



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación
Convocatoria 2024/2025
Nº de proyecto: 152

Mejora del desarrollo de competencias específicas en materias de programación
mediante la construcción de especificaciones ejecutables

Responsable del Proyecto: José Luis Sierra Rodríguez
Facultad de Informática
Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial

Contenido

1.	Objetivos propuestos en la presentación del proyecto	1
2.	Objetivos alcanzados.....	3
3.	Metodología empleada en el proyecto.....	4
4.	Recursos humanos.....	5
5.	Desarrollo de las actividades.....	6
5.1.	Actividades relativas al objetivo 1, <i>diseño del lenguaje</i>	6
5.2.	Actividades relativas al objetivo 2, <i>implementación del lenguaje</i>	7
5.3.	Actividades relativas al objetivo 3, <i>problemas ESPECIFICA++</i>	7
5.4.	Actividades relativas al objetivo 4, <i>evaluación de la utilidad didáctica</i>	8
5.5.	Actividades relativas al objetivo 5, <i>creación de repositorio de objetos educativos</i>	8
5.6.	Actividades de difusión y transferencia de resultados.....	8
6.	Anexos.....	9
6.1.	Disponibilidad en abierto de ESPECIFICA++ como repositorio en GitHub	9
6.2.	Colección de problemas para resolver con ESPECIFICA++	9
6.3.	Taller sobre especificación formal y ESPECIFICA++	9
6.4.	Realización del taller.....	11
6.5.	Resultados obtenidos en el taller.....	12
6.6.	Póster CIDICO 24 sobre la primera versión de ESPECIFICA++	18
6.7.	Versión extendida del trabajo presentado a EDUNINE 25	19
6.8.	Presentación en jornadas de innovación docente FdI UCM.....	19

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

El proyecto nº 152, *mejora del desarrollo de competencias específicas en materias de programación mediante la construcción de especificaciones ejecutables*, plantea investigar una posible solución al problema detectado con la deficiente adquisición de competencias por parte del estudiantado de materias de programación informática en relación con las especificaciones de los problemas a resolver por los programas. La propuesta es que, de la misma forma que los estudiantes construyen programas y los validan con respecto a baterías de casos de prueba significativos, *construyan* especificaciones que compartan la principal característica de los programas: su carácter ejecutable. De esta forma, con la idea que desarrollamos en este proyecto, los estudiantes pueden construir especificaciones ejecutables, que pueden ser, por ejemplo, validadas con respecto a un juez automático, lo mismo que ocurre con los programas que construyen actualmente. Como consecuencia, el estudiantado deja de percibir las especificaciones como *documentación pasiva*, que no juega un papel significativo, y pasa a percibir las como *objetos activos*, situados al mismo nivel que los programas.

El proyecto plantea los siguientes objetivos:

- **Objetivo 1:** Diseñar un lenguaje de especificación de problemas de programación basado en un subconjunto del lenguaje de especificación utilizado actualmente en la asignatura de *Fundamentos de Algoritmia* de la Facultad de Informática. Este, a su vez, es un lenguaje basado en lógica de predicados, que permite describir asertos (*predicados*) sobre estados de ejecución de los programas. El lenguaje en sí es el que se describe en textos clásicos de programación¹, e incluye mecanismos básicos para la definición de predicados, cuantificación universal y existencial, así como cuantificadores especializados para la definición de expresiones (sumatorio, producto, cuenta, minimización y maximización). En este proyecto se restringe el rango de variación de las variables cuantificadas a intervalos finitos, lo que nos permite dar una interpretación operacional directa de los predicados y expresiones del lenguaje, como procesos que generan sistemáticamente los distintos valores de las variables cuantificadas, y evalúan las condiciones y expresiones adicionales indicadas sobre dichos valores. Esta restricción hace, por tanto, posible que las especificaciones resultantes sean *ejecutables*. Así mismo, en base al uso que habitualmente hacemos del lenguaje en *Fundamentos de Algoritmia* y en otras materias relacionadas, en las que plantear el rango de variación de las variables es, normalmente, el primer paso a adoptar, la restricción no supone una limitación significativa.
- **Objetivo 2.** Implementar el lenguaje como un lenguaje de dominio específico (DSL, del inglés *Domain-Specific Language*) embebido en C++. De acuerdo con esta técnica de implementación, cada sentencia del lenguaje se proyecta en una expresión en C++, el lenguaje de programación que utilizamos en las principales asignaturas de programación de primer y segundo curso de la Facultad de Informática. Para ello, utilizamos características avanzadas de C++, tales como

