

Aprendizaje activo en línea utilizando cuadernos virtuales para la asignatura de sistemas multiagente

Elena del Val

Dpto. de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad de Zaragoza
Zaragoza
edelval@unizar.es

J.A Rincón

Dpto. de Sistemas Informáticos y Computación
Universitat Politècnica de València
Valencia
jrincon@dsic.upv.es

Resumen

Las metodologías activas están centradas en el estudiante y permiten a éstos desempeñar un papel fundamental en su proceso de aprendizaje mediante la participación activa. Para la aplicación de estas metodologías es necesario entornos de aprendizaje apropiados. En el caso concreto de la enseñanza en línea, el uso de herramientas tecnológicas se convierte en un elemento fundamental. En este artículo, presentamos una metodología de aprendizaje activo en línea para la asignatura de Sistemas Multiagente con la ayuda de cuadernos virtuales que están disponibles a través de la plataforma Moodle. Esta metodología consta de dos etapas. En una primera etapa se presentan a los estudiantes dos problemas reales en los contextos de la salud e Internet de las cosas en los que los Sistemas Multiagente pueden aplicarse como solución. Los estudiantes se agrupan en “células de aprendizaje” donde discuten las posibles soluciones y llegan a un acuerdo sobre un posible diseño. Al mismo tiempo, el profesor proporciona información sobre problemas similares y sus soluciones a través de cuadernos virtuales. Utilizando estos cuadernos, los alumnos pueden ver de forma práctica cómo se han resuelto problemas similares y adquirir los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para resolver el problema propuesto. En una segunda etapa cada “célula de aprendizaje” revisa el diseño de su solución inicial y puede implementarla y probarla a través de otro cuaderno. Para trabajar con estos cuadernos virtuales y la plataforma virtual, los estudiantes necesitarán una conexión a Internet y un navegador web. Con esta metodología de aprendizaje activo en línea se espera promover la utilidad de los sistemas multiagente en problemas reales y mejorar la motivación y la calidad del aprendizaje en las asignaturas en línea.

Abstract

Active methodologies are student-centered and allow students to play a key role in their learning process th-

rough active participation. These methodologies have been shown to reduce failure rates and increase student performance. Active learning methodologies need appropriate learning environments for their development. Moreover, if we add the factor of online teaching, the use of technological tools becomes a fundamental element. In this article, we present an online active learning methodology for the subject of Multiagent Systems with the help of virtual notebooks that are available through the Moodle platform. In the first stage, students are presented with two real problems in the contexts of health and the Internet of Things (IoT) in which Multiagent Systems can be applied as a solution. Students are grouped in "learning cells" where they discuss possible solutions and reach an agreement on a possible design. At the same time, the teacher provides information about similar problems and their solutions through a virtual notebook. Using these notebooks, students can see in a practical way how similar problems have been solved and acquire the theoretical knowledge needed to solve the proposed problem. Once this knowledge is acquired, in a second stage, each "learning cell" reviews the design of its initial solution and can test it through another notebook. To work with these virtual notebooks and the virtual platform, students will need an Internet connection and a web browser. With this active online learning methodology, it is expected to promote the usefulness of multi-agent systems in real problems and to improve the motivation and quality of learning in online subjects.

Palabras clave

Aprendizaje activo en línea, motivación, autonomía, cuaderno virtual, universidad.

1. Introducción

Los métodos de enseñanza tradicional, como puede ser la clase magistral, están considerados como una

forma efectiva de transmitir información, especialmente cuando los grupos de estudiantes son numerosos. Sin embargo, a través de estos métodos los estudiantes tienen un papel pasivo, donde actúan como meros receptores de información que posteriormente memorizan en lugar de tener una comprensión más profunda de esa información. Este proceso se conoce como aprendizaje pasivo [26, 15]. Aunque este método de enseñanza es predominante, tiene algunos inconvenientes. Al ser el profesor el que organiza y presenta la información esencial, los estudiantes no distinguen por sí mismos qué información podría ser más relevante en un determinado contexto o problema, y cómo aplicarla en problemas de la vida real. Otro inconveniente de este tipo de aprendizaje es que sólo se realizan tareas de aprendizaje de orden inferior, como las descritas en la taxonomía de Bloom [3]. Esto significa que los estudiantes adquieren la capacidad de recordar lo aprendido, mientras que no se garantiza el cumplimiento de niveles superiores de aprendizaje como el análisis, síntesis y evaluación. En consecuencia, los estudiantes son menos activos a la hora de interpretar e integrar las ideas y conceptos adquiridos anteriormente. En muchos casos, el conocimiento puede estar mal organizado y presentar falta de coherencia e integración, pudiendo generar fallos en el proceso de aplicación de conocimientos adquiridos a nuevos problemas y a la elaboración de inferencias.

