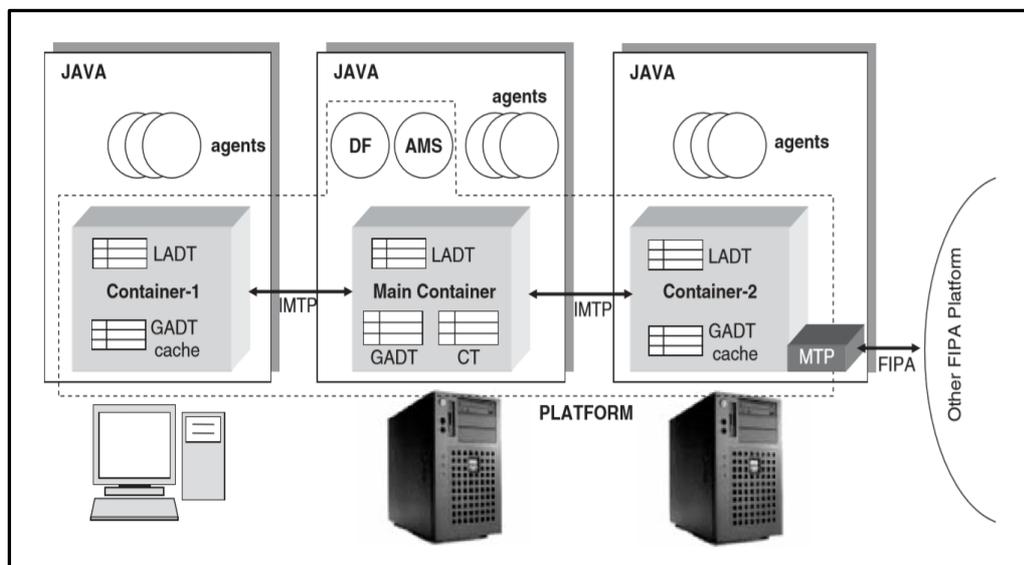


Figura 26. Relación entre los elementos de la arquitectura principal de JADE
Fuente: JADE, 2014

La descripción de los elementos que aparecen en la figura 26, según JADE, es la siguiente:

- Agentes (en círculos) que son creados dentro de los *containers*. En este trabajo, los agentes que fueron creados son: agente docente (AD), agente alumno (AA) y agente de transferencia de conocimiento (ATC).
- LADT: tabla de descripción local de los agentes dentro del container.
- GADT: tabla de descripción global de todos los agentes que están presentes en la plataforma, su estado actual y ubicación.
- CT: tabla del container que contiene información y registro de todas las referencias realizadas a los agentes. Contiene las direcciones de los envíos y recepciones ejecutados de toda la plataforma JADE.

- DF (Directory facilitator): Es el agente facilitador de directorio AFD que está disponible para cualquier agente que desea registrar sus servicios o buscar por otros servicios disponibles. El rol del agente DF es conocido como el servicio de “yellow pages”.
- AMS (Agent Management System): Es el agente que administra toda la plataforma. AMS es el punto de contacto de todos los agentes en la plataforma que requieren los servicios del agente DF. El agente AMS otorga el AID (documento de identificación del agente), representa la autoridad dentro de la plataforma, crea y elimina agentes, elimina containers y apaga/cierra la plataforma. Cualquier acción que desean ejecutar los agentes debe ser solicitada al AMS (JADE, 2014).
- RMA (Remote Monitoring Agent): Es el agente que proporciona la interfaz gráfica del usuario (GUI) para interactuar con dispositivos electrónicos.

5.4.3. Construcción de los agentes

La construcción de los agentes empieza ejecutándose el archivo runJade.bat que aparece en el siguiente símbolo del sistema de la figura 27.

```

jul. 02, 2019 4:55:47 P. M. jade.imtp.leap.LEAPIMTPManager initialize
INFO: Listening for intra-platform commands on address:
- jicp://192.168.137.1:1099

jul. 02, 2019 4:55:47 P. M. jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.management.AgentManagement initialized
jul. 02, 2019 4:55:47 P. M. jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.messaging.Messaging initialized
jul. 02, 2019 4:55:48 P. M. jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.resource.ResourceManagement initialized
jul. 02, 2019 4:55:48 P. M. jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.mobility.AgentMobility initialized
jul. 02, 2019 4:55:48 P. M. jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.event.Notification initialized
jul. 02, 2019 4:55:48 P. M. jade.mtp.http.HTTPServer <init>
INFO: HTTP-MTP Using XML parser com.sun.org.apache.xerces.internal.jaxp.SAXParser
Impl$JAXPSAXParser
jul. 02, 2019 4:55:48 P. M. jade.core.messaging.MessagingService boot
INFO: MTP addresses:
http://192.168.1.8:7778/acc
jul. 02, 2019 4:55:48 P. M. jade.core.AgentContainerImpl joinPlatform
INFO: -----
Agent container Main-Container@192.168.137.1 is ready.
-----

```

Figura 27. Archivo Bat para la creación de los agentes AA y AD
Elaborado por: el autor

El software JADE responde con la siguiente interfaz gráfica que aparece en la figura 28.

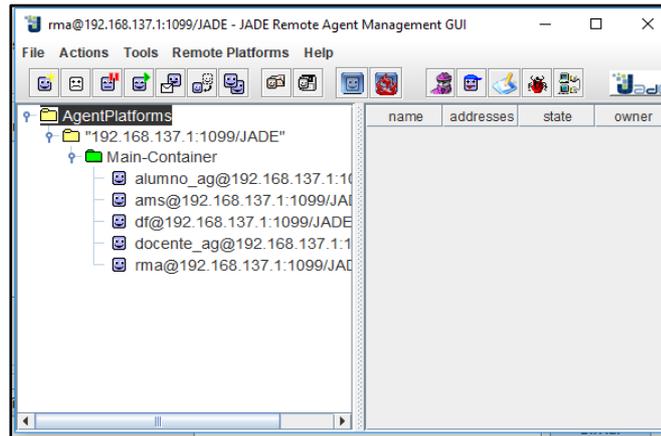


Figura 28. Interfaz gráfica de JADE
Elaborado por: el autor

La creación de los agentes es realizada dando clic en la barra principal a Actions/Star New Agent. Por ejemplo, el agente AD es creado ingresando el nombre y clase del agente como se presenta en la figura 29.

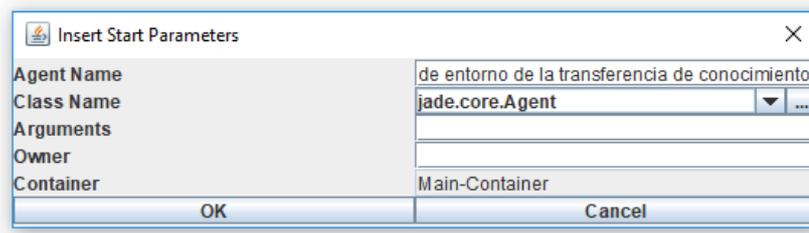


Figura 29. Interfaz gráfica de JADE para crear agentes
Elaborado por: el autor

A continuación, se presenta la figura 30 con la interfaz de JADE incluyendo los agentes AD, AA, ATC, AFD (df), ams y rma. Nótese en la barra principal que hay pestañas de File, Actions, Tools, Remote Platforms y Help. En la pestaña de Actions se encuentran las opciones para crear, eliminar, suspender, migrar y clonar agentes, así como otras acciones adicionales. Véase la figura 31. En esta misma figura, se observa un agente denominado “*Sniffer Agent*” con la finalidad de localizar y eliminar errores o anomalías en JADE. Este agente almacena las conversaciones entre agentes. Para probar el comportamiento de otro agente, JADE propone el uso del “agente *dummy*” con la capacidad de enviar y recibir mensajes.

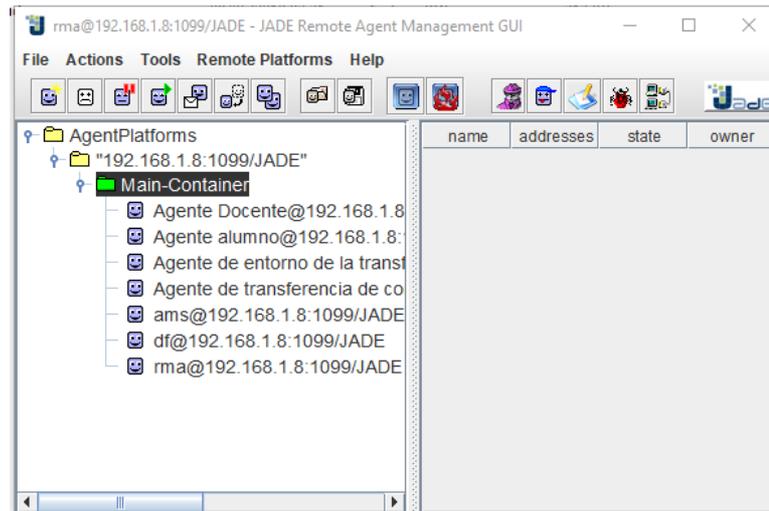


Figura 30. Interfaz del main container de TRACOTI con los agentes AD, AA, ATC, AFD (df), ams y rma
Elaborado por: el autor

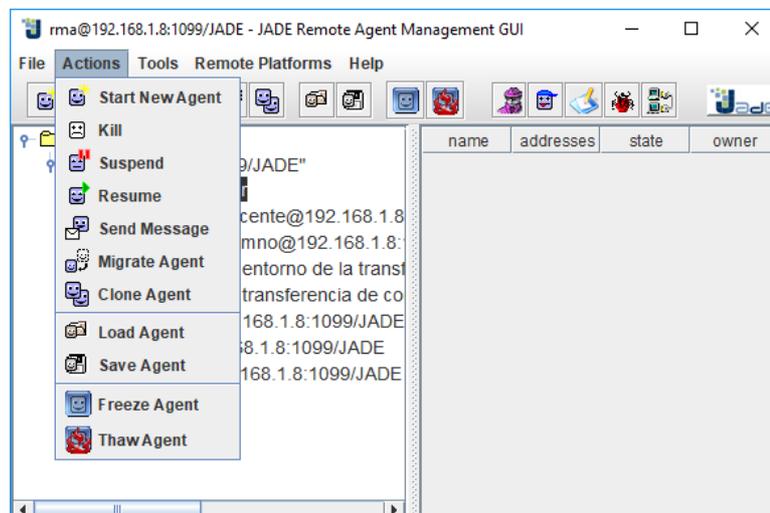


Figura 31. Gráfica de la interfaz del main container con la pestaña Actions desplegada.
Elaborado por: el autor

5.4.4. Validación de resultados de TRACOTI

En esta sección se presenta la implementación del prototipo que corresponde a la conversación entre el docente y el alumno utilizando los agentes AD y AA, y sirve para ilustrar la forma en que estos agentes funcionan en el sistema TRACOTI. Se pueden enviar mensajes libres, así como algunos predefinidos, pero solo se registran los mensajes que le llegan al agente, no se realiza ni se desencadena ninguna acción a posterior. El proceso empieza ejecutándose el archivo runJade.bat. para invocar a JADE con su *main container* y con los agentes AA y AD. Las

figuras 32, 33, 34 y 35 presentan el símbolo del sistema con el bat ejecutado; el *main container* con los agentes AA y AD creados; el agente AA enviando el mensaje, “Estimado profesor, los apuntes requieren ser revisados”; y el agente AD, recibiendo el mensaje anterior.

```

jul. 02, 2019 4:55:47 P. M. jade.imtp.leap.LEAPIMTPManager initialize
INFO: Listening for intra-platform commands on address:
- jicp://192.168.137.1:1099

jul. 02, 2019 4:55:47 P. M. jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.management.AgentManagement initialized
jul. 02, 2019 4:55:47 P. M. jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.messaging.Messaging initialized
jul. 02, 2019 4:55:48 P. M. jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.resource.ResourceManagement initialized
jul. 02, 2019 4:55:48 P. M. jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.mobility.AgentMobility initialized
jul. 02, 2019 4:55:48 P. M. jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.event.Notification initialized
jul. 02, 2019 4:55:48 P. M. jade.mtp.http.HTTPServer <init>
INFO: HTTP-MTP Using XML parser com.sun.org.apache.xerces.internal.jaxp.SAXParser
Impl$JAXPSAXParser
jul. 02, 2019 4:55:48 P. M. jade.core.messaging.MessagingService boot
INFO: MTP addresses:
http://192.168.1.8:7778/acc
jul. 02, 2019 4:55:48 P. M. jade.core.AgentContainerImpl joinPlatform
INFO: -----
Agent container Main-Container@192.168.137.1 is ready.
-----

```

Figura 32. Archivo Bat para la creación de los agentes AA y AD
Elaborado por: el autor

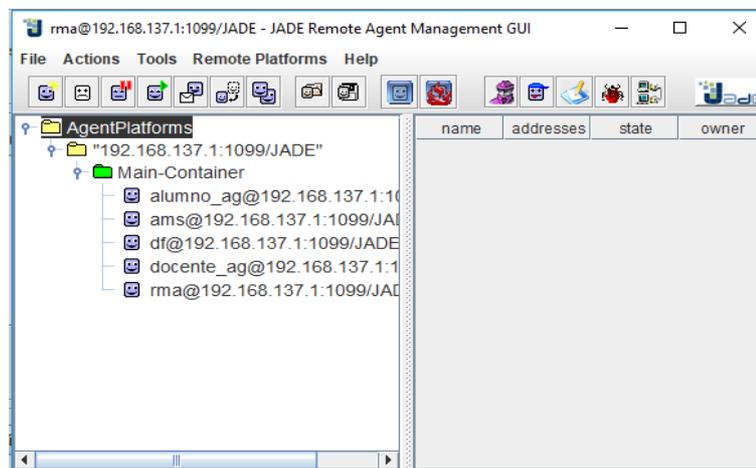


Figura 33. Main container con los agentes AA y AD creados en JADE
Elaborado por: el autor

