

Aprendiendo a gestionar proyectos reales: la simulación de clientes como herramienta pedagógica en ingeniería informática

Arturo Jaime¹, José Miguel Blanco², César Domínguez¹, Imanol Usandizaga²,
Miren Bermejo² y Patricia Jaime³

¹Dpto. de Matemáticas y Computación, Universidad de La Rioja, Logroño.

²Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU),
Donostia-San Sebastián. ³Psicología GeldiAdi, Donostia-San Sebastián

arturo.jaime@unirioja.es, josemiguel.blanco@ehu.eus, cesar.dominguez@unirioja.es, imanol.usandizaga@ehu.eus,
miren.bermejo@ehu.eus, patricia@psicologiageldiadi.es

Resumen— En este trabajo se presenta y valora la efectividad de una estrategia innovadora para simular la interacción con clientes reales en proyectos de ingeniería informática, en el contexto de asignaturas de dirección de proyectos. A través de una colaboración entre dos universidades, los estudiantes asumieron roles de dirección de equipos de proyecto y desarrolladores, intercambiando planes de proyecto y retroalimentación con un cliente simulado. Los resultados indican que, aunque la simulación de cliente mejora la percepción de realismo y aumenta la motivación de los estudiantes, la calidad de la gestión de requisitos por parte de los estudiantes sigue presentando limitaciones muy significativas. Se ha observado que la interacción semipresencial con el cliente ha derivado en mejores resultados en comparación con la comunicación exclusivamente epistolar. Especialmente, la interacción semipresencial con el cliente favorece una mejor comprensión de los requisitos y una mayor implicación estudiantil.

En el presente trabajo también se manifiesta que la simulación de clientes implica un esfuerzo adicional, tanto para estudiantes como, especialmente, para el profesorado que asume el rol de cliente. Se plantean algunas oportunidades de mejora, como la incorporación de actividades previas para preparar al estudiantado con el fin de fortalecer las habilidades en la gestión del alcance del proyecto y la colaboración con expertos externos para aumentar la motivación.

Abstract— *This paper presents and assesses the effectiveness of an innovative strategy for simulating interaction with real clients in computer engineering projects in the context of project management assignments. Through a collaboration between two universities, students assumed roles of managing project teams and developers, exchanging project plans and feedback with a simulated client. Results indicate that while client simulation improves perceived realism and student motivation, student requirements management quality remains significantly limited. Semi face-to-face interaction with the simulated client yielded better results than exclusively written communication. Specifically, semi face-to-face interaction fostered better understanding of requirements and greater student involvement.*

The present work also shows that customer simulation implies an additional effort, especially, for teachers acting as clients. Some opportunities for improvement are suggested, such as the incorporation of previous activities to pre-train students to strengthen their skills in managing the scope of the project and collaboration with external experts to increase motivation.

Palabras clave— Gestión de clientes, gestión del alcance, riesgos y calidad. aprendizaje experimental, colaboradores externos.

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo describe una experiencia de simulación de clientes reales en proyectos de estudiantes, en el contexto de asignaturas de dirección de proyectos del Grado en Ingeniería Informática. Además de justificar la necesidad de la introducción de la figura del cliente y de comparar las alternativas que se suelen utilizar en contexto académico, se mostrarán resultados asociados a un subconjunto de los procesos relacionados con la gestión del alcance del proyecto y se presentarán algunos resultados sobre la calidad de la recopilación de requisitos y la satisfacción de los estudiantes, así como el esfuerzo adicional requerido.

Numerosos trabajos en contextos educativos mencionan proyectos con participación de clientes, donde los estudiantes interactúan con representantes de empresas [1], [2], [3]. Si bien estos proyectos pueden ser motivadores y útiles, la interacción directa, continua y significativa con el cliente final no siempre es real, lo que puede afectar la calidad de la experiencia. De hecho, en numerosos trabajos publicados no se especifica claramente si la interacción es con el cliente (futuro propietario del producto), un intermediario o un usuario, lo que dificulta la comparación de resultados y la comprensión del impacto de la participación del cliente en el aprendizaje de los estudiantes.

A diferencia de un escenario ideal donde los estudiantes interactuarían directamente con el cliente, en los proyectos en empresa lo hacen con un intermediario, por lo que se pierden aspectos cruciales del proceso de gestión del proyecto. Al no experimentar las dificultades de una correcta identificación del alcance, que incluye un análisis real de requisitos (asociada, normalmente, a unos plazos y a unos presupuestos prefijados o negociables), los estudiantes ven limitada su exposición a habilidades fundamentales en dirección de proyectos. La responsabilidad suele recaer en la figura del intermediario, y la empresa, buscando rentabilizar el esfuerzo de su empleado en proyectos cortos, simplifica o se encarga por completo del proceso

de análisis. De esta forma, los estudiantes normalmente se centran en el diseño e implementación de una solución mínimamente estable. Ante esta realidad, la simulación de clientes se presenta como una herramienta valiosa para brindar a los estudiantes la oportunidad de experimentar el ciclo completo de un proyecto, desde la identificación de necesidades hasta la entrega del producto.

En el contexto de asignaturas de dirección de proyectos se trata de que los estudiantes desarrollen competencias de gestión y dirección. Proponer contextos auténticamente reales en que asuman estas competencias resulta, si no imposible, sí muy complicado y costoso. Ni siquiera en los trabajos de fin de grado se encuentra con carácter general una auténtica responsabilidad directiva, pues esta suele ser llevada a cabo de la mano del tutor de trabajo, que es quien aporta, a menudo, el conocimiento sobre planificación y seguimiento, definición del alcance y concreción y exigencia de requisitos de calidad. En este trabajo presentamos una alternativa, concebida, diseñada y desplegada en dos centros de dos universidades distintas, que imparten una asignatura de dirección de proyectos en el tercer curso del Grado de Ingeniería Informática. La colaboración de los profesores de ambas universidades permite que los profesores de una universidad ejerzan el papel de cliente en los proyectos de la otra y viceversa.