Otros educadores han propuesto técnicas de enseñanza que se consideran más efectivas donde el estudiante juega un rol más activo. Estas técnicas están dentro de lo que se considera como aprendizaje activo [5]. El aprendizaje activo promueve que los estudiantes se involucren en el proceso de enseñanza-aprendizaje y promueve niveles más profundos de pensamiento facilitando una mejor codificación, almacenamiento y recuperación que los métodos pasivos tradicionales [12]. El aprendizaje activo está centrado en el estudiante e incluye cualquier técnica que involucre a los estudiantes en su proceso de aprendizaje y los haga partícipes del mismo promoviéndolos a discutir e intercambiar diferentes puntos de vista, cooperar y construir su conocimiento mediante el “aprender haciendo” [13, 12]. Estas estrategias pueden ir desde el uso apropiado de los medios de comunicación y los recursos electrónicos, las demostraciones, las discusiones, proyectos en grupo o las actividades en clase [14, 8]. Desde el punto de vista cognitivo, el uso de estas técnicas puede mejorar la capacidad de análisis, síntesis y evaluación [11]. También facilitan la identificación de conceptos complejos en el mundo real, así como recordar, retener y memorizar mejor el material. Desde el punto de vista de la innovación, estas técnicas pueden fomentar la participación, aumentar la motivación, el entusiasmo, la atención y la percepción de la utilidad y la aplicabi-

lidad de la clase. Para ello, los métodos de aprendizaje deberían reforzar la curiosidad de los estudiantes, su interés y persistencia en las tareas de aprendizaje, en lugar de guiarse por acontecimientos externos, como lograr una recompensa o simplemente tener éxito en el proceso de evaluación.

En el contexto de la educación superior, los métodos de aprendizaje activo están cada vez más presentes con el objetivo de mejorar la calidad del aprendizaje [13]. Entre los retos de llevar a la práctica la introducción de estos métodos está el integrarlos dentro del contexto de aprendizaje tradicional y garantizar que todos los contenidos se enseñen a tiempo. Inicialmente, esto puede ser un reto para las metodologías activas a primera vista. En este artículo proponemos una metodología basada en el aprendizaje activo para una asignatura cuya docencia se imparte en línea. Esta metodología se basa en la resolución de problemas en dos contextos reales utilizando cuadernos virtuales y una plataforma en línea.

2. Contexto

Este trabajo está se desarrolla dentro de un máster orientado a la aplicación de las tecnologías para la salud y el bienestar. Los estudiantes que cursan la asignatura tienen perfiles muy variados que van desde ingeniería biomédica, ingenierías de la rama industrial hasta ingenierías de tecnologías de información y comunicaciones. Teniendo en cuenta el alumnado, podrían encontrarse sin interés en algunas materias que se alejen de su perfil profesional. Este es el caso de la asignatura de “Sistemas Multiagente y Robótica en Salud” que implica una base teórica y práctica que puede resultar compleja o poco interesante para algunos estudiantes. Además, esta asignatura tiene asignados 3 créditos ECTS de los cuales 1.5 están dedicados a la parte de sistemas multiagente. El número de estudiantes matriculados en la asignatura es de 8. En esta situación, los profesores deben enfrentarse al reto de captar el interés de los estudiantes y promover la utilidad de la asignatura para sus carreras y futuro profesional en un número limitado de horas. Para ello, en este artículo se propone el uso de un método de aprendizaje activo.