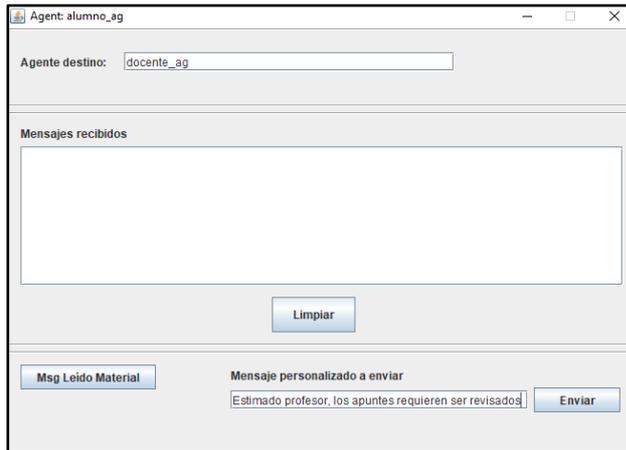


Figura 34. Agente alumno enviando un mensaje al agente docente
Elaborado por: el autor

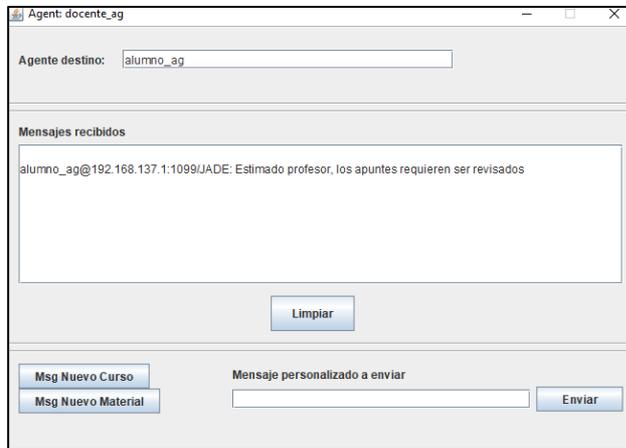


Figura 35. Agente docente recibiendo un mensaje del agente alumno
Elaborado por: el autor

5.4.5. Esquema del funcionamiento de TRACOTI

El proceso de validación que realiza el sistema TRACOTI con los agentes AD, AA, ATC y AFD es esquematizado en la figura 36. Nótese en esta figura que cada etapa del proceso tiene a su costado su correspondiente descripción.

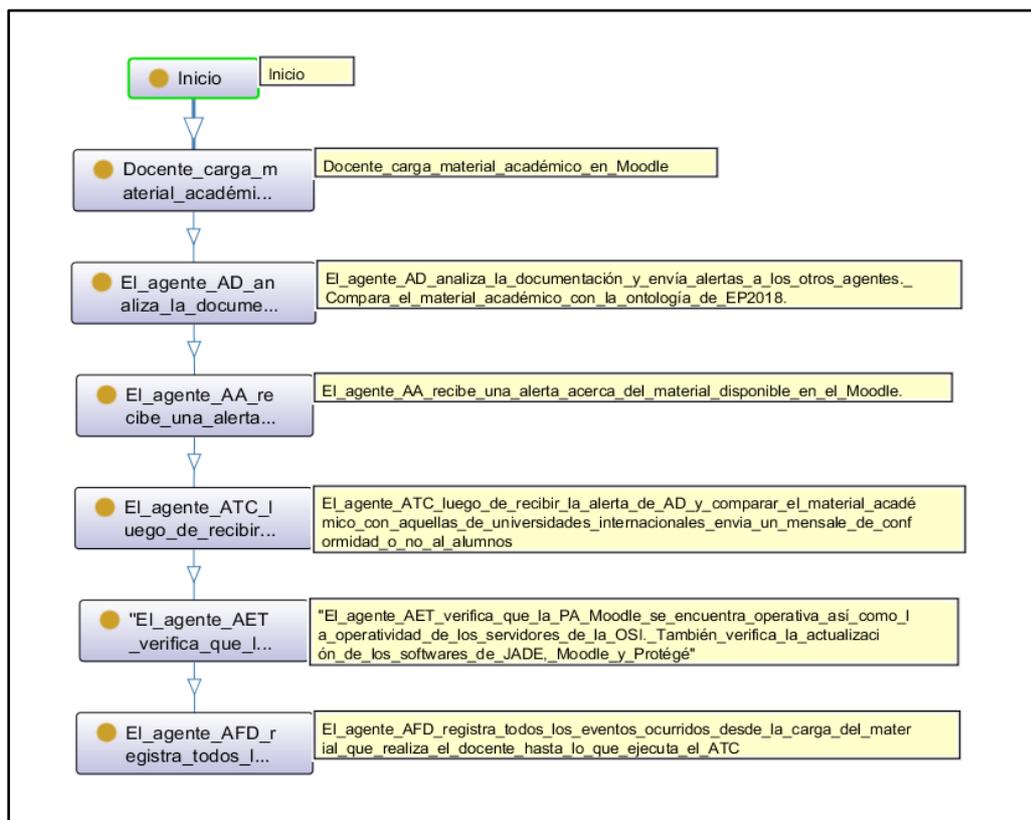


Figura 36. Esquema del proceso de validación de material académico que realiza TRACOTI
Elaborado por: el autor

5.4.6. Máquina virtual y manual de usuario de la primera aproximación de TRACOTI

La primera aproximación de TRACOTI y su máquina virtual para notificar cambios en Moodle se encuentran en <https://drive.google.com/drive/folders/1A4V32BMa5qviyR0pfLdNcWwgg3x4GhUd>. La documentación de la instalación de la máquina virtual se encuentra en el anexo 4.

5.4.7. Resumen

A continuación se presenta en la tabla 6 un resumen de los recursos físicos, tecnológicos y humanos utilizados en la primera aproximación de TRACOTI.

Tabla 6. Resumen de los recursos humanos, físicos y tecnológicos usados en TRACOTI
Elaborado por: el autor

Recurso	Cargo/Tipo	Descripción
Humanos	Líder del proyecto	Jorge Chue Gallardo
	Jefe de la Oficina de Servicios Informáticos de la UP	Yolanda Condor Mori
	Especialista en Moodle y agentes de la empresa Workana	Carles Royan Salvatella
	Responsable de la red de la UP	Christian Zacarías Casas
Hardware	Servidor DELL PowerEdge R630 Storage EMC Unity 400	Contiene al Moodle versión 2.3.11 de la UP
	Laptop Lenovo i5-4210U Windows 10 x64 CPU @ 1.70GHz, 2401 Mhz, 2 procesadores principales y 4 procesadores lógicos. RAM 6.0 GB 1TB	Instalación de la Máquina virtual
Software	JADE	Software para la construcción de agentes
	Protégé	Software para la construcción de la ontología
	VM Ware	Software para la construcción de la máquina virtual
	Java Development Kit 8+ (JDK)	Entorno de desarrollo de aplicaciones basado en JAVA
	Lucene	Motor de búsqueda gratuita de código abierto escrito en JAVA
	WildFly	Software para crear aplicaciones web y máquinas virtuales. Conecta bases de datos y páginas web.
	Internet	Sistema global de redes de computadoras interconectadas de 250 Mbps
JDBC	JDBC es un acrónimo de Java Database Connectivity. JDBC es un estándar desarrollado para mover datos de frontend a backend.	

5.5. Plan de Gestión y Trabajos Futuros – Objetivo específico 5

En la tabla 7, se presentan las etapas del plan de implementación con sus actividades y el respectivo diagrama de Gantt para TRACOTI.

Tabla 7. Diagrama de Gantt del Plan de implementación de TRACOTI
 Fuente: Cadillo, Córdova, Huarcaya, & Valderrama, 2019
 Elaborado por: el autor

Etapas	Actividad	Año 1												Año 2											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Preparación del proyecto TRACOTI	Reunión con autoridades de la UP	■	■																						
	Definición de ambiente físico	■	■	■																					
	Definición de la infraestructura tecnológica		■	■	■																				
	Construcción del laboratorio especializado					■	■	■	■	■	■	■	■												
	Adquisición de hardware y software								■	■	■	■													
	Instalación y cableado de los equipos									■	■	■	■												
	Definición contratación del equipo técnico									■	■	■	■												
	Identificación de los usuarios de TRACOTI									■	■														
Lanzamiento del proyecto TRACOTI												■													
Realización del proyecto TRACOTI	Instalación y configuración del sistema													■											
	Modelamiento de los procesos														■	■									
	Pruebas de TRACOTI														■	■									
Preparación final (Pre producción)	Capacitaciones														■	■									
	Pruebas de los usuarios de TRACOTI															■	■								
	Entrega de TRACOTI																■	■							
	Puesta en marcha de TRACOTI																	■	■						
Salida a producción	Documentación de incidencias																		■						
	Reporte de resolución de incidencias																			■					
	Validación de los usuarios de la operatividad de TRACOTI																				■	■			

En la tabla 8, se presenta el presupuesto aproximado para la implementación del prototipo de TRACOTI a noviembre del 2019.

Tabla 8. Presupuesto para la implementación de TRACOTI

Elaborado por: el autor

Hardware	Número de unidades	USD	Soles (TC=3.40)
Servidor de aplicaciones: Lenovo Storage N4610 36tb Sata 32gb Ram Xeon E5 2603 V3 Negro ^(a)	1	59,999	203,996.6
Servidor de base de datos: Lenovo Sotrage N4610 36tb Sata 32gb Ram Xeon E5 2603 V3 Negro	1	59,999	203,996.6
Software			
LMS (Moodle/Canvas/Blackboard) ^(b)	1	4,200	14,280
Licencias de VM Ware (Enterprise Plus), Red Hat, JAVA, otros ^(c)	5	20,000	68,000
Internet 500 Mbps ^(d)	1	1,800	6,120
Personal (remuneración anual)			
Jefe	14 sueldos	3,000	142,800
Administrador de la Red	14 sueldos	2,500	119,000
Administrador de la base de datos	14 sueldos	2,500	119,000
Programadores	14 sueldos	1,800	85,680
Mantenimiento (anual)			
Gastos de oficina		1,200	4,080
Gastos de limpieza			
Gastos en agua, electricidad, teléfono, celular		9,600	32,640
		Total (soles)	1'003,673
Costo aproximado de una construcción de 148 metros cuadrados en La Molina ^(e)			869,550

Total **1'873,223**

^{a/} https://www.amazon.com.mx/Lenovo-Sotrage-N4610-36tb-Negro/dp/B07S8D5KQ7/ref=sr_1_9?adgrpid=1155587145783025&hvad id=72224269840401&hvbmt=bb&hvdev=c&hvlocphy=148&hvnetw=s&hvqmt=p&hvtargid=kwd-72224548789070&hydadcr=26973_10203035&keywords=servidores&qid=1572209629 &smid=A1T2JE 2TBUDOQ5&sr=8-9

^{b/} <https://www.moodle.ec/precios/>

^{c/} <https://virtualizadesdezero.com/licencias-vmware-vsphere/>

^{d/} <https://www.claro.com.pe/negocios/fijos/internet-plus/>

^{e/} Fuente: (Urbanía, 2018)

Nota: -En caso de usarse los servicios de cloud computing se deben recalcular los precios

Los trabajos futuros que se recomiendan realizar corresponden a los siguientes temas:

- Desarrollar un plan de sensibilización y socialización de TRACOTI
- Implementar TRACOTI en otros contextos como universidades privadas y cursos de los últimos semestres de diferentes carreras profesionales.
- Buscar convenios que brinden apoyo económico para afrontar los gastos en la implementación de TRACOTI
- En el campo académico, se recomienda investigar los siguientes temas: agentes y máquinas de aprendizaje, agentes y Big Data, agentes y *deep learning*, integración de agentes a R y Python.

5.6. Simulación para calcular la tasa de acierto

La simulación fue realizada con el software R (R Core Team, 2016) con la función GLM para modelos lineales generalizados. La técnica estadística utilizada para predecir una variable binaria (aprobado o desaprobado) es la regresión logística en función de un conjunto de variables predictoras X_1, X_2, \dots, X_p cualitativas o cuantitativas. Este tipo de modelo no requiere la suposición de la distribución normal. La regresión logística no requiere que exista una relación lineal entre la variable respuesta Y , y las variables predictoras X_1, X_2, \dots, X_p (Bayaga, 2010). El modelo de RL según (Agresti, 2002) es

$$\log\left(\frac{\hat{\pi}}{1-\hat{\pi}}\right) = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \dots + \hat{\beta}_p X_p \quad (1)$$

Los parámetros del modelo de RL fueron estimados por el método de máxima verosimilitud, de tal forma que el valor de $\hat{\pi}$ maximiza la función de verosimilitud de la distribución binomial. Mayores detalles acerca del cálculo del $\hat{\pi}$ y su correspondiente interpretación se pueden encontrar en (Agresti, 2002). Las variables utilizadas en la RL fueron las siguientes:

- x1. ¿Cuántas horas semanales utiliza el aula virtual? (Cuantitativa pero categorizada)

- x2. El tiempo que dedico al aula virtual aumenta significativamente cuando se aproximan las prácticas y exámenes. (Likert 5 puntos)
- x3. Los apuntes de clase (presentaciones, archivos Word y PDF, videos, fotos) que los profesores cargan en el aula virtual están alineados con el sílabo del curso. (Likert 5 puntos)
- x4. El profesor carga sus apuntes de clase en el aula virtual al inicio del semestre académico. (Likert 5 puntos)
- x5. Las preguntas que plantea el profesor en las prácticas calificadas y los exámenes son originales. (Likert 5 puntos)
- x6. Me gustaría recibir mensajes de alerta en mi correo y/o celular cuando ocurran cambios en el material académico cargado en el aula virtual. (Likert 5 puntos)
- x7. El profesor actualiza en forma regular su material académico que se encuentra en el aula virtual. (Likert 5 puntos)
- x8. Tengo confianza de que el material académico cargado por el profesor en el aula virtual es similar al utilizado en universidades de prestigio nacional e internacional. (Likert 5 puntos)
- x9. Los archivos que descargo del aula virtual los comparto con mis amigos. (Likert 5 puntos con una opcional de otros)
- Y: Variable binaria de aprobación o desaprobación del curso. Se simularon 189 datos utilizando una distribución Bernoulli con parámetro $\pi=0.3125$ que es la tasa promedio de desaprobados en el curso EP2018.