¹ Véase, por ejemplo, *The Science of Programming*, de D. Gries, <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5983-1>, o *Programming: the derivation of algorithms*, de A. Kaldewaij, <https://dl.acm.org/doi/10.5555/98158>.

el uso de *expresiones lambda* (funciones anónimas) y meta-programación estática (basada en plantillas, incluyendo plantillas *variádicas*). Como resultado, la evaluación de un aserto en el lenguaje da lugar a un predicado ejecutable, que puede evaluarse, dando lugar a la ejecución efectiva del mismo. El resultado es un marco C++ al que denominamos ESPECIFICA++ (del inglés, *Executable SPECIFICAtions in C++*). Utilizando ESPECIFICA++, el estudiantado puede construir, de manera efectiva, especificaciones ejecutables en C++, especificaciones que pueden integrar con sus programas.

- **Objetivo 3.** Desarrollar un conjunto de actividades prácticas basadas en ESPECIFICA++. Estas actividades son análogas a las actividades de resolución de problemas de programación utilizando el juez en línea DomJudge que actualmente utilizan nuestros estudiantes. Para ello, cada problema propone a nuestros alumnos *construir* una especificación basada en ESPECIFICA++. Dado su carácter ejecutable, dicha especificación puede ser enviada al juez, que comprueba su conformidad con respecto a una batería de casos de prueba. Este tipo de actividades es crucial para potenciar el desarrollo de las competencias en especificación formal de problemas de nuestro estudiantado. Efectivamente, las especificaciones dejan de ser *texto* en documentos, o comentarios junto al código, y pasan a ser *objetos ejecutables*, que, lo mismo que los programas, están sometidos al escrutinio del juez en línea. Esperamos, entonces, trasladar al plano de la especificación, el efecto motivador observado en relación con la resolución de problemas en el juez.
- **Objetivo 4.** Evaluar la utilidad didáctica de ESPECIFICA++ y, por tanto, del enfoque basado en especificaciones ejecutables. Para ello, se diseña un experimento controlado, basado en las actividades del *objetivo 3*, con la participación de estudiantes de la asignatura de *Fundamentos de Algoritmia* en el curso 2024-2025. Estos estudiantes, una vez formados en ESPECIFICA++, llevan a cabo la resolución de un conjunto de problemas de especificación. Las soluciones se comparan, entonces, con las realizadas de manera más convencional, lo que nos permite medir cuantitativamente la utilidad didáctica práctica del enfoque. Así mismo, realizamos encuestas a este estudiantado orientadas a medir cualitativamente la facilidad de uso y la utilidad percibida de ESPECIFICA++.
- **Objetivo 5.** Crear un repositorio sobre problemas de especificación y soluciones basadas en ESPECIFICA++. Este repositorio se va a basar en las actividades desarrolladas en el *objetivo 3*, y se va a desplegar en la plataforma Clavy (<http://clavy.fdi.ucm.es>), una plataforma experimental de gestión de repositorios educativos especializados que hemos desarrollado en la UCM a través de varios proyectos de los planes estatales de I+D+i, y que actualmente estamos perfeccionando en el contexto del proyecto PID2021-123048NB-I00 REGRANAPIA (*Repositorios gestionados con Gramáticas: Navegación, Personalización e Inteligencia*).