En línea con la propuesta de simulación de clientes reales, la fase de identificación de requisitos se convierte en un elemento clave del proyecto. La técnica más utilizada es la entrevista con el cliente y otros *stakeholders*, y hacerlo bien supone un reto para los estudiantes [4], siendo, de hecho, el aprendizaje en este ámbito uno de los objetivos pedagógicos fundamentales del desarrollo de la dirección de un proyecto real. Algunos autores [4], [5], destacan que en el área de gestión de requisitos se "aprende haciendo", es decir, que los estudiantes deben experimentarlo por sí mismos (aprendizaje experiencial). Por otra parte, los estudiantes desarrollarán la capacidad de extraer lecciones aprendidas [6] a partir de su experiencia con clientes, donde identifiquen sus problemas con la definición del alcance y la comunicación con los *stakeholders* y propongan formas de mejorarlas en el futuro. Entre las propuestas de enseñanza de esta actividad destaca la implicación en la misma de *stakeholders* reales o simulados externos al contexto de la asignatura [4], [5], [7]. En este sentido, la simulación de clientes ofrece un entorno de aprendizaje transitable e interesante para que los estudiantes experimenten el desafío de la identificación de requisitos, desarrollen habilidades de comunicación y gestión de *stakeholders*, y extraigan lecciones aprendidas para su futuro desempeño profesional.

Este trabajo se estructura en seis apartados adicionales. En la Sección 2 se presenta una revisión bibliográfica de trabajos previos, la mayoría relacionados con propuestas de enseñanza de ingeniería de requisitos, con el objetivo de contextualizar la problemática y las diferentes aproximaciones existentes. A continuación, en la Sección 3, se describe cómo se ha introducido la figura del cliente en los proyectos de las asignaturas implicadas, mostrando la evolución de la propuesta. La Sección 4 describe el método utilizado en el análisis de la experiencia. Seguidamente, en las Secciones 5 y 6, se discuten los

resultados obtenidos, analizando el impacto de la simulación en el aprendizaje de los estudiantes y la calidad de los proyectos. Para acabar se presentan algunas conclusiones que resaltan las principales contribuciones del trabajo y las líneas de trabajo futuras.

II. TRABAJO RELACIONADO

En este artículo exploramos el uso de clientes reales o virtuales en dirección de proyectos de software en entorno educativo. La revisión bibliográfica de Daun *et al.* [5] sobre enseñanza de ingeniería de requisitos revela una carencia de investigación empírica en el campo, especialmente en lo que respecta a la aplicación de metodologías activas. En particular, se ha observado que muchos trabajos no consideran hallazgos previos sobre el impacto de la interacción con clientes reales en el aprendizaje de los estudiantes.

Una estrategia para mejorar la enseñanza de ingeniería de requisitos es la incorporación de un cliente real o virtual en los proyectos de software realizados por estudiantes. Por un lado, algunas propuestas recrean organizaciones realistas y utilizan personas con el papel de cliente [2], [8], [9] para que los estudiantes experimenten el "desorden" que se vive en el puesto de trabajo, obteniendo una opinión muy favorable de estos últimos [9]. Los estudiantes valoran positivamente la oportunidad de aplicar sus conocimientos en un contexto real y de desarrollar habilidades de comunicación y negociación con clientes. Por otro lado, se ha señalado que el profesor no debe asumir al mismo tiempo el rol de cliente [10], debido al riesgo de que los estudiantes confundan afirmaciones del cliente con instrucciones o soluciones aportadas por el profesor, lo que podría limitar su autonomía y capacidad de resolución de problemas. También se estudian los errores cometidos por los estudiantes durante las entrevistas con el cliente, organizadas como juego de roles [4]. Identificar y analizar estos errores es fundamental para que los estudiantes puedan mejorar sus habilidades de entrevista y obtener información más precisa y relevante de los clientes. Los errores más frecuentes están relacionados con las preguntas sobre el dominio. Estos incluyen preguntas vagas, irrelevantes o que piden soluciones directamente, así como omisiones importantes, como no preguntar quiénes son los interesados, si existe una versión previa del software o qué funcionalidad es más prioritaria. Además, se observan errores en el orden de la entrevista, como preguntas repetidas o comenzar o terminar la entrevista de forma inadecuada (por ejemplo, sin presentarse o sin agradecer al cliente por su tiempo). En segundo lugar, se sitúan los errores de tipo social, como dificultades en las habilidades de comunicación e interacción con el cliente y en la planificación y el trabajo en equipo.

Otra forma de aportar realismo al análisis de requisitos es usar casos de estudio extraídos de experiencias aportadas por empresas [10], [11]. Los casos de estudio ofrecen a los estudiantes la oportunidad de enfrentarse a situaciones reales y de aplicar sus conocimientos en un contexto práctico, lo que favorece un aprendizaje más significativo y duradero. Los resultados muestran mayor motivación, mayor autonomía en el descubrimiento de conocimiento y mayor compromiso por parte de los estudiantes. También se observa un esfuerzo mayor de

los profesores para monitorizar el progreso de los estudiantes, ya que los casos de estudio requieren una mayor dedicación a la supervisión y la necesidad de adaptar los contenidos a las particularidades de cada caso.