Dos escenarios fueron analizados para comparar el efecto del uso del aula virtual: un escenario con la variable x1 y otro sin la variable x1.

Luego de realizar 10 simulaciones considerando la variable x1, la tasa promedio de acierto en la predicción fue 67.72% (Véase en el anexo 3 el código de R). Esta tasa puede mejorarse si se incluyen otras variables en la regresión logística como: promedio ponderado acumulativo, nota obtenida en el curso prerequisite, número de créditos matriculados entre otras. El reporte de R para una corrida se presenta a continuación:

```

des<-rbinom(189,1,0.3125)
> tesis<-cbind(tesis,des)
> m <- glm(des ~ ., family=binomial,data = tesis)
> m

Call:  glm(formula = des ~ ., family = binomial, data = tesis)

Coefficients:
(Intercept)          x1          x2          x3          x4
-1.360676    -0.561136     0.351711    -0.298537    -0.008892
0.388194          x6          x7          x8          x9          x10
-0.147538     0.075879     0.175100    -0.011831    -0.098346     -
0.222675

Degrees of Freedom: 188 Total (i.e. Null);  177 Residual
Null Deviance:      239.2
Residual Deviance: 231.2      AIC: 255.2
> new=data.frame(tesis[,-12])
> pred1<-predict(m,new,type="response")
> des.pred1=rep("No",189)
> des.pred1[pred1>0.65]="Yes"
> table(des.pred1,des)
      des
des.pred1 No  Si
No      127  61
Yes       0   1

```

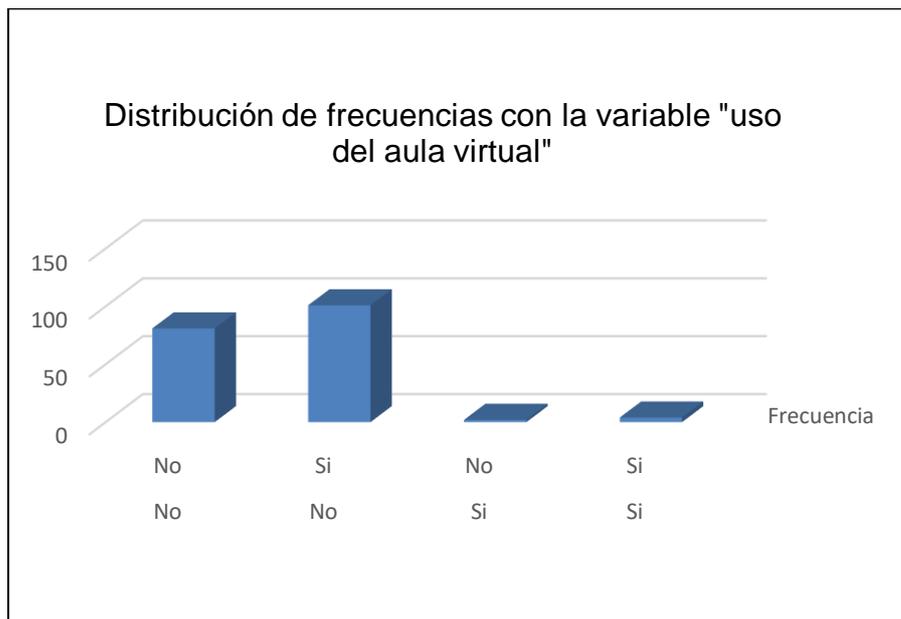


Figura 37. Distribución de frecuencias con la variable uso del aula virtual
Elaborado por: el autor

En el escenario correspondiente a no considerar la variable x1, la tasa promedio de acierto en la predicción fue 44.97%. El reporte de R para este escenario se presenta a continuación.

```

des2<-rbinom(189,1,0.3125)
> tesis2<-cbind(tesis2,des2)
> m <- glm(des2 ~ ., family=binomial,data = tesis2)
> m

```

```

Call: glm(formula = des2 ~ ., family = binomial, data = tesis2)

Coefficients:
(Intercept)          x2          x3          x4          x5
x6
-1.20298      -0.47697      0.83206      -0.09274      -0.08412
0.16605
          x7          x8          x9          x10          x11
          0.04791      0.21076      -0.42124      -0.09714      0.24394

Degrees of Freedom: 188 Total (i.e. Null); 178 Residual
Null Deviance: 226.1
Residual Deviance: 213 AIC: 235
> new=data.frame(tesis2[,-11])
> pred1<-predict(m,new,type="response")
> des.pred1=rep("No",189)
> des.pred1[pred1>0.65]="Yes"
> table(des.pred1,des)
      des
des.pred1  0  1
No       81 101
Yes       2   4

```

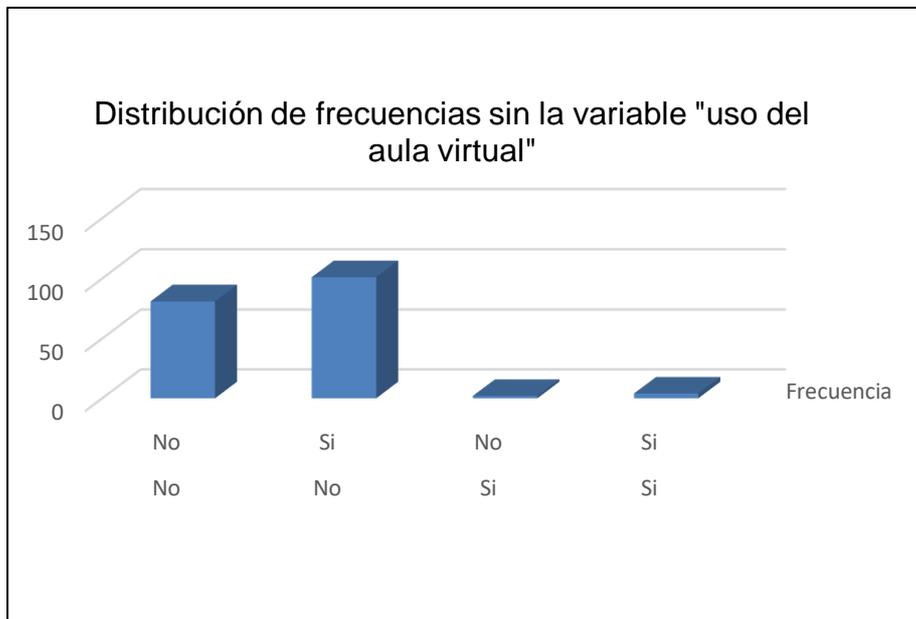


Figura 38. Distribución de frecuencias sin la variable uso del aula virtual
Elaborado por: el autor

Los resultados anteriores indican que el uso del aula virtual contribuye a mejorar la tasa de predicción de aprobación del EP2018 desde la perspectiva de la simulación. Estos resultados son una primera aproximación y requieren un análisis con mayor número de variables.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

Los resultados de las encuestas a estudiantes permitieron detectar diversos aspectos en el proceso de aprendizaje que necesitan ser mejorados. Desconocimiento del sílabo, formulación de preguntas originales en los exámenes, uso del aula virtual, mejora de la conexión a Internet y actualización del Moodle son algunos de los puntos que los alumnos señalan como puntos débiles en el proceso de aprendizaje. La presente tesis busca ayudar a resolver el problema de la carga de archivos en el aula virtual en forma oportuna cumpliendo los estándares de calidad, para lograrlo utiliza la tecnología de los agentes de software.

La construcción del prototipo de TRACOTI fue realizada durante varias etapas que requirieron investigar y aprender diferentes tecnologías. La primera etapa empezó con el aprendizaje de JAVA que es el prerequisite para entender JADE y de esta manera construir los agentes. El primer problema que se detectó es que Moodle está desarrollado en PHP y JADE en JAVA. Para resolver este problema se utilizaron la Java Database Connectivity (JDBC) para la conectividad a las bases de datos y el driver JDBC para MySQL disponible en <https://dev.mysql.com/downloads/connector/j/5.1.html>. Otro problema que se encontró en la construcción del prototipo TRACOTI es que tanto Moodle como los agentes de JADE deberían estar en un mismo servidor. La solución a este problema fue la creación de una máquina virtual con VM-ware disponible en <https://www.vmware.com/latam.html>. Simultáneamente a las acciones anteriores se procedió a descargar y

aprender a utilizar el software Protégé para la construcción de la ontología de EP2018. El tiempo de demora para el aprendizaje de Protégé fue de aproximadamente cuatro horas efectivas.

Luego de resolver los inconvenientes antes mencionados se procedió a integrar las diferentes aplicaciones y se obtuvo el prototipo de TRACOTI en la plataforma de JADE. En esta primera aproximación del prototipo de TRACOTI se entendió con mayor profundidad la dimensión del problema a resolverse. El autor de esta tesis considera que el principal problema fue la ausencia casi completa de profesionales especializados en la tecnología de agentes en el Perú, así como la falta de recurso humano preparado en integración de aplicaciones. Este tipo de investigación no es ajena al problema de la falta de recursos económicos para disponer de las mejores condiciones (compra de licencias y artículos científicos, pago de honorarios profesionales a los programadores, asistencia a seminarios y congresos en el exterior, entre otras) para lograr los objetivos propuestos.

Un resultado interesante de la simulación de la tasa de acierto de EP2018, considerando el uso del aula virtual, es que llegó a ser 67.72%. Este valor puede mejorarse utilizando mayor información proveniente de los alumnos.

Otro aspecto importante en el desarrollo de la tesis fue el apoyo de las autoridades de la UP y en particular del personal de la unidad de informática, este respaldo permitió el ingreso y el uso de las instalaciones necesarias de la UP, específicamente el ingreso al servidor en que se encuentra el Moodle, con toda la información académica de los docentes, fue crucial para el desarrollo de esta investigación.

6.1. Aporte al Conocimiento

El conocimiento alcanzado con esta investigación permitirá realizar futuras investigaciones de la aplicación de la tecnología de agentes en el área educativa, como por ejemplo: detección de alumnos desertores, identificación de alumnos en riesgo de ser separados de la universidad por bajo rendimiento académico, detección de plagio por parte de

alumnos y docentes, evaluación permanente de la calidad de la investigación que realizan los docentes de las universidades, entre otras.

Por otro lado, es conocido que la gestión educativa de las universidades públicas peruanas requiere de soluciones tecnológicas innovadoras que sean viables para lograr alcanzar los niveles que tienen las mejores universidades del mundo. En este contexto, el aporte al conocimiento explícito de las universidades por parte de TRACOTI, como herramienta informática gratuita y disponible para las 40 universidades públicas licenciadas por SUNEDU al 5 de noviembre del 2019, permitiría monitorear en línea el desarrollo de las clases y el cumplimiento de sus calendarios académicos. Otros aportes serían el monitoreo y estandarización de los procesos educativos (matrícula regular y extemporánea, retiro de cursos, aplicación de exámenes de rezagados, desarrollo de tesis por parte de alumnos y profesores, entre otros) para facilitar la acreditación de las universidades públicas que exige la SUNEDU cada cierto tiempo.

Lo anterior es una parte de la amplia gama de aplicaciones que tiene la tecnología de agentes que puede extenderse, con las modificaciones respectivas, a instituciones privadas de diferente naturaleza. Algunas de estas aplicaciones serían: la gestión de las ventas, la gestión de los inventarios, la gestión de los procesos de producción y logística, la gestión de los recursos humanos, la gestión financiera, la gestión de la cartera de clientes, entre otras. Dos factores serían gravitantes para lograr la difusión de agentes a nivel masivo: firme decisión de las autoridades del más alto nivel e inversión en infraestructura y educación.

CONCLUSIONES

1. La metodología de construcción de agentes utilizando JADE fue desarrollada, esta demostró su viabilidad con los diferentes agentes creados; asimismo, quedó demostrada la necesidad de conocer el lenguaje de programación JAVA con sus correspondientes plugins de integración con otros softwares para el correcto funcionamiento de TRACOTI.
2. Se identificó que los docentes de la UP hacen poco uso del aula virtual, aquellos que cargan sus archivos dejan de tener contacto con los alumnos durante el semestre, la actualización de los archivos es casi nula y no existe retroalimentación de los alumnos. Las preocupaciones y el descontento de los profesores de la UP son la baja remuneración que reciben, la falta de capacitación en sus áreas de especialización y la falta de incentivos para realizar investigaciones serias en el país.
3. En cuanto a los alumnos se encontró que: un grupo de alumnos no conocen el aula virtual y aquellos que lo usan lo hacen con mayor frecuencia en época de prácticas y exámenes, no existen indicadores del uso de los archivos de EP2018 por los alumnos, ellos desean recibir alertas en sus celulares y/o correos electrónicos de los cambios que ocurren en el material académico cargado en el LMS. No existe un sistema de alertas que comunique a los profesores con los alumnos.