2. Objetivos alcanzados

El grado de consecución de los objetivos ha sido muy satisfactorio. De hecho, hemos completado satisfactoriamente los tres primeros objetivos, y buena parte del objetivo 4:

- En relación con el **objetivo 1**, hemos definido completamente el lenguaje de especificación ESPECIFICA++. Dicho lenguaje permite:
 - (i) definir predicados y expresiones básicas de programas, utilizando expresiones C++ que estén libres de efectos laterales;
 - (ii) describir cuantificaciones cuyas variables varían sobre intervalos finitos (cuantificación universal y existencial, sumatorios, productorios, minimización, maximización y conteo);
 - (iii) utilizar las funciones C++ como mecanismos de abstracción.

El lenguaje en sí se ha desarrollado a través de dos iteraciones (véase la descripción del modelo de proceso de desarrollo de DSLs descrito en la sección 3):

- En la primera iteración definimos un lenguaje que representaba predicados y expresiones como *cierres léxicos*, que capturaban instantáneas del estado de los programas y que, posteriormente, podían invocarse para llevar a cabo su ejecución. No obstante, tras experimentar con dicho lenguaje, detectamos distintos problemas que dificultaban su uso práctico con estudiantes. El principal fue el diferente comportamiento entre variables del programa y variables cuantificadas.
- En la segunda iteración replanteamos el diseño de ESPECIFICA++ para resolver los problemas detectados en la primera versión. En la nueva versión, que es la versión actual, los cuantificadores se traducen directamente a expresiones C++, que se ejecutan en el momento en el que se definen. Esta nueva versión sí ha resultado ya de aplicación práctica en el contexto educativo resolviendo, en particular, el problema con las variables encontrado en la primera versión.
- En relación con el **objetivo 2**, hemos completado satisfactoriamente la implementación de ESPECIFICA++ como un DSL embebido en C++, tanto para la primera versión, como para la versión actual. La implementación en sí se distribuye como un archivo `especificapp.h`, que puede incluirse en programas C++ orientados a *validar* las especificaciones, u orientados a *validar* un determinado algoritmo (en este último caso, es posible incluir anotaciones basadas en ESPECIFICA++ a través de la *macro* `assert` de C++). Se dispone de implementaciones de ambas versiones del lenguaje: la primera de ellas como testimonio meramente histórico mientras que la segunda es la versión actualmente operativa del lenguaje. Ambas versiones están disponibles en formato abierto en GitHub (ver anexo 6.1).
- En relación con el **objetivo 3**, hemos desarrollado una colección inicial de problemas de especificación resolubles con ESPECIFICA++. Hemos desarrollado, así mismo, plantillas de código para la resolución de estos problemas, así como casos de prueba. Esta colección de problemas y casos de prueba son integrables como problemas en jueces en línea tipo DomJudge. De hecho, hemos llevado a cabo la integración efectiva de estos problemas en uno

de estos jueces en línea que se usa para la docencia en la Facultad de Informática (Figura 1).

TALLER ESPECIFICACION													preliminary results - not final						
RANK	TEAM	SCORE	C1	C2	C3	C4	C5	C6	EJ1	EJ10	EJ2	EJ3	EJ4	EJ5	EJ6	EJ7	EJ8	EJ9	
1	FAL FAL22	16 195206	17267 1 try	26713 1 try	26747 1 try	26766 1 try	26813 4 lines	27366 2 lines	2538 1 try	5568 1 try	2612 3 lines	2633 1 try	2672 1 try	5295 2 lines	5489 1 try	5505 2 lines	5527 1 try	5535 1 try	
2	FAL10	15 162446	18281 1 try	18296 1 try	18311 1 try	18317 1 try	18342 1 try	4 lines	7089 1 try	7084 1 try	7089 2 lines	7083 2 lines	7082 2 lines	7082 1 try	7081 1 try	7081 1 try	7085 1 try	7083 1 try	
3	FAL05	12 102517	16479 1 try	16485 1 try	1 try	3 lines			6676 3 lines	7124 1 try	6849 3 lines	6848 2 lines	6847 2 lines	6846 3 lines	6921 1 try	7066 4 lines	7073 1 try	7083 1 try	
4	FAL43	10 91423	28647 6 lines						6993 1 try		6911 4 lines	6921 1 try	6930 1 try	6935 1 try	6961 1 try	6974 1 try	6988 1 try	7003 1 try	
5	FAL02	9 71656		14466					7035	7202		7120	7127	7154	7163	7171	7178		