El efecto positivo de las prácticas en la empresa sobre el aprendizaje posterior del alumnado es un fenómeno conocido y estudiado [12]. Las prácticas en empresas permiten a los estudiantes adquirir experiencia profesional, establecer contactos en el sector y desarrollar habilidades que son muy valoradas por los empleadores. Hay universidades que organizan sus estudios con una estancia intermedia en una empresa durante varios meses (*internships*). Esta idea también se ha incorporado en los trabajos de fin de grado y en algunas asignaturas de desarrollo de software con mejoras observables en la motivación y en competencias tanto técnicas como no técnicas [1]. Sin embargo, la organización de prácticas con clientes reales supone un sobreesfuerzo organizativo y de control del trabajo de los estudiantes [2]. Algunos estudios comparan el uso de clientes de empresa frente a clientes más académicos en proyectos de asignaturas [1], [3], [13]. Los resultados se contradicen en favor de unos u otros, por lo que no queda claro que el factor del cliente empresarial sea más positivo. Esta contradicción podría deberse a diferencias en el tipo de proyectos, en la formación de los estudiantes o en la metodología de evaluación utilizada en los diferentes estudios.

Por último, tanto los *juegos serios* como el uso del *role playing* se plantean como opciones interesantes para aprender a recopilar requisitos [14], [15], [16], pero no encontramos artículos que analicen su impacto en la mejora de esta competencia. A pesar de la falta de investigación sobre su impacto en la recopilación de requisitos, la asunción de roles se presenta como una herramienta valiosa para motivar a los estudiantes y para ayudarles a desarrollar habilidades de comunicación, negociación y trabajo en equipo.

III. ASIGNATURAS IMPLICADAS Y CONTEXTO

Esta experiencia de aprendizaje se desarrolla en el marco de dos asignaturas de seis créditos cada una, pertenecientes al ámbito de la Gestión de proyectos informáticos de dos universidades españolas: la Universidad de La Rioja y la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea [17]. Estas asignaturas se imparten en el tercer curso del Grado en Ingeniería Informática en ambas universidades. Aunque comparten objetivos generales, la mayoría de las competencias a desarrollar, el número total de créditos y el cuatrimestre de impartición, también presentan algunas diferencias en la distribución de créditos teóricos y prácticos, las formas de evaluación y la asignación departamental [18].

Las competencias técnicas adquiridas en estas asignaturas abarcan la gestión de proyectos informáticos dentro del bloque común a la rama de Informática, tal como se definen en las recomendaciones para los grados en Ingeniería Informática. Al cursar estas asignaturas, los estudiantes se encuentran en la etapa final de su formación de grado, por lo que esta experiencia busca dotarlos de conocimientos y recursos que les serán de gran utilidad tanto en su última etapa formativa como en su posterior ejercicio profesional.

La propuesta docente se articula en torno a la realización de una secuencia de proyectos que abarcan las quince semanas del cuatrimestre. Estos proyectos se caracterizan por un aumento progresivo en duración, complejidad de la gestión de los equipos de proyecto [19], dedicación y alcance [20]. Todos ellos incorporan elementos significativos de las cinco fases que conforman el ciclo de vida de la gestión de proyectos: Inicio, Planificación, Ejecución, Seguimiento y control, y Cierre. La secuencia de proyectos sigue un mismo eje conductor, de manera que los elementos presentes en proyectos previos reaparecen extendidos e interrelacionados en los sucesivos, aunque con elementos de novedad, mayor dificultad o enriquecidos por un contexto más realista [17].

Los productos a desarrollar en los proyectos son sistemas web multimedia relativamente sencillos, completos y accesibles a través de Internet. En todos los casos, el resultado final del último proyecto es un sitio web plurilingüe de cierta envergadura, desarrollado utilizando alguno de los gestores de contenidos más populares [19], [20].

En la organización del curso, el segundo proyecto se centra en la introducción de la gestión de interesados en la definición del alcance, buscando superar la dualidad estudiante/profesor y simulando el comportamiento de un cliente de manera más cercana a la que se encontrarán en proyectos reales. Esta simulación se lleva a cabo de forma epistolar. En el tercer y último proyecto, la simulación se vuelve más realista, al añadir elementos de gestión dinámica del alcance y de validación de la calidad de las propuestas de solución desarrolladas por los equipos de proyecto. Este dinamismo se consigue mediante reuniones presenciales o por videoconferencia, así como a través del intercambio de correos electrónicos con el profesor que ejerce el rol de cliente. Este rol de cliente se vehicula intercambiando dedicaciones entre los profesores de las dos universidades implicadas, de forma que el docente de una ejerce el papel de cliente en la otra, y viceversa.

La secuencia de proyectos se desarrolla en tres etapas. En el primer proyecto, las necesidades se presentan en un documento de proyecto, similar a un enunciado de trabajo práctico. En una segunda etapa, se introduce la figura de un *cliente invisible*, cuyo rol será asumido, vía comunicación por escrito, por un profesor. Finalmente, en el tercer proyecto, el cliente se vuelve *semipresencial*, interactuando de forma más activa con los estudiantes.

III-A. Cliente invisible

En el segundo proyecto, los equipos interactúan, en modo asíncrono, con un cliente que se comunica exclusivamente por escrito, simulando un escenario profesional donde la interacción no es inmediata ni presencial. El proceso se estructura en las siguientes fases:

- *Presentación del proyecto*: similar al primer proyecto, se proporciona un documento que describe el alcance general del proyecto y los objetivos principales.
- *Mensaje inicial del cliente*: el cliente invisible, a través de un mensaje escrito, complementa la presentación ini-

cial, detallando nuevos requisitos y ajustando los previamente establecidos. Se proporciona una dirección de correo electrónico para facilitar la comunicación durante el proyecto, y se solicita a cada equipo designar un único interlocutor para agilizar la gestión de la información. Se recomienda etiquetar los mensajes con el nombre del equipo para una mejor organización.