4. La evaluación de las metodologías de la construcción de agentes permitió identificar la heterogeneidad de las mismas y conocer las características de cada una de ellas para su correcta aplicación. Los principales criterios utilizados en la evaluación fueron: facilidad de uso, escalabilidad, costo y vigencia. La plataforma JADE fue la elegida para la construcción de los agentes de TRACOTI.
5. El software Protégé es gratuito y su aprendizaje es sencillo. La construcción de la ontología de EP2018 fue fácil gracias a la disponibilidad del sílabo respectivo. La construcción de las clases y sub-clases fue realizada sin mayores inconvenientes, así como la gráfica con la opción de onto graph.
6. La máquina virtual con VMware fue construida utilizando la información disponible en <https://www.vmware.com/products/workstation-pro/workstation-pro-evaluation.html>. Esta construcción requirió el apoyo de un especialista en informática. Luego de la construcción se empezó a desarrollar el prototipo del sistema TRACOTI.
7. Se elaboró un plan de implementación teniendo en consideración diversas etapas y actividades cuya ejecución demoraría aproximadamente 22 meses con un costo aproximado de S/.1'873,223 soles incluyendo la construcción física de un laboratorio en un terreno de 148 metros cuadrados en el distrito de La Molina.
8. El prototipo de TRACOTI fue construido de acuerdo a lo planificado siguiendo las pautas de JADE, los requerimientos de VMware y las condiciones del Moodle. Algunos de los problemas encontrados fueron:
 - La versión 2.3.11 de Moodle de la UP está desactualizada, la actual es 3.8. Hay una diferencia de versiones de 5 años 7 meses, tanto así que Moodle ya no da soporte a la versión 2.3.11 como se indica en https://docs.moodle.org/all/es/dev/Historia_de_las_versiones#Moodle_2.3

- Los agentes de JADE están programados en JAVA mientras que Moodle está programado en PHP. Este problema fue resuelto con la utilización de Java Database Connectivity (JDBC) para la conectividad a las bases de datos y el driver JDBC para MySQL disponible en <https://dev.mysql.com/downloads/connector/j/5.1.html>.
9. El material académico cargado en Moodle no está disponible en forma directa. La solución de este problema fue realizada con el motor de búsqueda de código abierto Apache “Lucene” disponible en <https://lucene.apache.org/>
- El beneficio de TRACOTI se manifiesta en el siguiente escenario, al 05/11/2019 la SUNEDU ha otorgado 81 licenciamientos (79 universidades y dos Escuelas de Posgrado) con 2886 programas de estudios de pregrado según <https://www.sunedu.gob.pe/sibe/> y considerando que cada programa de estudios tiene como mínimo 50 cursos resultan aproximadamente 144,300 potenciales aplicaciones de TRACOTI cada semestre académico. Este tipo de beneficio de TRACOTI podría extenderse a los demás sectores de la sociedad en que se emitan informes profesionales como son los informes médicos y judiciales.
 - La utilización gratuita de TRACOTI en las universidades públicas es un compromiso que asume el autor de la presente investigación como retribución a la educación recibida en las siguientes universidades: Universidad Nacional Agraria La Molina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos y Universidad Nacional del Santa.
10. Desde la perspectiva de la simulación, se encontró que el “uso del aula virtual” es una variable que ayuda a aumentar la tasa de acierto con la regresión logística.

RECOMENDACIONES

1. Enseñar la tecnología de agentes en cursos de pregrado y posgrado porque permitiría desarrollar nuestra propia tecnología de integración y automatización de diversos procesos que se realizan en diferentes áreas del conocimiento; por ejemplo: control de la velocidad vehicular con agentes insertados a los celulares de los chóferes, alertas sobre violencia familiar en los diferentes distritos del país mediante la construcción de aplicaciones disponibles en los celulares, agentes conectados a las cámaras para detectar a delincuentes entre otras. En el mercado internacional existen soluciones a algunos de los problemas mencionados, pero lo importante es que los estudiantes hagan lo mismo para desarrollar nuestro propio capital intelectual, crear nuevos puestos de trabajos, nuevas carreras profesionales y contribuir al desarrollo tecnológico del país.
2. Enseñar integración de aplicaciones y las soluciones disponibles. Este es un problema permanente en informática debido a la existencia de diferentes aplicaciones muy útiles que resuelven problemas específicos pero que requieren ser interconectados para innovar procesos, mejorar servicios y resolver problemas complejos como es el caso de Big Data.
3. Apoyar en forma permanente a los doctorandos en el desarrollo de sus tesis. La asesoría y seguimiento de las tesis de los doctorandos debe ser estructurada con plazos y entregas de los avances para motivar su finalización en el tiempo más corto posible. El autor de esta investigación considera que las subvenciones económicas y apoyo de infraestructura física y tecnológica a los doctorandos son fundamentales para el éxito de

un programa doctoral. La ausencia de estos recursos crea incertidumbre y demora en el desarrollo de la tesis.

4. Investigar acerca del rendimiento, robustez y escalabilidad de TRACOTI en contextos donde el material académico contenga datos complejos como imágenes, videos y grabaciones de entrevistas.
5. Mejorar TRACOTI mediante la interacción de agentes de diversos cursos con sus prerrequisitos. Este monitoreo permitiría conocer realmente si los contenidos de los cursos prerrequisitos son necesarios para los cursos siguientes.
6. Investigar un agente de entorno de la transferencia de conocimiento (AET): este agente monitorea dos niveles del entorno en que se desarrolla el conocimiento: global e individual. A nivel global, verifica que existe un nivel apropiado de actividades y eventos que contribuyan a que el ambiente universitario sea el idóneo para que la TC sea efectiva. AET también monitorea el nivel de atención que brinda la sociedad al conocimiento. A nivel individual, vigila que la TC haya sido efectiva.
7. Ampliar los resultados de TRACOTI a las universidades privadas peruanas aplicando las modificaciones que correspondan.
8. Continuar aplicando técnicas de máquinas de aprendizaje para descubrir patrones y tendencias en los alumnos, y de esta manera mejorar el proceso de transferencia de conocimiento.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arias Pérez, J. E., & Aristizábal Botero, C. A. (2011). Transferencia de conocimiento orientada a la innovación social en la relación ciencia-tecnología y sociedad. *Pensamiento & Gestión*(31), 137-166. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/pege/n31/n31a08.pdf>
- Abar, S., Theodoropoulos, G., Lemarinier, P., & O'Hare, G. (2017). Agent Based Modelling and Simulation tools: A review of the state-of-art software. *Computer Science Review*, 13-33. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1574013716301198>
- Abbas, A., Avdic, A., Chang Barker, K., & Xiaobao, P. (2018). Process of Knowledge Transfer from Universities to Industry through University Technology Transfer Offices in China: The Case of Anhui Province. *School of Public Affairs, University of Science and Technology of China*, 14(2), 5-18. Recuperado de <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/134000/02-Asad%20Abbas.pdf?sequence=1>
- Abu Shawar, B., & Atwell, E. (2007). Different measurements metrics to evaluate a chatbot system. *Proceedings of the workshop on bridging the gap: Academic and industrial research in dialog technologies*, 89-96. New York, USA. Recuperado de <https://www.aclweb.org/anthology/W07-0313.pdf>
- AgentBuilder. (noviembre, 2011). *Why, When, and Where to Use Software Agents*. Recuperado de <http://www.agentbuilder.com/Documentation/whyAgents.html>
- Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis* (Primera edición). New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.,.
- Alemán, M. B., Navarro de Armas, O., Suarez, R., Sánchez, M., & Encinas, T. (2019). La preparación profesoral para el desarrollo de la motivación profesional en estudiantes de la carrera de medicina. *Revista Médica Electrónica*, 41(1), 221-231. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1684-18242019000100221&script=sci_arttext&lng=pt
- American Statistical Association. (julio, 2016). *Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education (GAISE) College Report 2016*. Recuperado de American Statistical Association: https://www.amstat.org/asa/files/pdfs/GAISE/GaiseCollege_Full.pdf
- Amiel, T., & Reeves, T. (2008). Design-Based Research and Educational Technology: Rethinking Technology and the Research Agenda. *Journal*

of Educational Technology & Society, 11(4), 29-40. Recuperado de https://www.ds.unipi.gr/et&s/journals/11_4/3.pdf

Arias, F., Moreno, J., & Ovalle, D. (2007). Integración de Ontologías y Capacidades de Razonamiento en Agentes de Software Inteligentes para la Simulación del Proceso de. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 4(2), 13-24. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1331/133116858003.pdf>

ASA. (2019). *Journal of the American Statistical Association*. Recuperado de American Statistical Association: <https://amstat.tandfonline.com/loi/uasa20>

Badica, C., Budimac, Z., Burkhard, H.-D., & Ivanovic, M. (2011). Software agents: Languages, tools, platforms. *Computer Science and Information Systems*, 8(2), 255-298. Recuperado de Software Agents: Languages, Tools, Platforms: <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/1820-0214/2011/1820-02141100013B.pdf>

Bayaga, A. (2010). Multinomial Logistic Regression: Usage and Application in Risk Analysis. *Journal of Applied Quantitative Methods*, 5(2), 288-297. Recuperado de <http://jaqm.ro/issues/volume-5,issue-2/pdfs/bayaga.pdf>

Bellifemine, F., Caire, G., & Greenwood, D. (2007). *Developing Multi-Agent Systems with JADE*. England: John Wiley & Sons.

Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación* (Tercera edición). Colombia: Pearson Hall. Recuperado de <http://anyflip.com/vede/ohla/basic>

Bernuy, A. (2011). Knowledge Management and E-Business. *Conference on Knowledge Management & Information Sharing KMIS2011*, 337-340. Paris, France. <http://www.kmis.ic3k.org/>

Bernuy, A., & García, V. (2006). Collaboration Model in E-Learning for Universities Based on Agents. (D. Kumar, & J. Turner, Edits.) *IFIP World Computer Congress*, 210, 267-271. Recuperado de https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-0-387-34731-8_29.pdf

Bernuy, A., & Joyanes, L. (2008). Collaborative e-Business and Software Agents. *Innovations and Advanced Techniques in Systems, Computing Sciences and Software Engineering*, 121-126. Recuperado de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-8735-6_23

Blumenthal, D., & Stoddard, R. (octubre, 1999). Implementation planning. *Project Management Institute-the critical step*, 13(10), 80-86.

Recuperado de Implementation planning: the critical step.:
<https://www.pmi.org/learning/library/implementation-planning-critical-step-5118>

- Bremgartner, V., & De Magalhaes Netto, J. (2012). Improving Collaborative Learning by Personalization in Virtual Learning Environments Using Agents and Competency-Based Ontology. *Frontiers in Education Conference Proceedings*, (págs. 1-6). Seattle, USA. doi:10.1109/FIE.2012.6462345
- Cadillo, J., Córdova, J., Huarcaya, J., & Valderrama, V. (03 de octubre de 2019). *Proyecto de mejora en la gestión de la información de la cooperativa de ahorro y crédito de los trabajadores de la SUNAT*. Tesis de maestría. PUCP, Centrum PUCP, Surco.
- Cartier, J., Rudolph, J., & Stewart, J. (2001). The Nature and Structure of Scientific Models. *The National Center for Improving Student Learning and Achievement in Mathematics and Science (NCISLA)*, 1-8. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/John_Rudolph4/publication/234761172_The_Nature_and_Structure_of_Scientific_Models_Working_Paper/links/55b6231308ae092e9655baaa/The-Nature-and-Structure-of-Scientific-Models-Working-Paper.pdf
- Cicirelli, F., Nigro, L., & Sciammarella, P. (abril, 2018). Model continuity in cyber-physical systems: A control-centered methodology based on agents. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 83, 93-107. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1569190X1730179X>
- Dargahi, F. (2014). *Multi-agent System Models for Distributed Services Scheduling*. Concordia University. Montreal: Concordia University. Tesis de doctorado Recuperado de <https://spectrum.library.concordia.ca/978549/>
- de Benito Crosetti, B., & Salinas Ibáñez, J. (junio, 2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa (RIITE)*, 44-59. Recuperado de <https://revistas.um.es/riite/article/view/260631>
- Delic, K. A., & Riley, J. A. (2009). Enterprise Knowledge Clouds: Next Generation KM Systems? *International Conference on Information, Process, and Knowledge Management* (págs. 49-53). IEEE Computer Society. doi: 10.1109/eKNOW.2009.28

- Etzkowitz, H. (junio, 1983). Entrepreneurial Scientists and entrepreneurial universities in American academic science. *Minerva* (2-3), 198-233. doi:<https://doi.org/10.1007/BF01097964>
- Fortino, G., Guerrieri, A., Russo, W., & Savaglio, C. (2015). Towards a Development Methodology for Smart Object-Oriented IoT Systems: a Metamodel Approach. *IEEE International Conference on systems, man, and cybernetics*, 1297-1302. doi:10.1109/SMC.2015.231
- Geuna, A., & Muscio, A. (2008). The governance of University knowledge transfer. *SPRU Electronic Working Paper Series*, 1-30 Paper No. 173. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/23566016_The_governance_of_University_knowledge_transfer
- Giraldo, T. (junio, 2012). Construcción de una metodología para evaluar la sustentabilidad de las políticas de inversión en innovación. *Compendios Empresariales* (72), 10-21. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n72/n72a02.pdf>
- Gómez Sanz, J. (2003). Metodologías para el desarrollo de sistemas multiagente. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial* (18), 51-63. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/28076131_Metodologias_para_el_diseno_de_sistemas_multiagente
- González de la Fe, T. (agosto, 2009). El modelo de Triple Hélice de relaciones universidad, industria y gobierno: un análisis crítico. *Arbor Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 185(738), 739-755. España. Recuperado de <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/327>
- Google Search Help - Manage calculator, unit converter & color codes. (febrero, 2020). *Google Search Help - Manage calculator, unit converter & color codes*. Recuperado de Tendencias de búsqueda: https://www.google.com/search?safe=active&sxsrf=ACYBGNStDz8ZHxGslOnJQ6ApwsD0r6Glzw%3A1580656079578&source=hp&ei=z-U2XqGYIemc5OUP_ZasqA8&q=%28%2814.4MB%29%2F%289.44Mbps%29%29*8&oq=%28%2814.4MB%29%2F%289.44Mbps%29%29*8&gs_l=psy-ab.3...2687.23186..29100...2
- Gruber, T. R. (1993). A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2), 199-220. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1042814383710083>
- Gutierrez-García, J., & Mong Sim, K. (setiembre, 2012). Agent-based Cloud service composition. *The International Journal of Artificial Intelligence, Neural Networks, and Complex Problem-Solving Technologies*, 38(3),

436-464. Recuperado de <https://kar.kent.ac.uk/32021/1/Sim-Agent-based-Cloud--composition.pdf>

Hara, N., Solomon, P., Kim, S.-L., & Sonnenwald, D. H. (2003). An Emerging View of Scientific Collaboration: Scientists' Perspectives on Collaboration and Factors that Impact Collaboration. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54(10), 952-965. Recuperado de <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:870234/FULLTEXT01.pdf>

HN Computing. (febrero, 2007). *Creating a screen-based prototype*. Recuperado de https://www.sqa.org.uk/e-learning/IMAauthoring01CD/page_04.htm

Horridge, M., & Bechhofer, S. (2011). The OWL API: A Java API for OWL Ontologies. *Semantic Web Journal*, 2(1), 11-21. Recuperado de https://scholar.google.com/scholar?q=OWL&hl=en&as_sdt=1%2C5&as_ylo=2010&as_yhi=#d=gs_cit&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AJo4TSKpak-MJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Den

Hou, J., Lü, J., & Du, L. (mayo, 2010). Factors Influencing Knowledge Transfer between Nonprofit Organization and Enterprise. *2010 International Conference on E-Business and E-Government*, 1807-1810. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5592766>

JADE. (agosto, 2014). *JAVA Agent Development Framework*. Recuperado de <http://jade.tilab.com/>

Jain, A. (junio, 2018). *A Beginner's Guide to Rapid Prototyping*. Recuperado de freeCodeCamp: <https://medium.freecodecamp.org/a-beginners-guide-to-rapid-prototyping-71e8722c17df>

Jichang, D., Dapeng, T., & Guoqing, H. (2007). An Agent-Based Knowledge Transfer Model for Implementing and Operating ERP Systems. *Proceedings of ICM' 2007 The 6th International Conference on Management. I*, págs. 3-7. Wuhan: Science Press. Recuperado de <http://www.ecsponline.com/yz/B7EF40BE0E0F2449286F48E102D1BDC76000.pdf>

Kong, X., Liu, D., Xiao, J., & Wang, C. (setiembre, 2019). A multi-agent optimal bidding strategy in microgrids based on artificial immune system. *Energy*, 189, 116-154.