La idea original se concibió a partir de experiencias anteriores impartiendo docencia en asignaturas similares en grado, donde los alumnos señalaban cierta dificultad para conectar la aplicación real de los sistemas multiagente con los conocimientos impartidos en las clases teóricas. Otro de los problemas eran las limitaciones de tiempo de la asignatura que hacían que la única forma de transmitir todos los contenidos en el período de enseñanza disponible fuera recurrir a los métodos tradicionales basados en el aprendizaje pasivo. Estas circunstancias implican un esfuerzo adicional

para captar el interés de los estudiantes y potenciar su motivación intrínseca. Otro factor que también afecta a la hora de aplicar los métodos de aprendizaje activo es la limitación de recursos y también el hecho de que la asignatura es en línea. No obstante, una de las ventajas notables de la metodología que proponemos es que no se requiere ninguna inversión adicional, ya que recurrimos a la tecnología gratuita disponible. Lo más costoso de la preparación de la asignatura fue la elaboración de los cuadernos virtuales, la preparación del escenario real y la elaboración de vídeos explicativos.

En la siguiente sección se ofrece una breve visión de los recursos disponibles que se han utilizado para desarrollar esta propuesta.

2.1. Descripción de los recursos

Para el desarrollo de la metodología activa propuesta se va a hacer uso de cuadernos virtuales Jupyter¹ [20]. Estos cuadernos proporcionan un entorno de trabajo interactivo que permite desarrollar código en Python de manera dinámica, a la vez que integrar en un mismo documento tanto bloques de código como texto, gráficas o imágenes. Estos cuadernos tienen la ventaja clave que permiten introducir conceptos teóricos y a continuación que los usuarios puedan ejecutar ejemplos de código ya contenido en el propio cuaderno así como hacer modificaciones sobre éste o generar su propio código. Los cuadernos de Jupyter pueden servir como una herramienta eficaz de enseñanza y aprendizaje si se utilizan en un entorno pedagógico apropiado [2, 10]; por ejemplo, para ilustrar a los estudiantes en el aula cómo funciona un determinado proceso o incluso para mostrarles cómo crear sus propias simulaciones a fin de permitirles contrastar y validar sus conclusiones teóricas. Debido a sus características, estos cuadernos han sido utilizados en distintas asignaturas dentro de la educación superior como programación [24], electrónica [4], química [25] o inteligencia artificial [17].

Los cuadernos utilizados en la asignatura tienen como objetivo desarrollar sesiones donde se intercale contenido teórico con contenido ejecutable que permita al usuario adquirir la capacidad de programar un agente y realizar un sistema multiagente de manera progresiva. Para ello, en cada cuaderno se trabaja paso a paso el proceso de creación de un agente. Este proceso se desarrolla en el cuaderno con pequeñas descripciones, enlaces con información externa para ampliar determinados conceptos, y se intercalan ejercicios sencillos. Finalmente, se presenta un cuaderno donde se exponen dos escenarios donde es necesario que el alumno desarrolle un agente para resolver un problema.

Estos cuadernos estarán disponibles en la plataforma

¹<https://jupyter.org/>

Moodle [18] para su descarga por parte de los alumnos. La plataforma Moodle también ofrece la posibilidad de crear foros donde el profesor puede comentar algún aspecto que pueda ser de interés o responder a dudas surgidas durante la resolución de algún problema. Para el trabajo en grupo de manera en línea se plantea el uso de la herramienta Meet [6].

2.2. Objetivo

En el contexto de la materia de enseñanza que se presenta en este artículo, el objetivo es que los estudiantes aprendan a aplicar y utilizar la tecnología de los sistemas multiagente en problemas reales relacionados con la salud e Internet de las cosas (IoT) donde se necesitan conocimientos de programación y de sistemas distribuidos que hacen que esta tarea no sea ni mucho menos trivial. Por esta razón, hemos propuesto la metodología activa descrita en la siguiente sección con el objetivo de ayudarles a conectar la teoría y la práctica durante el proceso de aprendizaje.

3. Desarrollo de la metodología activa

La metodología activa a desarrollar se basa en la utilización del efecto del “ejemplo-trabajado” [23] en la introducción a la materia y en el aprendizaje basado en problemas [16] para la aplicación de los conocimientos adquiridos.

En todas las sesiones de la asignatura se plantea el uso de cuadernos virtuales. En las sesiones donde se introducen las bases de la asignatura, los cuadernos trabajan un tema basándose en el efecto del “ejemplo-trabajado”. Un “ejemplo-trabajado” proporciona una solución paso a paso a un problema o tarea [1]. Muchos estudios han mostrado mejoras significativas en el aprendizaje utilizando “ejemplos-trabajados” comparados con la resolución de problemas no guiados, especialmente en el caso de estudiantes que se enfrentan por primera vez a una materia totalmente nueva y compleja. Además el uso de estos ejemplos es especialmente apropiado en dominios como las matemáticas, la física o la programación [21]. Según Chen et al. [7], el uso de “ejemplos-trabajados” es recomendable para alumnos principiantes que se enfrentan a materiales complejos. A medida que estos estudiantes se hacen expertos en la materia, la orientación puede reducirse en favor de un aprendizaje basado en el descubrimiento.