- *Interacción por correo electrónico*: durante el desarrollo del proyecto, el cliente responde a las preguntas de los equipos a través del correo electrónico. Se establece un plazo de respuesta de 24 horas, considerando solo días y horarios laborables. Si bien los estudiantes pueden enviar mensajes durante fines de semana y períodos vacacionales, el cliente responderá a estas consultas en la siguiente jornada hábil.
- *Publicación centralizada de preguntas y respuestas*: todas las preguntas realizadas por los equipos, junto con sus respectivas respuestas, se publican de forma centralizada en una página web accesible para todos los participantes. De esta manera, se fomenta la transparencia y se intenta reducir la duplicación de consultas.

A pesar de la experiencia previa con el proyecto sin cliente y de la comunicación exclusivamente escrita, los equipos a menudo tienen dificultades para recopilar y trasladar las demandas del cliente a sus productos. Esto resalta la importancia de reforzar la gestión de requisitos y la comunicación efectiva en entornos asíncronos.

III-B. Cliente semipresencial

En el tercer proyecto el cliente se vuelve "semipresencial", lo que implica que se reunirá una o dos veces, ya sea de forma física o por videoconferencia, con representantes de los equipos de proyecto. Para agilizar estas sesiones y dar realismo al proceso de gestión, se determina la asistencia de un único representante por equipo. El resto de la comunicación se seguirá realizando de forma escrita a través del correo electrónico. La interacción con el cliente se desarrolla en las siguientes nueve etapas:

1. *Presentación del proyecto*: similar a los proyectos anteriores, se proporciona un documento que describe el alcance general del proyecto y los objetivos principales. En esta etapa, se propone un rango de fechas para la primera entrevista con el cliente.
2. *Mensaje inicial del cliente*: similar al proyecto anterior, el cliente envía un mensaje inicial complementando la presentación y detallando nuevos requisitos o ajustando los existentes.
3. *Primera entrevista*: con la información proporcionada en los documentos anteriores, los equipos ya tienen una idea general de lo que se les pide. El objetivo principal de esta entrevista es concretar en detalle las funcionalidades y los contenidos del producto a desarrollar.
4. *Elaboración de acta*: se reserva un espacio de tiempo en clase para la redacción de un acta de la reunión. Posteriormente, el cliente elabora una versión conjunta a partir de las actas recibidas hasta una fecha límite y la comparte con los equipos.
5. *Interacción por correo electrónico*: al igual que en la fase anterior, se mantiene la comunicación a través del correo electrónico para resolver dudas y realizar consultas.
6. *Segunda entrevista (opcional)*: si el calendario lo permite, se programa una segunda entrevista, aproximadamente dos semanas después de la primera, con el objetivo de resolver nuevas preguntas y afinar cuestiones que hayan quedado poco definidas.
7. *Entrega de prototipo*: se solicita a los equipos la entrega de un prototipo del producto a realizar. El objetivo de este prototipo es contrastar las demandas del cliente con la solución propuesta por el equipo. La entrega y la retroalimentación se realizan a través del correo electrónico.
8. *Entrega al cliente de documentación y productos finales*: al finalizar el proyecto los equipos deben transferir al cliente la propiedad de los productos desarrollados, así como la de los elementos de terceros que hayan utilizado (formularios, gestores de suscripciones, etc.). También deben entregar y asegurar la recepción de la documentación de administración y uso del producto.

En este proyecto se introduce la comunicación oral con el cliente, lo que añade una nueva dimensión a la interacción. De forma consciente, el cliente puede incurrir en pequeñas imprecisiones al transmitir sus demandas y cambiar de opinión en algunos asuntos menores. Todo ello aumenta las dificultades de gestión en comparación con el tipo de cliente anterior, ya que los equipos deben aprender a gestionar la incertidumbre y los cambios en los requisitos.

IV. MÉTODO DE ANÁLISIS

La experiencia, desde su implantación piloto, en una de las universidades participantes el curso 2019-20, se ha venido repitiendo, extendiendo y refinando hasta el curso 2023-24. En este trabajo presentamos el análisis metódico de los datos recogidos en uno de los cursos académicos (2022-23) en una de las dos universidades, como un primer paso importante a la hora de realizar una valoración sistemática de la experiencia. En este estudio participaron 54 estudiantes del curso 2022-23 matriculados en la asignatura de Gestión de Proyectos Informáticos de la Universidad de La Rioja. La participación en el estudio fue voluntaria y se garantizó la confidencialidad de los datos.

Para llevar a cabo el análisis, se utilizaron tres fuentes de datos principales:

1. *Entregables del proyecto*: se analizaron los tres entregables principales del proyecto: el *Plan de proyecto*, el *Informe de seguimiento* y los *Productos finales*. El Plan de proyecto es el documento inicial donde los equipos definen el alcance, los objetivos, el cronograma y los recursos del proyecto. El Informe de seguimiento: documento donde los equipos registran el progreso del proyecto, los problemas encontrados y, en su caso, las acciones correctivas adoptadas. Los Pro-

ductos finales son los sistemas web multimedia desarrollados por los equipos, incluyendo la documentación de usuario y técnica.

2. *Interacciones por correo electrónico*: se recopilaron y analizaron los mensajes de correo electrónico intercambiados entre los equipos de estudiantes y el cliente simulado. Se cuantificó el número de mensajes enviados y recibidos, así como el contenido de los mensajes relacionados con la gestión de requisitos y la comunicación con el cliente.
3. *Encuesta de opinión*: al finalizar el curso se completó una encuesta de opinión anónima. Las preguntas de la encuesta se centraron en tres aspectos: *aprendizaje*, *satisfacción* y *esfuerzo*. En cuanto al aprendizaje, se pidió una valoración de la percepción sobre el aprendizaje adquirido en relación con la gestión de proyectos, la comunicación con el cliente y el trabajo en equipo. Se preguntó por el grado de satisfacción con la experiencia de aprendizaje, incluyendo la interacción con el cliente simulado y la utilidad de los materiales y actividades del curso. Respecto al esfuerzo, se recogió información sobre la dedicación a las diferentes actividades del curso, incluyendo la planificación, el desarrollo y la gestión de los proyectos.