Kravari, k., & Bassiliades, N. (2015). A survey of agent platforms. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 18(1). doi:10.18564/jasss.2661

- LearnTechLib. (2018). *Teaching Statistics: An International Journal for Teachers*. Recuperado de The Learnig and Technology Library: <https://www.learntechlib.org/j/ISSN-0141-982X/>
- Lee, H., & Tran, D. (2015). *Framework for Supporting Students' Approaches to Statistical Investigations*. Recuperado de Friday Institute for Educational Innovation: https://s3.amazonaws.com/fi-courses/tsdi/unit_3/SASI%20Framework.pdf
- Leydesdorff, L. (febrero, 2012). The Triple Helix of University-Industry-Government Relations. *Amsterdam School of Communication Research (ASCoR)*. Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands. Recuperado de <http://eprints.rclis.org/16559/1/The%20Triple%20Helix%20of%20University-Industry-Government%20Relations.Jan12.pdf>
- Li, Z., Li, J., & Li, M. (2008). Research on Factors Influencing Knowledge Transfer and Managerial Mechanisms in the Community of Practice. *2008 Workshop on Power Electronics and Intelligent Transportation System*, 556-560. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4634916>
- Lichang. (2001). The research on the factors of knowledge diffusion based on the knowledge chain. *Science Research Management*, 22(5), 122-127.
- Liemhetcharat, S., & Veloso, M. (2012). Modeling and Learning Synergy for Team Formation with Heterogeneous Agents. *Proceedings of the 11th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, (págs. 365-372). Valencia, Spain. Recuperado de <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2343576.2343628>
- Lilin. (2004). The analysis on barriers and strategies of knowledge transfer. *Science Research Management*, 4, 29-32.
- Lin, F. (2010). Integrating JADE Agents into Moodle. *Athabasca, Alberta*. Recuperado de <https://auspace.athabascau.ca/handle/2149/2605>
- Lipot, L. (2018). *Design and Technology Notes, Animations and Exercises*. Design and Technology Notes, Animations and Exercises. Recuperado de http://www.notesandsketches.co.uk/Design_development.html
- Luke, S., Spector, L., & Rager, D. (1996). Ontology-Based Knowledge Discovery on the World-Wide Web. *Workshop on Internet-Based Information Systems at the 13th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI96)* (págs. 96-102). Maryland: www.aaai.org. Recuperado de <https://www.aaai.org/Papers/Workshops/1996/WS-96-06/WS96-06-013.pdf>

- Lumitex. (junio, 2017). *Prototyping Methodology: Steps on How to Use It Correctly*. Recuperado de <https://www.lumitex.com/blog/prototyping-methodology>
- Lussange, J., Bourgeois-Gironde, S., Palminteri, S., & Gutkin, B. (setiembre, 2019). Multi-agent reinforcement learning for market microstructure statistical inference. *arXiv preprint arXiv:1909.07748*, 1909.07748. Recuperado de <https://arxiv.org/pdf/1909.07748.pdf>
- Maghami, M., & Sukthankar, G. (2012). Identifying influential agents for advertising in multi-agent markets. *AAMAS '12 Proceedings of the 11th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*. 2, págs. 687-694. Orlando: International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems. Recuperado de <http://ial.eecs.ucf.edu/pdf/Sukthankar-Mahsa-AAMAS2012.pdf>
- Mingfei, L., & Jie, Z. (2010). Study on the Mechanisms of Team Learning upon Knowledge Transfer: A Research Based on Social Constructivism Learning Theory. *2010 3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, 196-200. doi:10.1109/ICIII.2010.53
- Monagas-Docasal, M. (2012). El capital intelectual y la gestión del conocimiento. *Ingeniería Industrial*, XXXIII(2), 142-150. La Habana, Cuba Recuperado de <https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/422/452>
- Moodle Pty Ltd. (29 de Enero de 2020). *Higher Education*. (W. P. Moodle Pty Ltd. PO Box 303, Productor). Australia. Recuperado de <https://moodle.com/solutions/higher-education/>
- Moore, R., Arar, R., Ren, G., & Szymanski, M. (2017). Conversational UX design. *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 492-497. Recuperado de <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3027063.3027077>
- Ngounou Ntougam, E., Kamla, V., Mualla, Y., Tchappi, I., Galland, S., Kamgang, J., & Emvudu Wono, Y. (julio, 2019). Towards a multi-agent model to prevent damage caused by cocoa mirids to cocoa pods. *Rencontres des Jeunes Chercheurs en Intelligence Artificielle 2019*, 10-17. Recuperado de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02160273/>
- Onwuegbuzie, A. J., Witcher, A. E., Collins, K. M., Filer, J. D., Wiedmaier, C. D., & Moore, C. W. (2007). Students' Perceptions of Characteristics of Effective College Teachers: A Validity Study of a Teaching Evaluation Form Using a Mixed-Methods Analysis. *American Educational*

- Research Journal*, 44(1), 113-160. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/30069473>
- Ookia. (enero, 2020). *Speedtest.net*. Recuperado de <https://www.speedtest.net/>
- Orloff, J., & Bloom, J. (2014). *Introduction to Probability and Statistics*. Recuperado de Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare: <https://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-05-introduction-to-probability-and-statistics-spring-2014/>
- Othmane, B., & Ahmed Hebri, R. S. (2012). Cloud Computing & Multi-Agent Systems - A New Promising Approach for Distributed Data Mining. *Proceedings of the ITI 2012 34th International Conference on Information Technology Interfaces*, (págs. 111-116). Cavtat, Croatia. doi:10.2498/iti.2012.0370
- Panait, L., & Luke, S. (2005). Cooperative Multi-Agent Learning: The State of the Art. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 11(3), 387-434. Recuperado el 3 de November de 2012, de <https://doi.org/10.1007/s10458-005-2631-2>
- Patel, K., & Patel, S. (2016). Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 6(5), 6122-6131. doi:10.4010/2016.1482
- Gobierno decreta plan de emergencia para universidades públicas que no logren licencia. (21 de octubre del 2019). Peru21. Recuperado de <https://peru21.pe/politica/gobierno-decreta-plan-de-emergencia-para-universidades-publicas-que-no-logren-licencia-noticia/>
- Petersen, J., & Köthe, U. (julio, 2019). Introduction to AWESOME. Recuperado de https://hci.iwr.uni-heidelberg.de/system/files/private/downloads/1437812807/report_jannik_petersen.pdf
- Pritchard, D. (2014). *what is this thing called knowledge?* New York City: Routledge Taylor & Francis Group.
- Protégé. (mayo, 2018). *Protégé*. Recuperado de A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems: <https://protege.stanford.edu/>
- PUCP. (junio, 2019). ¿Cómo detectar plagio?. Lima, Perú. Recuperado de <https://vicerrectorado.pucp.edu.pe/academico/noticias/como-detectar-plagio/>

- R Core Team. (diciembre, 2016). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Recuperado de <https://www.R-project.org/>
- Rahamatullah, M., & Mueller, P. (2010). Comparing Ontology Development Tools Based on an Online Survey. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2010. I*. London: International Association of Engineers (IAENG). Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Paul_Mueller4/publication/45534379_Comparing_Ontology_Development_Tools_Based_on_an_Online_Survey/links/0fcfd50b728e95baab000000.pdf
- Ramos Quispe, T., Froilan, E., Nuñez, D., Inga Arias, M. G., Arias Chávez, D., & Caurcel Cara, M. J. (2019). Actitudes hacia el plagio en estudiantes de Administración de Empresas de dos universidades privadas en Arequipa. *Revista de Psicología Educativa*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n1.264>
- Ricordel, P., & Demazeau, Y. (agosto, 2000). From analysis to deployment: A multi-agent platform survey. (A. Omicini, R. Tolksdorf, & F. Zambonelli, Edits.) *In International Workshop on Engineering Societies in the Agents World*, 93-105. Recuperado de https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=From+analysis+to+deployment%3A+A+multi-agent+platform+survey&btnG=
- Rodríguez Gómez, D. (2006). Modelos para la creación y gestión del conocimiento - Una aproximación teórica. *Educar*, 25-39. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/28160293_Modelos_para_la_creacion_y_gestion_del_conocimiento_una_aproximacion_teorica/link/00b495168367ce2dd5000000/download
- Rodriguez Zoya, L., & Roggero, P. (2015). Modelos basados en agentes: aportes epistemológicos y teóricos para la investigación social. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 60(225), 227-262. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0185191815300258>
- RUJA. (2014). *Universidad de Jaén*. (RUJA: repositorio institucional de producción científica de la Universidad de Jaén) Recuperado el 24 de Octubre de 2014, de <http://ruja.ujaen.es>
- Scutelnicu, A., Lin, F., Kinshuk, T., Graf, S., & McGreal, R. (2007). *Integrating JADE Agents into Moodle*. Athabasca. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/253420055_Integrating_JADE_Agents_into_Moodle

- Senaratne, S., & Amaratunga, D. (2008). A knowledge transfer perspective on research and teaching in higher education. *University of Salford Institutional Repository*. Recuperado de <http://usir.salford.ac.uk/9815/>
- Siegel, D., Waldman, D., Arwater, L., & Link, A. (2004). Toward a model of the effective transfer of scientific knowledge from academicians to practitioners - Qualitative evidence from the commercialization of university technologies. *Journal of Engineering and Technology Management*, 115 - 142. doi:10.1016/j.jengtecman.2003.12.006
- Sturm, A., & Shehory, O. (2014). The Landscape of Agent-Oriented Methodologies. *Agent-Oriented Software Engineering*, 137-154. Recuperado de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-54432-3_7
- SUNEDU. (enero, 2020). *Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria*. Recuperado de <https://www.sunedu.gob.pe/sibe/>
- Tackett, M. (2019). *STA 199: Intro to Data Science*. Recuperado de Duke University: <https://www2.stat.duke.edu/courses/Spring19/sta199.001/>
- Talanti, I., Poulymenakou, A., & Paraskeva, F. (2010). Workplace E-learning: Exploring Factors Affecting Perceived Transfer of Training. *2010 14th Panhellenic Conference on Informatics*, 2014-2017. doi:10.1109/PCI.2010.40
- Talia, D. (2011). Cloud Computing and Software Agents: Towards Cloud Intelligent Services. *WOA-2011 12th Workshop on Objects and Agents*, 1-5. Recuperado el 12 de November de 2012, de http://ceur-ws.org/Vol-741/INV02_Talia.pdf
- Thomson, A. M., & Perry, J. L. (2006). Collaboration Processes: Inside the Black Box. *Public Administration Review*, 20-32. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1540-6210.2006.00663.x>
- Tyrychtr, J., Pelikán, M., Kvasnicka, R., Ander, V., Benda, T., & Vrana, I. (2019). Multi-agent System in Smart Econometric Environment. *Intelligent Systems Applications in Software Engineering*, 434-442. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1046. Springer. Recuperado de https://doi.org/10.1007/978-3-030-30329-7_38
- University of Washington. (2019). Consulta de los temas de Estadística desarrollados en el curso *Stat 180 Introduction To Data Science*. Seattle, USA. Recuperado de <https://stat.uw.edu/academics/course-catalog/stat-180>

- Urbania. (19 de marzo de 2018). *La Molina tiene un precio promedio de US\$1.540 por m²*. Lima, Perú. Recuperado de <https://urbania.pe/blog/mercado-inmobiliario-2/la-molina-promedio-por-m2/>
- Vallejo, D., Castro-Schez, J., Glez-Morcilla, C., & Albusac, J. (enero, 2020). Multi-agent architecture for information retrieval and intelligent monitoring by UAVs in known environments affected by catastrophes. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 87. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0952197619302258>
- Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Sundmaeker, H., Eisenhauer, M., Moessner, K., . . . Cousin, P. (2011). *Internet of Things Strategic Research*. Denmark: River Publishers. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?hl=en&lr=&id=Eug-RvslW30C&oi=fnd&pg=PA9&dq=Internet+of+Things+Strategic+Research&ots=3Vr2xlfzCu&sig=MkAHxV7f5dhN2AjX7eljL8VGe4c&redir_esc=y#v=onepage&q=Internet%20of%20Things%20Strategic%20Research&f=false
- W3C. (diciembre, 2012). *Web Ontology Language (OWL)*. Cambridge, Massachusetts, United States. Recuperado de World Wide Web Consortium: <https://www.w3.org/2001/sw/wiki/OWL>
- Wang, F., & Hannafin, M. (2005). Design-based Research and Technology-Enhanced Learning Environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/30221206?origin=JSTOR-pdf>
- Wooldridge, M., & Ciancarini, P. (2000). Agent-Oriented Software Engineering - The State of the Art. *In International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering*, 1-28. Recuperado de <http://www.cs.ox.ac.uk/people/michael.wooldridge/pubs/aose2000a.pdf>
- Wooldridge, M., Jennings, N., & Kinny, D. (2000). The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design. *Autonomous Agents and multi-agent systems*, 3, 285-312. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1010071910869>
- Workana. (marzo, 2019). *Workana*. Recuperado de https://www.workana.com/?locale=es_PE&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_term=Workana&utm_content=43463603934&utm_device=c&utm_category=brand&utm_campaign=pe-workana&gclid=Cj0KCQjwpPHoBR C3ARIsALfx-_IJJX_aMSTtbPa91DDZbkPeXnCxgK8MTpkkLC_khvEVjlfbeJHnCDoaA
- Xia, L., Ying, D., & Ping, X. (2009). The Analysis of the Factors Impact of Knowledge Transfer Between Teachers and Students of Universities.