En las sesiones de la asignatura donde se introducen las bases se intenta aprovechar este efecto descomponiendo un problema en pasos atómicos, proporcionando una narrativa detallada y documentada de esos pa-

sos e intercalando ejercicios básicos para los estudiantes. Todo esto se lleva a cabo mediante en los cuadernos virtuales. En estos cuadernos, además de proporcionar los conocimientos teóricos y prácticos para desarrollar agentes, se anima a los estudiantes a tomar sus notas en clase modificando y añadiendo información que crean que les puede ser de utilidad para afrontar la solución de los problemas en dos escenarios que posteriormente se plantearán.

Para trabajar los problemas se plantea utilizar la metodología activa basada en el aprendizaje basado en problemas (ABP) [16, 22]. La Universidad canadiense de McMaster fue pionera en la implantación de esta metodología en 1969 para el estudio de la medicina. Desde entonces, se ha implementado con éxito en muchos contextos especialmente relacionados con la medicina [19].

En su forma original, en un ABP se entrega un conjunto de problemas que proporciona el punto de partida para el proceso de aprendizaje. En nuestro caso, dos problemas de sistemas multiagente se exponen de manera escrita en un cuaderno inicial y mediante un vídeo donde el profesor presenta brevemente los problemas intentando captar el interés de los estudiantes por los problemas planteados y promoviendo la curiosidad como si fuera un juego o un desafío a cumplir. Por lo tanto, la idea es potenciar la motivación intrínseca, en lugar de estar bajo una presión que pueda comprometer su motivación.

En la metodología propuesta se han tenido en cuenta los siguientes aspectos clave que se describen a continuación. Desde la perspectiva de los estudiantes se ha tenido en cuenta los siguientes puntos:

- El trabajo propuesto no es obligatorio. Los estudiantes tienen la opción de realizar un trabajo teórico o un trabajo práctico basado en dos problemas. De esta manera, la motivación de los estudiantes se basa en su interés y motivación en lugar de una mera imposición.
- Los estudiantes tienen la opción de elegir libremente uno de los dos problemas propuestos. De este modo, pueden sentir más autocontrol sobre su propio proceso de aprendizaje.
- Se permite y se anima a los estudiantes a proponer otros ejemplos que serían bienvenidos para futuras propuestas.
- Los estudiantes pueden trabajar en las propuestas en cualquier lugar con un ordenador sin estar sujetos a limitaciones de horario. Los recursos que necesitan están disponibles en línea durante el periodo de impartición de la asignatura.

Desde el punto de vista de la inversión, cabe mencionar, que la propuesta requiere realizar una pequeña inversión inicial en recursos hardware. No son necesarias licencias de software para trabajar con los cuadernos y

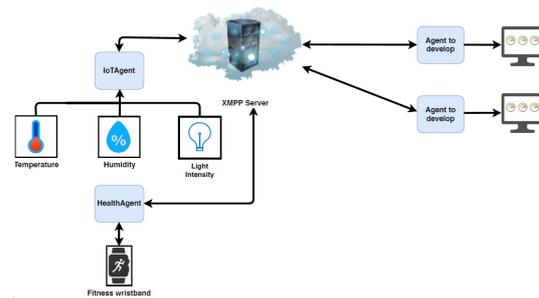


Figura 1: Esquem del sistema multiagente a desarrollar.

sólo se necesitaría un navegador web y conexión a Internet.