Se ha realizado un análisis mixto de los datos recopilados. Los datos cuantitativos (número de mensajes, calificaciones en la encuesta) se analizaron mediante estadísticas descriptivas. Los datos cualitativos (contenido de los mensajes, respuestas a preguntas abiertas de la encuesta) se analizaron mediante análisis de contenido, identificando temas y patrones recurrentes.

El análisis de los datos se llevó a cabo en cuatro etapas: *recopilación y organización*, *análisis cuantitativo*, *análisis cualitativo e interpretación de los resultados*. En esta última etapa se integraron los resultados del análisis cuantitativo y cualitativo para obtener una comprensión más completa de la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. La síntesis de este análisis se presenta en los siguientes apartados.

V. RESULTADOS RELATIVOS A LA GESTIÓN DEL ALCANCE

En este apartado se presentan y analizan los resultados obtenidos en el estudio, centrándonos en la gestión del alcance y los requisitos de los proyectos desarrollados por los estudiantes. Se comparan los resultados entre proyectos con cliente invisible y semipresencial, y se discuten las implicaciones de estos hallazgos para la enseñanza y el aprendizaje de la gestión de proyectos informáticos.

V-A. Análisis de resultados

La Tabla I presenta las medias y desviaciones estándar del porcentaje de requisitos identificados, el porcentaje de requisitos presentes en el producto final, el número de mensajes semanales enviados al cliente y la valoración que hizo el cliente sobre la calidad de las interacciones con los equipos. El porcentaje de requisitos identificados y presentes en el producto se obtiene respecto al total de los considerados como referencia por el profesorado en el proceso de seguimiento y evaluación.

Los datos corresponden a la interacción de grupos en los que los alumnos en los grupos se han cambiado en las dos situaciones de estudio (cliente invisible respecto a cliente semipresencial) y por ello corresponden a equipos *independientes*.

Los resultados presentados en la Tabla I revelan diferencias significativas en la gestión de requisitos entre los proyectos con cliente invisible y semipresencial. La disminución en el porcentaje de requisitos identificados en el escenario semipresencial (60.63%) en comparación con el invisible (85.53%) ($t = 7.559$, $p < 0.001$) plantea interrogantes sobre el impacto de la comunicación oral en la documentación y el seguimiento de requisitos. La información transmitida oralmente puede dar lugar a malentendidos, omisiones o cambios no registrados formalmente, lo que subraya la necesidad de reforzar las habilidades de escucha activa, documentación y gestión de requisitos en entornos de comunicación más variados.

TABLA I.
REQUISITOS, MENSAJES SEMANALES Y LA VALORACIÓN DEL CLIENTE
[MEDIA (DESVIACIÓN TÍPICA)]

	Cliente invisible	Cliente semi-presencial	Estadístico
Requisitos %	85,53 (7,75)	60,63(7,07)	$t=7,559^{***}$
Producto %	74,07 (14,44)	76,50(8,00)	n.s.
Mensajes/semana	1,40 (0,71)	1,91(0,53)	$t=-1,776^*$ $p=,045$
Cliente(0-10)	4,67 (1,47)	7,35(1,14)	$t=-4,469^{***}$

Prueba t de Student muestras independientes, $^{***}p<0.001$

A pesar de la diferencia en la identificación de requisitos, el porcentaje de requisitos presentes en el producto final no muestra diferencias significativas entre los dos escenarios. Esto sugiere que, aunque se identifican y documentan menos requisitos en el escenario semipresencial, los equipos logran un nivel similar de implementación. Una posible explicación es que la interacción directa con el cliente en esta fase permite una mejor comprensión de las necesidades reales, compensando las limitaciones de documentación formal. Sin embargo, la falta de una diferencia significativa también podría indicar una gestión ineficiente de los requisitos en ambos escenarios, donde un porcentaje considerable de los requisitos identificados no se traslada al producto final (alrededor del 25% en ambos casos). Este hallazgo destaca la necesidad de incorporar estrategias de verificación y seguimiento de requisitos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

El número de mensajes semanales intercambiados con el cliente es ligeramente mayor en el escenario semipresencial (1,91) que en el de cliente invisible (1,40), aunque esta diferencia es marginalmente significativa ($t = -1,776$, $p = 0,045$). Este resultado es razonable, dada la mayor interacción directa con el cliente en el escenario semipresencial.

La valoración del propio cliente sobre la calidad de la interacción es significativamente mejor en el escenario semipresencial (7,35) que en el invisible (4,67) ($t = -4,469$, $p < 0,001$). Este resultado subraya la importancia de la interacción personal para la satisfacción del cliente. La comunicación cara a cara y la posibilidad de aclarar dudas y discutir aspectos del proyecto de manera presencial o por videoconferencia parecen conllevar una percepción más positiva de la interacción.

V-B. Discusión

Estos resultados nos sugieren preguntas importantes sobre la enseñanza y el aprendizaje de la gestión de requisitos en proyectos informáticos. La dificultad para identificar y gestionar los requisitos, incluso en escenarios simulados, apunta a que los estudiantes podrían necesitar un mayor entrenamiento en habilidades de comunicación, documentación y análisis de información. La literatura sobre ingeniería de requisitos [5] destaca la necesidad de investigar la relación entre la competencia en requisitos, la sensibilidad por su calidad y la preparación de los estudiantes para el mundo laboral. Nuestros hallazgos refuerzan el interés de intervenciones formativas específicas, como talleres de comunicación, ejercicios de documentación y simulaciones de escenarios reales, para mejorar la gestión de requisitos en proyectos informáticos.