2009 First International Conference on Information Science and Engineering, 3474-3477. IEEE. doi:10.1109/ICISE.2009.1169

Xu, Z., Zegers, F., Wu, B., Dixon, W., & Topcu, U. (2019). Controller Synthesis for Multi-Agent Systems With Intermittent Communication - A Metric Temporal Logic Approach. *arXiv preprint arXiv:1909.09939*. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/1909.09939>

Zagzebski, L. (2017). *What is knowledge? Chapter 3*. Arlington: Wiley Online Library. doi:<https://doi.org/10.1002/9781405164863.ch3>

ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Colaboración	105
Anexo 2. Ontología de Estadística General	106
Anexo 3. Código R para simulaciones de predicción	107
Anexo 4. Guía para la primera implementación de TRACOTI	108
Anexo 5. Entrevista a docentes	117
Anexo 6. Carta de compromiso de la FEP-UNALM	118

Anexo 1. Colaboración

Según (Thomson & Perry, 2006), la colaboración es un proceso en que actores independientes interactúan a través de negociaciones formales e informales, creando en forma conjunta reglas y estructura que gobiernan sus relaciones y formas de actuar o decidir en temas que son de su interés; es un proceso que incluye compartir normas e interacciones de mutuo beneficio. Hay diferentes tipos de colaboración dependiendo del área de interés. Por ejemplo, (Hara, Solomon, Kim, & Sonnenwald, 2003) señalan que la colaboración científica es un proceso continuo que oscila entre integración y complementariedad. Este proceso está basado en objetivos comunes e intercambio de conocimientos. Un punto intermedio es la “colaboración media” que ocurre cuando una persona requiere ayuda acerca de un punto específico y pregunta si puede ser apoyada. Este tipo de colaboración es lo que la mayoría realiza según (Hara, Solomon, Kim, & Sonnenwald, 2003), además indican que algunos factores que influyen en los tipos de colaboración y cuyos valores podrían ser registrados por el agente docente de TRACOTI son: estilo de trabajo, personalidad, experiencia en el tema, publicaciones, acceso al colaborador y proyectos financiados entre otros.

Anexo 3. Código R para simulaciones de predicción

Código de R para realizar las simulaciones de predicción de aprobación o desaprobación de la asignatura EP2018.

```
tesis<-read.delim("clipboard",header=T)
edit(tesis)
class(tesis)
str(tesis)
des<-rbinom(189,1,0.3125)
tesis<-cbind(tesis,des)
m <- glm(des ~ ., family=binomial,data = tesis)
m
new=data.frame(tesis[,-12])
pred1<-predict(m,new,type="response")
des.pred1=rep("No",189)
des.pred1[pred1>0.65]="Yes"
table(des.pred1,des)
```

Anexo 4. Guía para la primera implementación de TRACOTI

Primera implementación de TRACOTI – Notificación de cambios en Moodle

Contenido

1. Introducción	2
2. Acceder al Moodle	2
3. Como notificar cambios.....	4
4. Cambiar correo electrónico y número de móvil.....	6

1. Introducción

Para facilitar la implantación y la demostración se ha preparado una máquina virtual con el software instalado y listo para usar. La máquina virtual se puede descargar de:

<https://drive.google.com/drive/folders/1A4V32BMa5qviyR0pfLdNcWwgq3x4GhUd?usp=sharing>

Se debe bajar y descomprimir el zip: maquina_virtual_moodle.zip

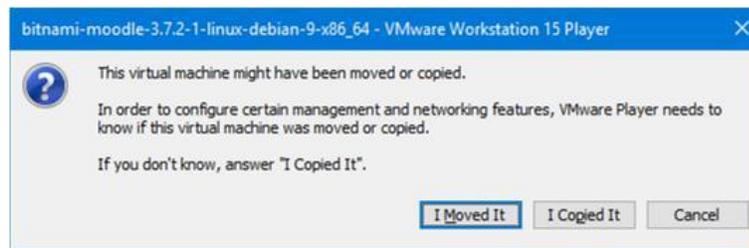
Para ejecutar la máquina virtual es necesario instalar el VMWARE Player, disponible en:

https://my.vmware.com/en/web/vmware/free#desktop_end_user_computing/vmware_workstation_player/15_0

Una vez instalado, se podrá ejecutar la máquina virtual haciendo doble clic en el fichero con extensión **vmx**, o que tiene el icono:



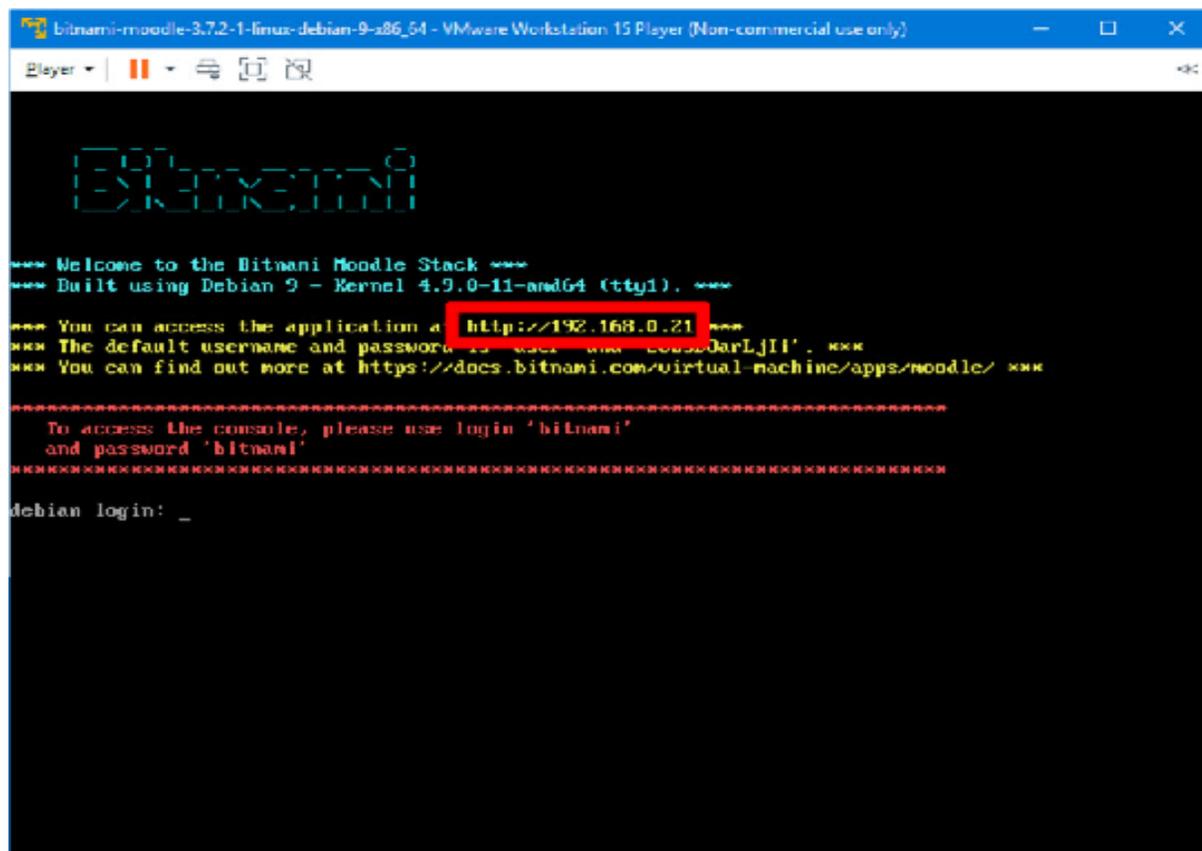
La primera vez, puede que aparezca el mensaje siguiente:



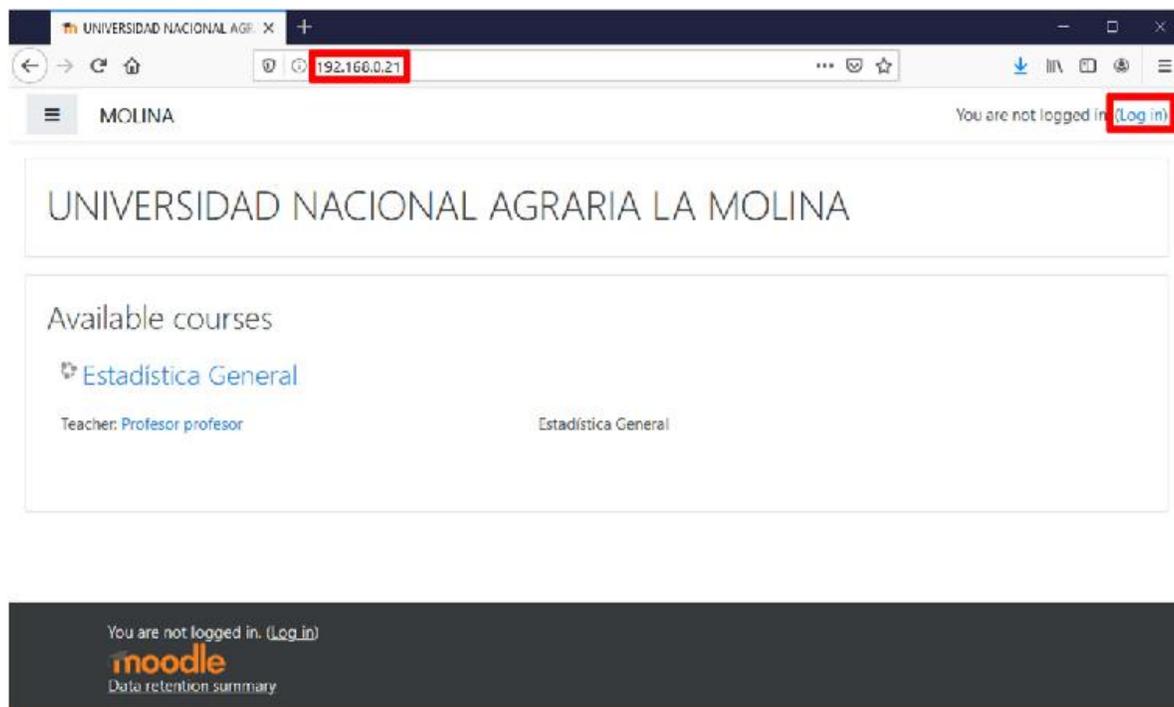
Se debe seleccionar siempre **"I moved it"**.

2. Acceder al Moodle

Para acceder al moodle, sólo hace falta poner la IP de la máquina virtual en un navegador. Como la IP será dinámica, en el inicio de la máquina virtual se muestra el acceso, como se ve en la pantalla siguiente.



Una vez se accede con el navegador, aparecerá el portal moodle configurado, y se podrá hacer login para operar con él, como se puede ver en la siguiente figura.



A continuación, se presenta la tabla 12 de usuarios con los que se puede acceder al moodle:

Tabla 9. Usuarios y contraseñas para acceder al Moodle

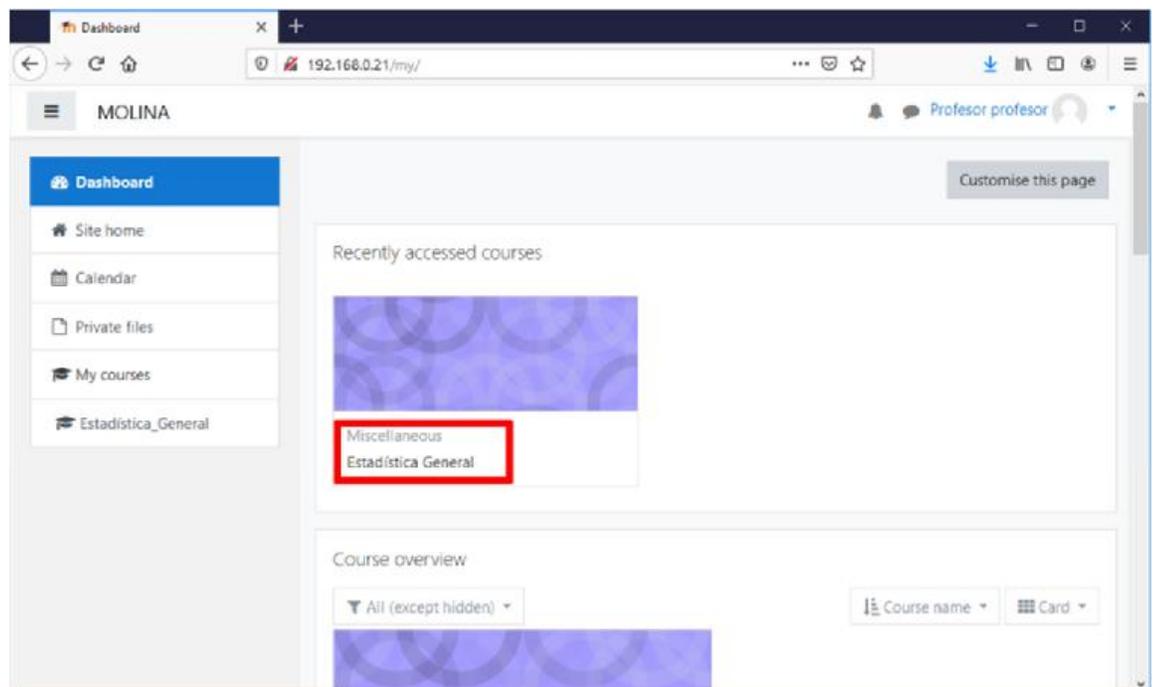
Usuario	Contraseña	Descripción
user	user1234	Usuario de administración del Moodle.
profesor1	profesor1	Usuario profesor. Necesario para subir nuevo material y así probar la notificación de cambios.
alumno1	DiciembreAlumno1	Usuario alumno. Sólo para cambiar el correo y el número de móvil a notificar.