3.1. Descripción de los problemas

Esta sección ofrece una descripción detallada de los dos problemas propuestos de sistemas multiagente:

- Sistema multiagente en el dominio de salud. En el primer trabajo se propone como objetivo desarrollar un agente software que haga recomendaciones al usuario en base a determinados parámetros de salud. Para lograr este objetivo, el agente deberá tener un comportamiento que le permita comunicarse con un agente externo. Este agente externo es el que tiene acceso a un conjunto de dispositivos físicos que obtienen parámetros relacionados con la salud (ej. pulsaciones por minuto). El agente software se implementará en la plataforma SPADE [9] (ver Figura 1).
- Sistema multiagente en el dominio IoT. En el segundo trabajo se propone como objetivo desarrollar un agente software que realice recomendaciones al usuario en base a determinados parámetros ambientales de una habitación. Para alcanzar este objetivo, el agente a desarrollar tendrá que tener un comportamiento que le permita interactuar con otro agente externo. Este agente externo tiene acceso a la información de los sensores ambientales que se encuentran en la habitación. Los sensores con los que el agente externo trabajará son: un sensor de temperatura, un sensor de humedad y un sensor de intensidad de luz. El agente software se implementará en la plataforma SPADE [9].

3.2. Planificación temporal y actividades

Las bases teóricas para la realización de los problemas propuestos se presentan mediante una sesión síncrona y en cuadernos virtuales que previamente se tendrán que realizar. El tiempo destinado a la sesión

síncrona es de 1 hora y el tiempo para la adquirir las bases teóricas es de 4 horas. En estos cuadernos se van intercalando explicaciones teóricas con “ejemplos-trabajados” prácticos. Esto permite que los alumnos adquieran unas bases de conocimiento de una manera familiar con respecto a otras metodologías de enseñanza. Los problemas también están descritos en cuadernos virtuales. En los cuadernos de los problemas se integra un recordatorio de las bases teóricas más relevantes para afrontar los problemas. La duración de la parte de resolución de los problemas es de 5 horas y 30 minutos (30 minutos de presentación síncrona y 5 horas para su realización). A continuación se describen las diferentes actividades del ABP:

- Presentación y explicación del problema a resolver: en esta etapa se realizará una sesión en línea de un máximo de 20 minutos. El profesor invita a participar en una breve discusión con sus estudiantes, lo que permite al profesor obtener una retroalimentación inmediata. La discusión requiere que los alumnos piensen críticamente en el problema planteado y que el profesor anime a los estudiantes a abordar el problema. La presentación se hace después de una sesión previa donde se habrán trabajado las bases teóricas a través de un cuaderno virtual (ver Figura 2), para asegurarse de que se han proporcionado los antecedentes mínimos necesarios para comprender el problema.
- Un breve cuestionario en línea de no más de 10 minutos para resumir de manera concisa lo que los estudiantes han comprendido sobre el problema planteado y, en general, para recoger la opinión de los estudiantes sobre la pertinencia y el interés de los sistemas multiagente en la vida real. Algunas de las preguntas a plantear son: ¿por qué crees que los sistemas multiagente son interesantes y útiles en el contexto de la salud? ¿cuáles son las mayores dificultades que has encontrado en este área? Proporciona algún ejemplo en el contexto de salud donde un sistema multiagente sea necesario.
- Los estudiantes, organizados en “células de aprendizaje” formadas por 2-3 alumnos, debaten en línea posibles soluciones, con el objetivo de que puedan recopilar información para apoyar su solución y también para explicarla a sus compañeros. Estos debates dan al estudiante la oportunidad de adquirir cierta experiencia en la realización de una presentación verbal de forma activa dentro de un grupo. Después de estos debates, los estudiantes deberán escribir las conclusiones a las que han llegado sobre las posibles soluciones al problema. Esto permite al profesor realizar fácilmente un seguimiento del progreso de sus estudiantes.
- Tutorías en línea con las “células de aprendiza-

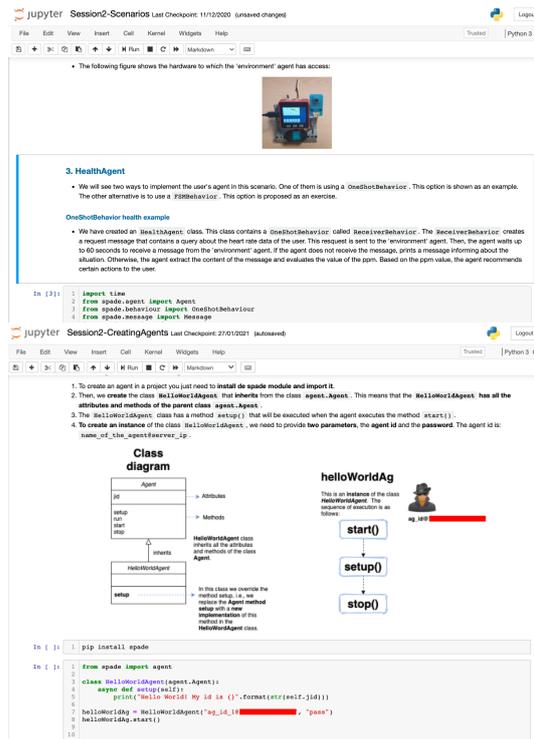


Figura 2: Ejemplos de cuadernos virtuales.