El número medio de mensajes semanales proporciona información sobre la intensidad de la interacción entre cliente y equipos. La diferencia significativa entre los proyectos con cliente invisible y semipresencial señala a que la interacción se incrementa con la experiencia. En el proyecto con cliente invisible, los 15 equipos enviaron un total de 63 mensajes en tres semanas, mientras que en el proyecto con cliente semipresencial se enviaron 107 mensajes en siete semanas. Considerando que el cliente responde a casi todos los mensajes, se pone de manifiesto que esta tarea requiere una dedicación considerable. Además, la dimensión de los mensajes iniciales y las actas conjuntas del cliente semipresencial (2461 palabras) supera la de los mensajes iniciales y las preguntas y respuestas publicadas por el cliente invisible (1403 palabras), lo que añade complejidad a la tarea de los roles de cliente.

El último dato recogido en la Tabla I es la valoración del cliente sobre la calidad de la interacción con los equipos (en una escala de 0 a 10). Se observan diferencias significativas en favor del cliente semipresencial. Pensamos que este resultado puede deberse a dos factores principales: por un lado, al impacto del *trato personal*, que influye positivamente en la percepción de la calidad de la interacción, al establecerse una comunicación más directa y cercana. Por otro lado, a la posible influencia de la experiencia previa con el cliente invisible, junto con la retroalimentación recibida sobre la gestión de requisitos en ese proyecto, que puede ayudar a los equipos a mejorar su comunicación y gestión en la interacción con el cliente semipresencial.

VI. RESULTADOS RELATIVOS A LA VALORACIÓN DE LOS ESTUDIANTES

Para explorar la percepción de los estudiantes sobre la interacción con los clientes, se les pidió que evaluaran diversos aspectos utilizando una escala del 1 al 5. Se solicitaron opiniones separadas sobre los dos tipos de cliente: *invisible* y *semipresencial*.

La Tabla II muestra la opinión de los estudiantes sobre la interacción con ambos tipos de clientes. Se encontraron diferencias significativas en el *aprendizaje*, el *esfuerzo percibido* y la *calidad de la interacción*. En concreto, los estudiantes percibieron un mayor aprendizaje ($Z=-2,511$, $p=0,021$), un mayor

esfuerzo ($Z=-4,994$, $p<0,001$) y una mejor calidad de interacción ($Z=-4,358$, $p<0,001$) en el proyecto con cliente semipresencial.

La interacción cara a cara con el cliente semipresencial parece influir positivamente en el aprendizaje y la percepción de la calidad de la interacción. La mayor duración del proyecto con cliente semipresencial (siete semanas frente a tres) puede explicar la percepción de un mayor esfuerzo, aunque esta pregunta se refería al esfuerzo semanal y no al de la totalidad del proyecto. Algunas actividades se valoran de forma claramente positiva, como las reuniones con el cliente semipresencial. También que éste confeccione un acta propia con la que comparar la del equipo.

OPINIÓN [MEDIA (DESVIACIÓN TÍPICA); MEDIANA] DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LA INTERACCIÓN CON CLIENTES INVISIBLES Y SEMIPRESENCIALES

	Cliente invisible	Cliente semipresencial	Estadístico
Aprendizaje	2,96 (0,97); 3	3,37 (1,19); 3,5	$Z=-2,511$ $p=0,021^*$
Satisfacción	3,06 (1,00); 3	2,94 (1,04); 3	n.s.
Información	3,63 (1,14); 4	3,61 (1,05); 4	n.s.
Utilidad	3,22 (0,92); 3	3,22 (1,09); 3	n.s.
Esfuerzo	3,06 (1,05); 3	4,06 (0,99); 4	$Z=-4,994^{***}$
Interacción	3,27 (0,97); 3	4,02 (0,90); 4	$Z=-4,358^{***}$
Global	3,17 (1,02); 3	3,30 (1,09); 3	n.s.

* Wilcoxon muestras emparejadas *** $p<0,001$

La satisfacción con la experiencia y la percepción global sobre el cliente no mostraron diferencias significativas entre los dos tipos de cliente. Tampoco se observaron diferencias en la claridad de la información recibida, a pesar de las diferencias en los métodos de comunicación. En cuanto a la satisfacción con la experiencia y la percepción global sobre el cliente, no se encontraron diferencias significativas entre ambos tipos de cliente. Tampoco se observaron diferencias en la claridad de la información recibida, a pesar de las diferencias en los métodos de comunicación. A la hora de interpretar estos datos hay que recordar que solo un subconjunto de los estudiantes (los representantes de cada equipo de proyecto) interactúan directamente con el cliente y que el resto recibe la información que les es transmitida por sus compañeros, lo que explicaría en gran medida, esta circunstancia.

MEDIA (DESVIACIÓN TÍPICA) Y MEDIANA DE LA OPINIÓN DE LOS ESTUDIANTES SOBRE REUNIONES Y ACTAS.

	Media (d. t.)	Mediana
Reuniones	3,50 (1,08)	4
Acta conjunta	3,85 (1,05)	4
Diferencia actas	2,45 (0,94)	3
Más clientes	3,06 (1,20)	4

En la Tabla III se muestra la valoración de los estudiantes sobre la importancia de las reuniones y actas en la interacción con el cliente. Los estudiantes consideraron las reuniones con el cliente como altamente importantes (media=3,50) y también opinaron que la elaboración de un acta conjunta era importante (media=3,85). Sin embargo, la diferencia entre las actas de los equipos y el acta conjunta fue valorada como moderadamente

importante (media=2,45). El interés en participar en más prácticas con clientes obtuvo una valoración neutra (media = 3,06).

TABLA IV.

OPINIONES POSITIVAS Y NEGATIVAS SOBRE LA INTERACCIÓN CON EL CLIENTE CLASIFICADAS POR TEMAS Y CON LOS NÚMEROS DE APARICIONES EN LAS RESPUESTAS.