3. Como notificar cambios

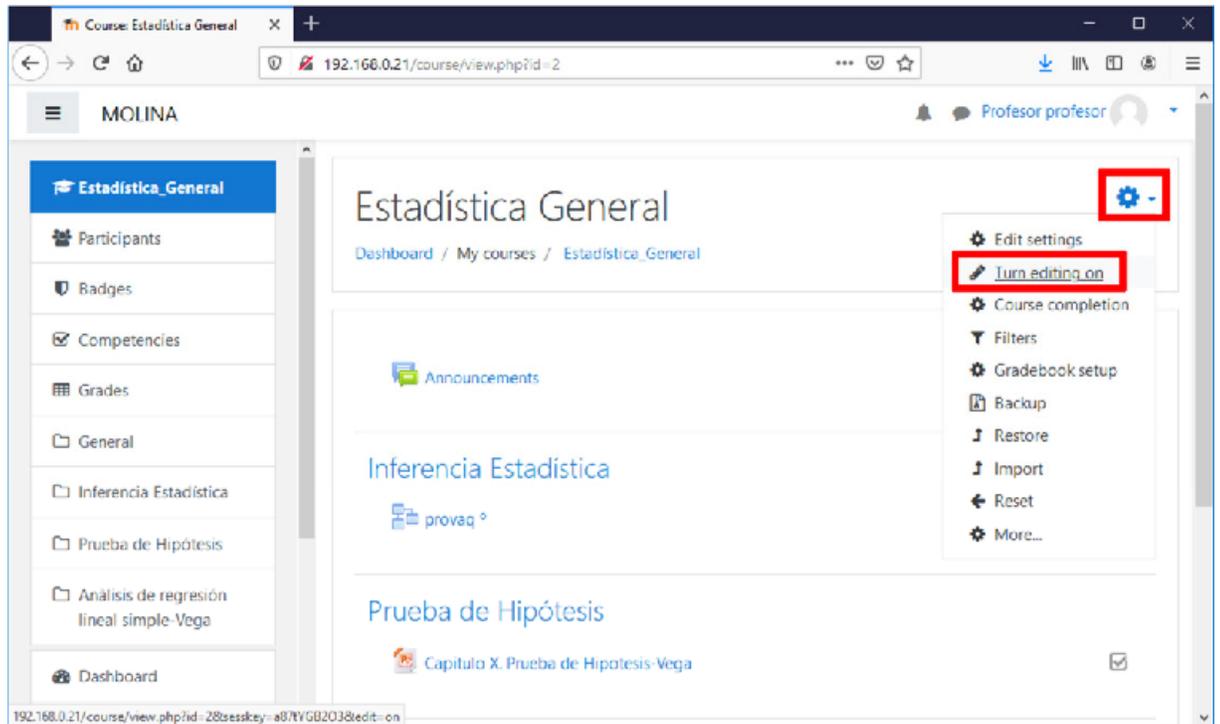
La máquina virtual está configurada para que se ejecute de forma automática el servicio de agentes de monitor de control de cambios. Para realizar un mensaje de notificación, solamente hace falta subir nuevo material como profesor.

Los pasos son los siguientes:

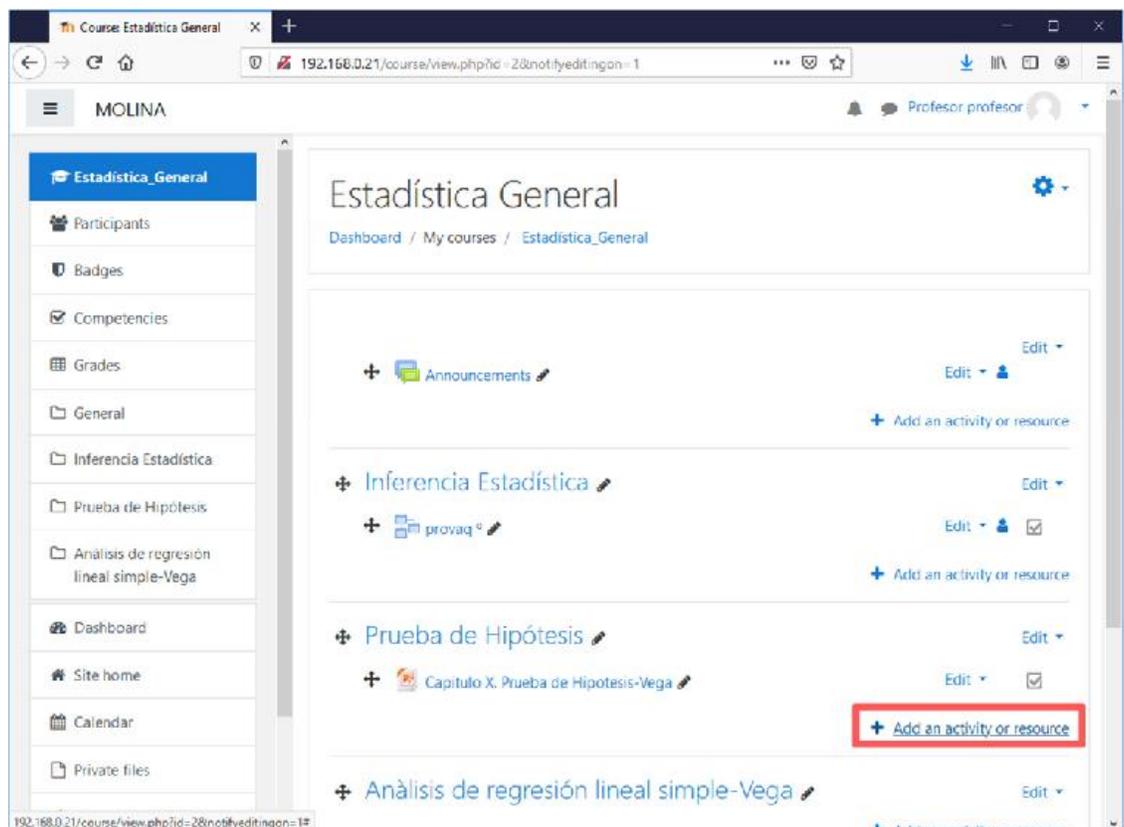
1. Acceder al Moodle (a partir de la URL que se indica en el inicio de la máquina virtual) y hacer login con un usuario tipo **profesor** (consultar apartado 2).
2. Acceder al curso al cual se desea agregar material



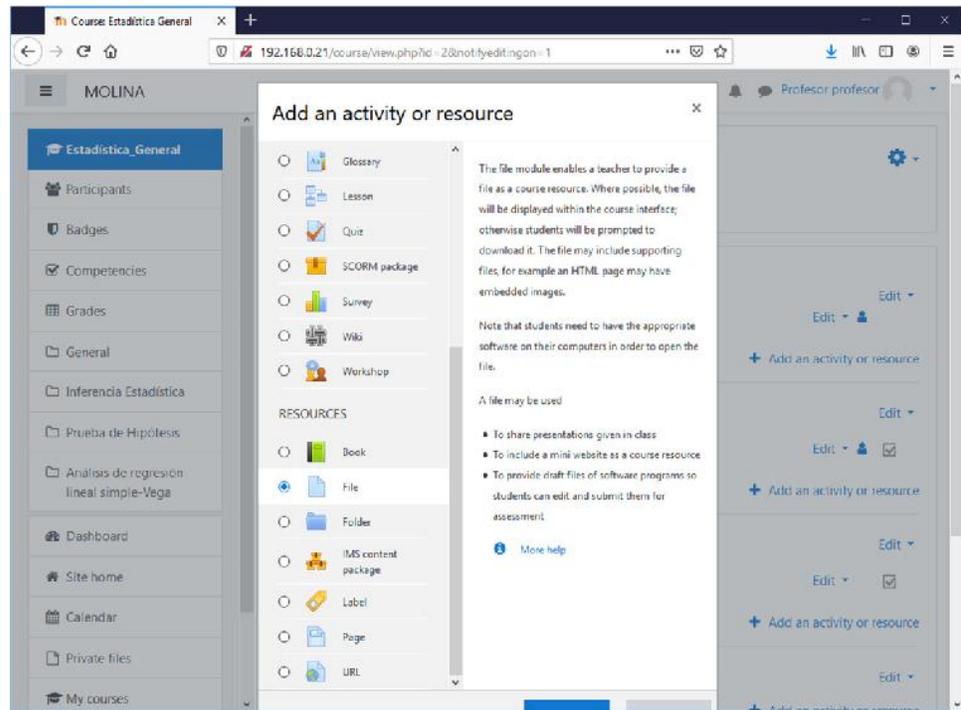
3. Desplegar el menú de configuración y activar la opción de edición del curso.



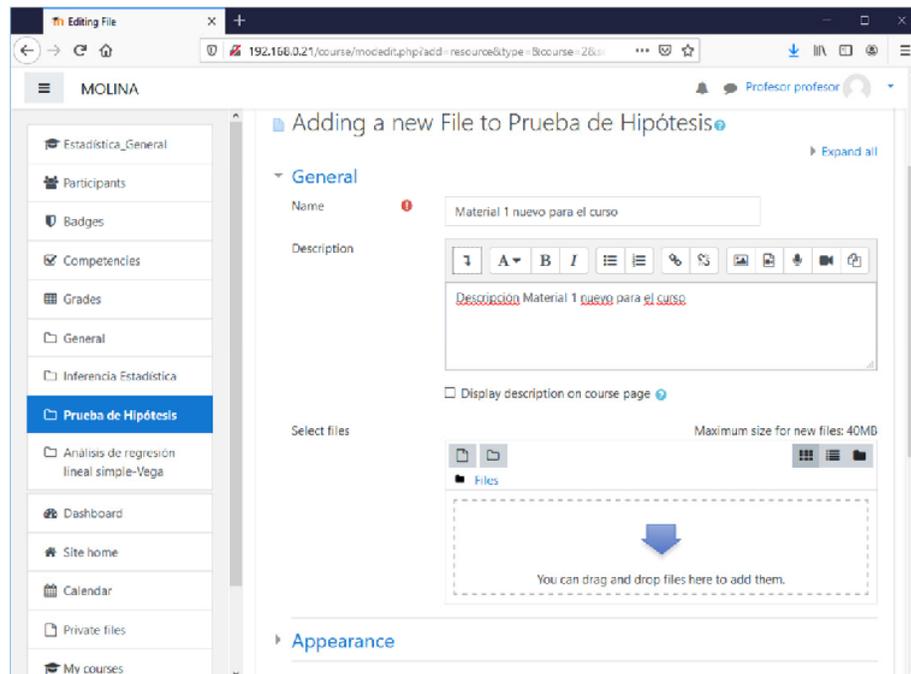
4. Agregar un nuevo recurso/material



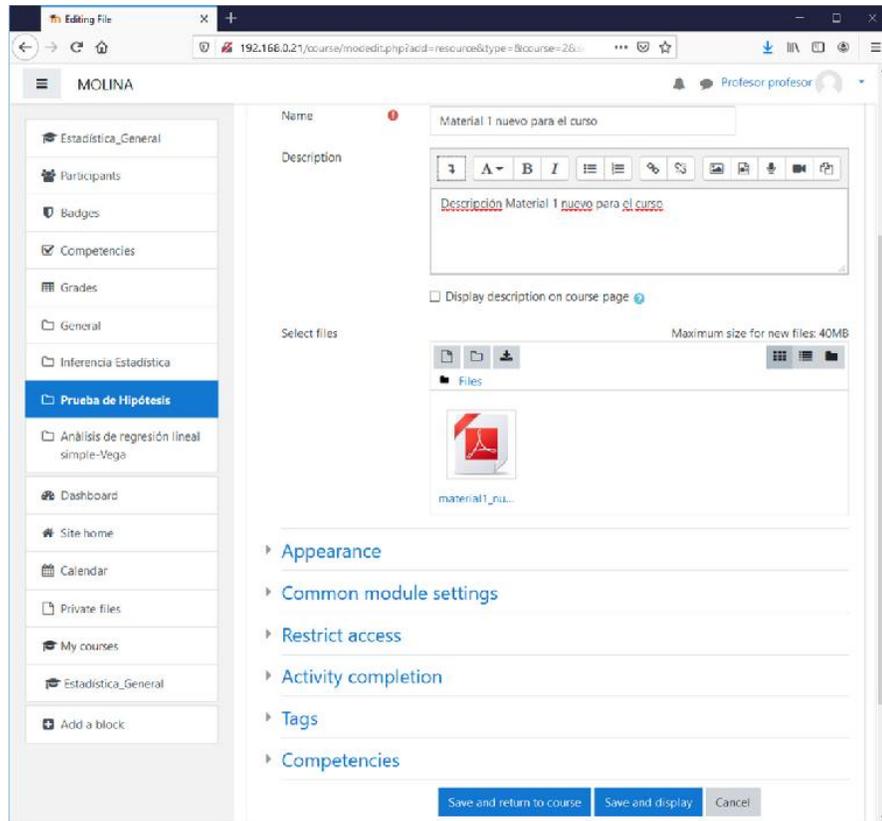
5. Seleccionar el tipo de recurso correspondiente



6. Rellenar los campos y añadir ficheros necesarios



7. Guardar los cambios y en menos de un minuto se debería recibir la notificación de nuevo material disponible por los canales configurados.