je” para hacer un seguimiento más cercano de sus progresos y detectar posibles errores o dificultades con el objetivo de evitar que den soluciones equivocadas. En esta etapa se puede abordar la evaluación observando la actitud de cada estudiante y su grado de interés y participación.

3.3. Canales de comunicación

En esta sección se describen los dos canales de comunicación utilizados: sesiones en línea en la plataforma Google Meet y la plataforma Moodle para dejar disponible los cuadernos virtuales. La forma en que se utilizan es la siguiente:

- Sesiones síncronas en línea a través de Google Meet. Una sesión inicial donde se presentan las bases teóricas y el funcionamiento de los cuadernos virtuales (1 hora de duración). A partir de ahí, los estudiantes podrán ir trabajando con los cuadernos de forma autónoma. Otra sesión donde se explique el método ABP y se presenten los problemas a resolver (30 minutos).
- Plataforma Moodle: utilizaremos esta plataforma con los siguientes objetivos: (i) facilitar el acceso a diferentes recursos (encuesta) y materiales (cuadernos virtuales para las bases teóricas y para presentar y trabajar con los problemas planteados) (ii) permitir a los estudiantes subir sus resultados

(resultados de los debates, propuesta de diseño de la solución, solución) y (iii) permitir a los estudiantes y al profesor compartir posibles dificultades o sugerencias.

4. Resultados

Una vez finalizada la impartición de la asignatura se realizó una encuesta con el fin de establecer el perfil de los estudiantes y medir su nivel de satisfacción respecto a la metodología utilizada (ver Cuadro 1). La encuesta fue completada por 7 de los 8 estudiantes matriculados. Se realizaron 12 preguntas, 3 sobre el perfil del estudiante y 9 sobre la metodología. Había preguntas de respuesta abierta, respuesta binaria y otras basadas en la escala Likert de 1 a 5 (1- totalmente en desacuerdo, 5 - totalmente de acuerdo). Es importante tener en cuenta que es el primer año que se imparte esta asignatura que forma parte de un máster de nueva impartición. Al ser una asignatura nueva, no es posible realizar una comparación con años anteriores.

Teniendo en cuenta las respuestas a las preguntas sobre el perfil de los estudiantes (P1-P3), podemos destacar que el 80 % de los estudiantes había realizado un grado en ingenierías de la rama Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, entre otras, y el 20 % restante pertenecían a la rama de Diseño Industrial. Sobre conocimientos previos sobre sistemas multiagente, el 80 % de los estudiantes no los conocía y el 20 % si había escuchado hablar de los sistemas multi-agente previamente. Sobre conocimientos de programación en Python, todos los alumnos había programado con anterioridad en este lenguaje.

Teniendo en cuenta las respuestas a las preguntas sobre la metodología (P4-P10), podemos destacar que los alumnos estaban de de acuerdo (60 %) o totalmente de acuerdo (40 %) con la metodología utilizada. Sobre los notebooks utilizados, el 80 % los alumnos estaba de acuerdo o totalmente de acuerdo en que les habían ayudado a ver la aplicabilidad de los sistemas multiagente. Además, al 100 % de los alumnos les resultó sencillo seguir la asignatura a través de estos cuadernos y los ejemplos explicados en ellos les ayudaron a entender el funcionamiento de estos sistemas. Sobre los problemas planteados sobre el dominio de salud e IoT, el 60 % de los alumnos estaba totalmente de acuerdo y un 20 % de acuerdo en que les habían resultado interesantes. Sobre la utilidad de lo visto en la asignatura en su vida profesional, un 40 % estuvo de acuerdo en que la asignatura le puede ayudar a su vida profesional y un 20 % estaba totalmente de acuerdo. Finalmente, un 60 % de los alumnos estaban totalmente de acuerdo en utilizar esta metodología en otras asignaturas.