Aspectos positivos	Opiniones positivas sobre el cliente
Realismo (23)	Simula situaciones de empresa (16)
	Que sea alguien externo (3)
	Te centras más en el rol de director (1)
	Pide algo distinto a cada equipo (1)
	Te fuerza a llegar a acuerdos (1)
Respuestas (14)	Sugiere ideas nuevas (1)
	Responde rápido a los emails (12)
Comunicación (8)	Responde de forma clara y breve (2)
	Resolución de dudas en reuniones (7)
Novedoso (3)	Mejora de nuestra competencia (1)
	Respecto al resto de prácticas (3)
NS/NC (10)	(Generalmente por asumir otros roles)
Aspectos negativos	Opiniones negativas sobre el cliente
Respuestas (24)	Llegan tarde, sobre todo al final (9)
	Algunas son ambiguas (7)
	Esperas por días no laborables (3)
	No contesta por no leer documentos (3)
	Sin avisos al publicarlas en la web (2)
Complejidad (22)	Tener un cliente lo complica todo (5)
	Hace falta preguntar muchas cosas (5)
	Pide mejoras que llevan tiempo (4)
	Cambia de opinión o se contradice (4)
	Olvida conversaciones anteriores (3)
Personalidad (8)	Lleva a la frustración del director (1)
	Es impertinente, áspero (4)
	Es inflexible, no acepta cambios (1)
	Dice dudar del éxito del proyecto (1)
	No dice qué cosas sí le gustan (1)
Reuniones (5)	El cliente invisible usa el "usted" (1)
	Habría que hacer más reuniones (2)
	Se alargan por aparentes simplezas (2)
	Impone cuándo tendrán lugar (1)
NS/NC (12)	(Generalmente por asumir otros roles)

La Tabla IV presenta los temas que surgieron en las opiniones abiertas de los estudiantes sobre la interacción con el cliente. La mayoría de las opiniones positivas se relacionan con el realismo de la experiencia, destacando la simulación de situaciones empresariales y la oportunidad de interactuar con un cliente externo. Otros aspectos positivos incluyen la rapidez y calidad de las respuestas del cliente, la eficacia de la comunicación y la novedad de la experiencia en comparación con otras prácticas. Entre las opiniones negativas, la mayoría se centran en la tardanza y ambigüedad de las respuestas del cliente, especialmente al final del proyecto. Algunos estudiantes también mencionaron la complejidad de trabajar con un cliente real, la personalidad del cliente (percibido como puntilloso o cortante en algunos casos) y el número limitado de reuniones presenciales.

También se observa una visión ambivalente respecto a las respuestas del cliente, destacadas tanto entre lo más positivo de la experiencia como entre lo más negativo, si bien esto tiene una explicación relacionada directamente con la propia calidad

del trabajo realizado por cada equipo, que recibe un tipo de respuesta u otra en función de la satisfacción del propio cliente con las comunicaciones y los entregables resultantes del proyecto. Por último, no se han encontrado valoraciones claramente negativas en ningún aspecto.

Estos resultados sugieren que la interacción con un cliente real es una experiencia valiosa para los estudiantes, ya que les permite experimentar de primera mano los desafíos de la gestión de proyectos en un entorno realista. Sin embargo, también es importante abordar los problemas relacionados con la percepción de tardanza y ambigüedad de las respuestas del cliente.

En suma, del análisis cualitativo presentado se destaca el realismo de la experiencia como lo más positivo, mientras que en la parte negativa se apunta a una mayor complejidad, que no es más que la otra cara de la misma moneda.

VII. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos analizado la experiencia de simulación del rol de cliente en el contexto de asignaturas, como las de dirección de proyectos, que sitúan el foco en los procesos de gestión de proyectos. Específicamente en los procesos relacionados con la definición del alcance, la gestión de las comunicaciones, los riesgos y la calidad.

El resultado más significativo es la limitada calidad alcanzada por los estudiantes en la gestión de requisitos, como parte de la definición del alcance del proyecto. Probablemente se debe a su inexperiencia, a dificultades reales (de comunicación, comprensión...) o a que afrontan estas tareas con un menor interés, quizás porque las conciben como tareas alejadas de la profesión de ingeniero en informática.

De los dos tipos de interacción exploradas (cliente semipresencial y cliente con comunicación exclusivamente epistolar) destaca un mejor desempeño en la interacción con el cliente semipresencial. La mejora puede deberse a que es un cliente más realista, con lo que aumenta la implicación de los estudiantes, y a la influencia positiva de la experiencia previa en proyectos con el cliente epistolar.

Se ha identificado una opinión general positiva, tanto por parte de los estudiantes como de los intérpretes del rol de cliente. También se observan mejoras en el aprendizaje percibido y en el esfuerzo de los equipos.

Es necesario resaltar el esfuerzo que supone realizar el rol de cliente, en la medida que se establece una relación específica con cada uno de los equipos de proyecto. Además de asistir a las reuniones generales, hay que contestar entre 100 y 200 mensajes concentrados en su mayoría en tres o cuatro semanas, a la vez que se mantiene una relación equiparable con un número significativo de equipos, lo que obliga a una gran eficacia en la gestión de conversaciones paralelas, para dar a cada equipo el mensaje que le corresponde en el contexto de su propio desempeño en el proyecto. Además, se añade el trabajo de publicar preguntas de interés general con sus respuestas, la elaboración de los mensajes iniciales y la preparación de actas conjuntas.

Por último, sería útil reflexionar sobre cómo se puede mejorar la interacción de los estudiantes con los clientes simula-

dos en futuras prácticas, intentando refinar e implementar estrategias para fomentar una comunicación más efectiva. Al abordar estas cuestiones, se puede seguir mejorando la enseñanza de la gestión de proyectos y la preparación de los estudiantes para los desafíos del mundo laboral.