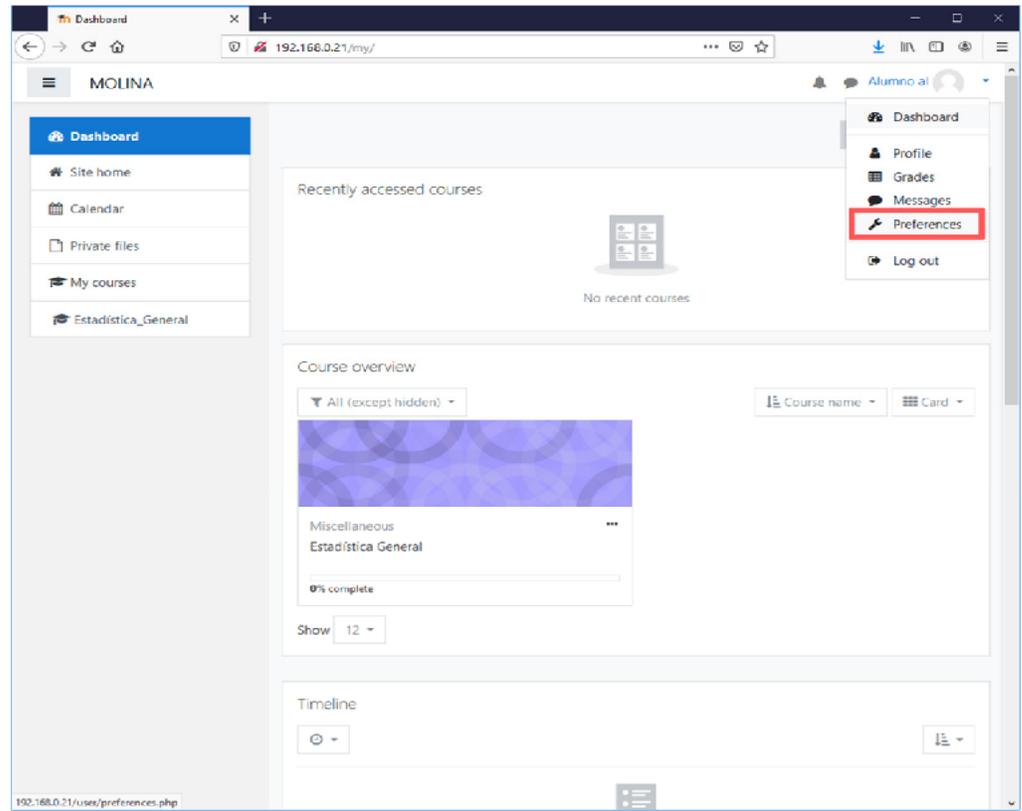


4. Cambiar correo electrónico y número de móvil

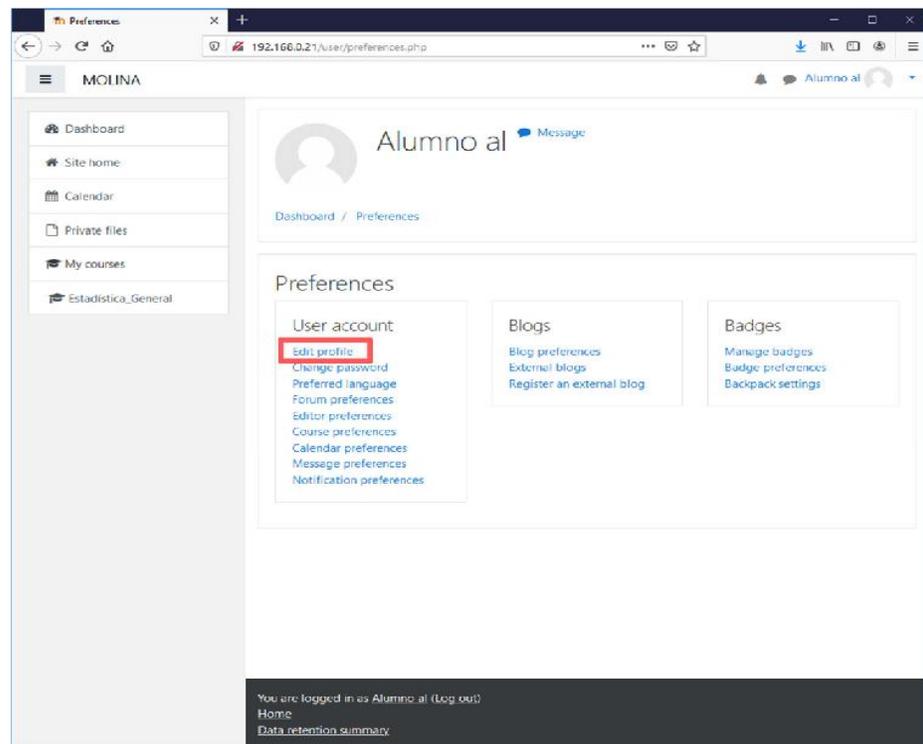
Para notificar correctamente los cambios es necesario que el usuario alumno (que está inscrito en el curso) tenga bien informado su correo electrónico y número de móvil. Para ello se deben seguir estos pasos:

1. Acceder al Moodle (a partir de la URL que se indica en el inicio de la máquina virtual) y hacer login con un usuario tipo **alumno** (consultar apartado 2).

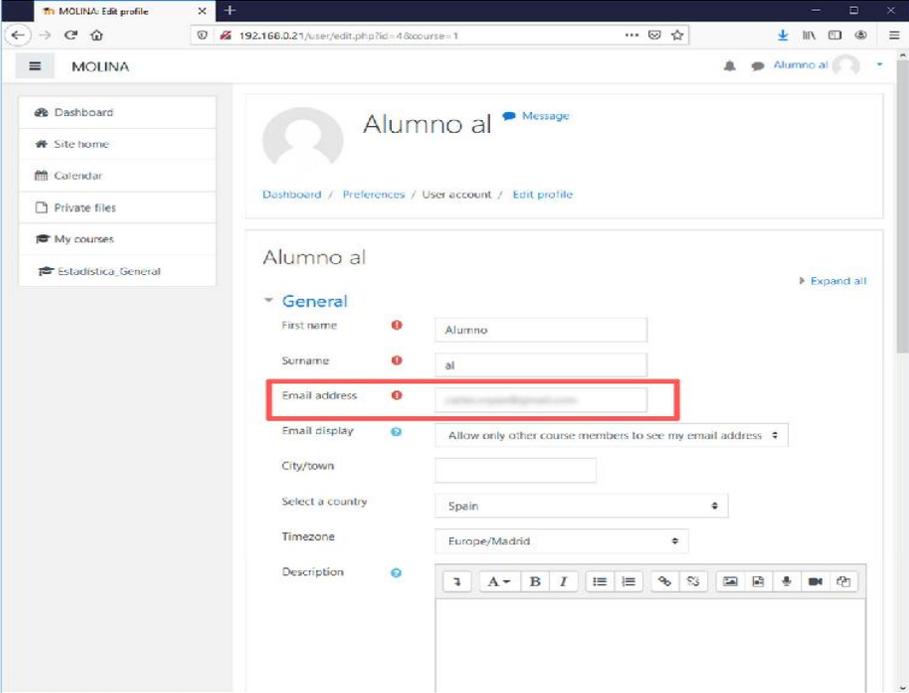
2. En el menú del usuario activo acceder a preferencias.



3. En las preferencias, hacer clic a editar perfil

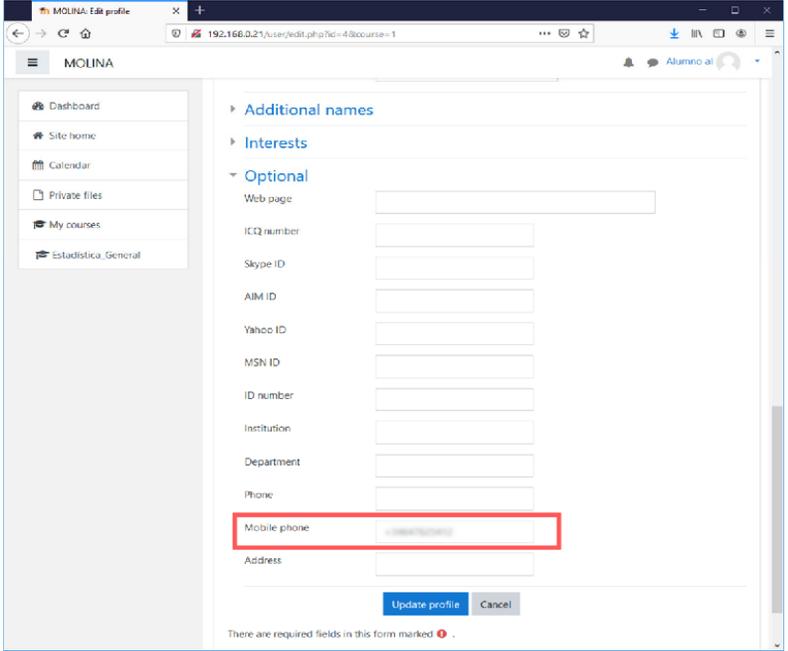


4. En el perfil aparece la dirección de correo electrónico



The screenshot shows the 'Edit profile' page for a user named 'Alumno al'. The page is divided into a left sidebar with navigation options (Dashboard, Site home, Calendar, Private files, My courses, Estadística_General) and a main content area. The main content area has a header with the user's name and a 'Message' button. Below the header, there is a breadcrumb trail: 'Dashboard / Preferences / User account / Edit profile'. The main section is titled 'Alumno al' and has an 'Expand all' link. Under the 'General' section, there are several fields: 'First name' (Alumno), 'Surname' (al), 'Email address' (highlighted with a red box), 'Email display' (Allow only other course members to see my email address), 'City/town', 'Select a country' (Spain), 'Timezone' (Europe/Madrid), and 'Description' (with a rich text editor). The 'Email address' field is highlighted with a red box.

5. Desplegar el apartado opcional en que aparece el móvil (importante: poner siempre el código del país. Para Perú: +51. Entonces, un número válido sería: +5166889900



The screenshot shows the 'Edit profile' page for a user named 'Alumno al'. The page is divided into a left sidebar with navigation options (Dashboard, Site home, Calendar, Private files, My courses, Estadística_General) and a main content area. The main content area has a header with the user's name and a 'Message' button. Below the header, there is a breadcrumb trail: 'Dashboard / Preferences / User account / Edit profile'. The main section is titled 'Alumno al' and has an 'Expand all' link. Under the 'Optional' section, there are several fields: 'Web page', 'ICQ number', 'Skype ID', 'AIM ID', 'Yahoo ID', 'MSN ID', 'ID number', 'Institution', 'Department', 'Phone', 'Mobile phone' (highlighted with a red box), and 'Address'. The 'Mobile phone' field is highlighted with a red box. At the bottom of the form, there are 'Update profile' and 'Cancel' buttons. A note at the bottom states: 'There are required fields in this form marked with a red dot.'

6. Guardar cambios y a partir de ahora ya se utilizarán estos datos.

Anexo 5. Entrevista a docentes

Entrevista a Docentes

Por favor, sírvanse responder con un breve párrafo de al menos 5 líneas en cada pregunta. Muchas gracias por el apoyo

1. ¿Entrega usted a los alumnos su material académico en forma oportuna y de acuerdo a lo que señalan las investigaciones en la enseñanza de su especialidad? Responder con un párrafo de al menos 5 líneas
2. ¿Dispone de los materiales suficientes para realizar su trabajo académico?
3. ¿Recibe usted capacitación en su área de especialización?
4. ¿Tiene oportunidades para realizar pasantías en otras universidades?
5. ¿Son suficientes las horas no lectivas para realizar sus labores académicas, administrativas y de investigación?

Anexo 6. Carta de compromiso de la FEP-UNALM



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN



“Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad”

La Molina, 21 de octubre del 2019
Nº0751-2019/FEP

Sr. Dr.
Luis Celi Saavedra
Director de la Sección Posgrado
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Universidad de San Martín de Porres

Asunto: Implementación del prototipo TRACOTI desarrollado por el Dr. Jorge Chue Gallardo

De mi consideración:

El suscrito es el Dr. Rino Sotomayor Ruiz, Decano de la Facultad de Economía y Planificación de la Universidad Nacional Agraria La Molina (FEP-UNALM). Me dirijo a usted en relación a la tesis que actualmente desarrolla el Dr. Jorge Chue Gallardo, en el Doctorado en Ingeniería de Sistemas de Información con el asesoramiento del Ph.D. Augusto Bernuy Alva, en la Sección de Posgrado de la FIA titulada “MODELO DE TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO DE PROFESORES A ALUMNOS BASADO EN MULTI-AGENTES PARA UNIVERSIDADES PERUANAS”.

Al respecto debo manifestarle lo siguiente, la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) es una universidad pública cuya misión es la formación de profesionales competentes para los sectores agrosilvopecuario, pesquero, alimentario y económico, que se distinguen por ser líderes, proactivos, innovadores, competitivos, con capacidad de gestión y tener compromiso social. En este contexto, la propuesta de monitorear el material académico que se entrega a los alumnos mediante el uso de agentes de software es de suma importancia para la FEP-UNALM y con una gran proyección para ser utilizada en el sistema público universitario. Estamos convencidos que el uso de tecnologías educativas en la UNALM, como la que propone el Dr. Chue contribuirá a mejorar el nivel de aprendizaje de nuestros alumnos.

La expectativa generada por la investigación del Dr. Chue en la FEP-UNALM es de enorme interés para nuestra comunidad universitaria; por este motivo, también debo manifestarle nuestro compromiso a realizar todos los esfuerzos necesarios en los diferentes niveles de la UNALM para que se implemente el modelo TRACOTI con las respectivas compras de equipos y contratación de especialistas en la gestión y desarrollo de sistemas informáticos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para expresarle mi saludo y estima personal.

Atentamente,


Dr. Rino Sotomayor Ruiz
Decano
Facultad de Economía y Planificación



*Recibido
08/11/2019
03.34pm*