Las preguntas sobre los aspectos a mejorar y aspectos positivos de la asignatura (P11-P12) eran preguntas

	Preguntas
P1	¿Cuál es tu perfil?
P2	¿Conocías los sistemas multiagente previamente a cursar esta asignatura?
P3	¿Habías programado en Python con anterioridad a cursar esta asignatura?
P4	Estoy satisfecho/a con la metodología utilizada en las clases
P5	El material de los cuadernos (notebooks) me ha mostrado aplicaciones la parte de sistemas multiagente que sólo con clases magistrales no alcanzaría a apreciar
P6	Me ha resultado sencillo seguir la parte de sistemas multiagente a través de los cuadernos
P7	Los ejemplos explicados en la parte de sistemas multiagente me han ayudado a entender el funcionamiento de los agentes
P8	Los problemas planteados en el último cuaderno (IoT y Health) me han resultado interesantes
P9	Lo que he visto en la parte de sistemas multiagente me puede ayudar en mi futura/actual actividad profesional
P10	Me gustaría que en otras asignaturas se utilizaran metodologías similares
P11	¿Qué aspectos crees que se podrían mejorar de la parte de sistemas multiagente? (vídeos, más o menos teoría, más ejemplos prácticos, más aplicaciones reales, la planificación temporal, etc.)
P12	¿Qué aspectos te han gustado de la parte de sistemas multiagente?

Cuadro 1: Encuesta de satisfacción con la metodología utilizada.

abiertas. En los aspectos a mejorar comentan que les gustaría tener ejercicios más desafiantes y ver en detalle alguna aplicación real más. En los aspectos positivos los alumnos comentaron que los materiales como los vídeos o los cuadernos les habían ayudado a entender mejor la asignatura y su utilidad.

5. Conclusiones

Uno de los aspectos clave en la enseñanza de los sistemas multiagente en un máster interdisciplinar es cómo captar el interés de los estudiantes y facilitarles el manejo de los recursos educativos para llenar el vacío entre los contenidos teóricos y su aplicación real. En este trabajo se ha presentado un método de aprendizaje activo basado en el efecto del “ejemplo-trabajado” y el aprendizaje basado en problemas (ABP) para una

parte de la asignatura de Sistemas Multiagente. El método propuesto aprovecha la disponibilidad en línea de recursos de software gratuitos y de dispositivos físicos disponibles por la Universidad, lo que implica que no es necesario invertir dinero extra. Se facilita a los estudiantes la posibilidad de trabajar en cualquier lugar y a cualquier hora, liberándolos de las limitaciones de horario y promoviendo así su autonomía. Los estudiantes inicialmente son guiados paso a paso para adquirir de una manera ágil, a través de ejemplos detallados paso a paso, los conocimientos necesarios. Posteriormente, los estudiantes son desafiados a resolver problemas del área de los sistemas multiagente como si fuera un juego. Para todo ello se plantea el uso de cuadernos virtuales desarrollados previamente y dispositivos físicos que pueden ser accedidos en línea. Cabe mencionar que el método propuesto puede adaptarse fácilmente a otras asignaturas científicas dentro del área de inteligencia artificial simplemente creando nuevos cuadernos virtuales, o modificando los existentes con el objetivo de reutilizar recursos. De esta manera, se dispondrá de nuevas herramientas más amigables y sencillas para ayudar al estudiante a asimilar los contenidos explicados en clase a través del método propuesto.