Como trabajo futuro se plantea la incorporación de actividades previas a la interacción con los clientes, que permitan a los estudiantes entender mejor qué se espera de ellos y, si es posible, contar con la colaboración de algún experto del mundo de la empresa que comparta sus experiencias con el tratamiento de clientes en el ámbito de la dirección de proyectos informáticos. También se incidirá en no añadir tareas que aumenten el esfuerzo docente y en refinar las estrategias que permitan obtener un mayor rendimiento de las actividades de comunicación, en particular aquellas que, apareciendo en la interacción particular con un responsable concreto, puedan servir de ejemplo o referencia para el conjunto de los equipos de proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren manifestar su agradecimiento tanto a los estudiantes como al resto del equipo docente de las dos asignaturas implicadas, cuya contribución y apoyo ha hecho posible este trabajo. Este trabajo ha sido subvencionado parcialmente por el Ministerio de Ciencia e Innovación MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y la Unión Europea "NextGenerationEU"/PRTR, proyecto PDC2021-121128-I00 (ReCREA) y por el proyecto AFIANZA 2022/05 concedido por la Comunidad Autónoma de La Rioja.

REFERENCIAS

- [1] P. Appiah-Kubi y C. Brion. "Effects of Service Projects on the Perceived Skills of Engineering Technology Students". *International Journal for Service Learning in Engineering, Humanitarian Engineering and Social Entrepreneurship*, 14 (1), 2019..
- [2] B. Bruegge, S. Krusche y L. Alperowitz. "Software Engineering Project Courses with Industrial Clients". *ACM Transactions on Computing Education*, 15(4), artículo 17, 2015.
- [3] M. Tofighi. "Differential Effect of Client-based and Non-client-based Projects on Marketing Students' Course Performance and Evaluations". *Marketing Education Review*, 32(1), 2022.
- [4] M. Bano, D. Zowghi, A. Ferrari, P. Spoletini y B. Donati. "Teaching requirements elicitation interviews: an empirical study of learning from mistakes". *Requirements Engineering*, 24, 2019.
- [5] M. Daun, A. M. Grubb, V. Stenkova y B. Tenbergen. "A systematic literature review of requirements engineering education". *Requirements Engineering* 28, 2023.
- [6] A. Jaime, J. M. Blanco, C. Domínguez y R. Arruabarrena. "Creation and Sharing of Lessons Learned by Blogging in the Context of Project-Based Learning". *IEEE Access*, 10, 2022.
- [7] R. B. Svensson y B. Regnell. "Is role playing in Requirements Engineering Education increasing learning outcome?". *Requirements Engineering*, 22, 2017.
- [8] S. Ouhbi, A. Idri, J. L. Fernández-Alemán y A. Toval. "Requirements engineering education: a systematic mapping study". *Requirements Engineering*, 20, 2015.
- [9] G. Regev, D. Gaus y A. Wegmann. "Experiential learning approach for requirements engineering education". *Requirements Engineering* 14, 2009.
- [10] M. Daun, A. Salmon, T. Weyer, K. Pohl y B. Tenbergen. "Project-based Learning with Examples from Industry in University Courses: An Experience Report from an Undergraduate Requirements Engineering Course". *IEEE 29th International Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET)*, 2016.
- [11] S. Tiwari, D. Ameta, P. Singh y A. Sureka. "Teaching Requirements Engineering Concepts using Case-Based Learning". *ACM/IEEE International Workshop on Software Engineering Education for Millennials (SEEM)*, 2018.
- [12] A. Jaime, J. J. Olarte, F. J. García-Izquierdo y C. Domínguez. "The Effect of Internships on Computer Science Engineering Capstone Projects". *IEEE Transactions on Education*, 63(1), 2020.
- [13] P. Appiah-Kubi. "Multivariate Analysis of Students Perception on Teaching with Client Based and Non-Client Based Team Projects". *International Journal of Engineering Pedagogy*, 8 (3), 2018.
- [14] S. Ouhbi, A. Idri, J. L. Fernández-Alemán y A. Toval. "Requirements engineering education: a systematic mapping study". *Requirements Engineering*, 20, 2015.
- [15] F. García-Sánchez, J. A. García-Berna, J. L. Fernández-Alemán y A. Toval. "Aplicación de juegos serios en la enseñanza de Ingeniería de Requisitos y Gestión de Proyectos", *Actas de las JENUi*, pp 7-14, vol. 4, 2019.
- [16] A. Calderón Sánchez y M. Ruiz. "Diez años de experiencias con ProDec: un juego serio para formar en dirección y gestión de proyectos software". *Actas de las JENUi*, vol. 9, pp. 141-148, 2024.
- [17] J. M. Blanco, I. Usandizaga y A. Jaime. "Gestión de Proyectos en el Grado en Ingeniería Informática: del PBL a la espiral de proyectos" (2014). *ReVisión*, vol. 7, número 3, septiembre de 2014.
- [18] J. M. Blanco, A. Jaime, C. Domínguez, A. Sánchez, J. J. Olarte. "Un modelo de colaboración docente interuniversitaria entre estudiantes y profesores". en *Actas de las XIX JENUi*, Castellón, 2013, pp. 282-292.
- [19] J. M. Blanco, I. Usandizaga, J. A. Vadillo, A. Jaime. "Conformación de equipos de estudiantes en el grado de ingeniería informática: una experiencia en asignaturas de Gestión de Proyectos". *Actas de las JENUi*, vol. 1, pp 289-296, 2016.
- [20] M. Bermejo, M. Azanza, A. Jaime, J. M. Blanco, I. Usandizaga. "Incorporando los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el Grado de Ingeniería Informática a través de asignaturas de Dirección de Proyectos", *Actas de las JENUi*, vol. 7, pp. 239-246, 2022.