Referencias

- [1] Paul Ayres. *Worked Example Effect*, pages 3467–3471. Springer US, Boston, MA, 2012.
- [2] Lorena A Barba. Engineers code: reusable open learning modules for engineering computations. *Computing in Science & Engineering*, 22(4):26–35, 2020.
- [3] Benjamin S Bloom, David R Krathwohl, and Bertram B Masia. Bloom taxonomy of educational objectives. In *Allyn and Bacon*. Pearson Education, 1984.
- [4] Wim Bogaerts. Teaching photonic integrated circuits with jupyter notebooks: design, simulation, fabrication. In *Education and Training in Optics and Photonics*, page 11143_9. Optical Society of America, 2019.
- [5] Charles C Bonwell and James A Eison. *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. 1991 ASHE-ERIC Higher Education Reports. ERIC, 1991.
- [6] María Rosario Cedeño-Escobar, Erika Elizabeth Ponce-Aguilar, Yadira Azucena Lucas-Flores, and Verónica Edith Perero-Alonzo. Classroom y google meet, como herramientas para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Polo del Conocimiento*, 5(7):388–405, 2020.
- [7] Ouhaio Chen, Slava Kalyuga, and John Sweller. The worked example effect, the generation effect, and element interactivity. *Journal of Educational Psychology*, 107(3):689, 2015.
- [8] A Dominguez, Hugo Alarcón, and FJ García-Peñalvo. Active learning experiences in engineering education. 2019.
- [9] Miguel Escrivá Gregori, Javier Palanca Cámara, and Gustavo Aranda Bada. A jabber-based multi-agent system platform. In *Proceedings of the fifth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, pages 1282–1284, 2006.
- [10] Hélia Guerra, Luís Mendes Gomes, and Alberto Cardoso. Agile approach to a cs2-based course using the jupyter notebook in lab classes. In *2019 5th Experiment International Conference (exp. at'19)*, pages 177–182. IEEE, 2019.
- [11] J Hackathorn, ED Solomon, RE Tennial, AM Garczynski, K Blankmeyer, K Gebhardt, and JN Anthony. You get out what you put in: Student engagement affects assessment. In *Poster presentation: Best Practices in Assessment Conference: Atlanta, GA*, 2010.
- [12] Jana Hackathorn, Erin D Solomon, Kate L Blankmeyer, Rachel E Tennial, and Amy M Garczynski. Learning by doing: An empirical study of active teaching techniques. *Journal of Effective Teaching*, 11(2):40–54, 2011.
- [13] Marcela Hernández-de Menéndez, Antonio Vallejo Guevara, Juan Carlos Tudón Martínez, Diana Hernández Alcántara, and Ruben Morales-Menendez. Active learning in engineering education. a review of fundamentals, best practices and experiences. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 13(3):909–922, 2019.
- [14] Rui M Lima, Pernille Hammar Andersson, and Elisabeth Saalman. Active learning in engineering education: a (re) introduction, 2017.
- [15] Norbert Michel, John James Cater III, and Otmar Varela. Active versus passive teaching styles: An empirical study of student learning outcomes. *Human resource development quarterly*, 20(4):397–418, 2009.
- [16] Patricia Morales Bueno and Victoria Landa Fitzgerald. Aprendizaje basado en problemas. 2004.
- [17] Georgina Mota-Valtierra, Juvenal Rodríguez-Reséndiz, and Gilberto Herrera-Ruiz. Constructivism-based methodology for teaching artificial intelligence topics focused on sustainable development. *Sustainability*, 11(17):4642, 2019.
- [18] Gabriela Carmen Oproiu. A study about using e-learning platform (moodle) in university teaching process. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 180:426–432, 2015.

- [19] José Antonio Molina Ortiz, Asunción García González, Azucena Pedraz Marcos, M^a Victoria, and Antón Nardiz. Aprendizaje basado en problemas: una alternativa al método tradicional. *Revista de Docencia Universitaria*, 3(2):79–85, 2003.
- [20] João Felipe Pimentel, Leonardo Murta, Vanessa Braganholo, and Juliana Freire. A large-scale study about quality and reproducibility of jupyter notebooks. In *2019 IEEE/ACM 16th International Conference on Mining Software Repositories (MSR)*, pages 507–517. IEEE, 2019.
- [21] Alexander Renkl. The worked-out examples principle in multimedia learning. 2005.
- [22] Genoveva Sastre. *El aprendizaje basado en problemas*, volume 235004. Editorial Gedisa, 2018.
- [23] Rohani A Tarmizi and John Sweller. Guidance during mathematical problem solving. *Journal of educational psychology*, 80(4):424, 1988.
- [24] Gregory Vial and Bogdan Negoita. Teaching programming to non-programmers: The case of python and jupyter notebooks. 2018.
- [25] Charles J Weiss. Scientific computing for chemists: An undergraduate course in simulations, data processing, and visualization. *Journal of Chemical Education*, 94(5):592–597, 2017.
- [26] Sue Stewart Wingfield and Gregory S Black. Active versus passive course designs: The impact on student outcomes. *Journal of Education for Business*, 81(2):119–123, 2005.