Figura 1. Captura de espacio DomJudge con problemas de especificación resolubles mediante ESPECIFICA++

- En relación con el **objetivo 4**, hemos llevado a cabo una evaluación preliminar con un grupo de estudiantes voluntarios de *Fundamentos de Algoritmia*, grupo H, curso 24-25. Aunque el número de participantes ha sido pequeño (15 participantes), la experiencia nos ha permitido probar la aplicabilidad práctica del enfoque en el contexto de este tipo de materias. Actualmente estamos llevando a cabo el análisis detallado de los datos recabados.
- En relación con el **objetivo 5**, actualmente estamos trabajando en el desarrollo de la nueva versión de la plataforma experimental de gestión de colecciones de objetos educativos *Clavy*, por lo que hemos preferido demorar la consecución de este objetivo hasta que dicho desarrollo esté finalizado (previsiblemente a lo largo de 2026).

3. Metodología empleada en el proyecto

La metodología empleada en este proyecto se basa en la metodología de *Investigación Activa*, ampliamente utilizada en proyectos de investigación experimental en informática². El método distingue los siguientes tipos de actividades:

- 1) Estudio y análisis del estado del arte.
- 2) Diseño de las soluciones requeridas por los objetivos de investigación.
- 3) Construcción de los prototipos informáticos para las soluciones diseñadas.
- 4) Evaluación de las soluciones mediante distintas experiencias.
- 5) Difusión y explotación de resultados.

De esta forma, el núcleo de la metodología viene dado por los puntos (2), (3) y (4). En nuestro caso, dichos puntos se han concretado a través del proceso que se muestra en la Figura 2, orientado a desarrollar DSLs para su uso en educación.

Según este proceso:

- El desarrollo comienza con una provisión inicial del DSL (actividad de *Provisión del DSL*).
- A continuación, se itera la actividad de *Refinamiento del DSL Guiado por Instructores*, durante la cual el equipo de instructores evalúa y refina el DSL para alinearlos con sus necesidades educativas.

² Véase, por ejemplo, Avison, D. et al. *Action Research*. Communications of the ACM, 42(1): 94-97, <https://doi.org/10.1145/291469.291479>

- Una vez que se dispone de un DSL que cumple con los requisitos educativos definidos por los instructores, este se refina aún más de manera iterativa mediante un uso controlado con estudiantes (*Refinamiento del DSL Guiado por Estudiantes*).
- En la etapa final del proceso, durante la actividad de *Implantación del DSL*, el DSL se aplica en los diversos cursos de programación impartidos por los instructores.

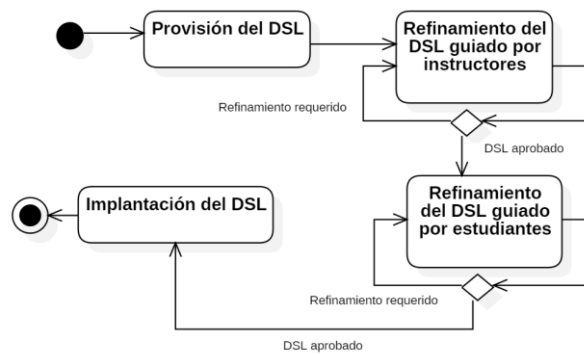


Figura 2. Modelo de proceso seguido en este proyecto

Como ya hemos comentado en la sección 2, en este proyecto hemos abordado la actividad de *Provisión Inicial del DSL*, hemos llevado a cabo dos iteraciones de la actividad de *Refinamiento del DSL Guiado por Instructores*, así como una iteración de la actividad de *Refinamiento del DSL Guiado por Estudiantes*.

4. Recursos humanos

En este proyecto hemos contado con los siguientes recursos humanos:

- José Luis Sierra Rodríguez, IP del proyecto, Catedrático de Universidad en el área de Lenguajes y Sistemas Informáticos (LSI), director del Grupo de Investigación en Ingeniería del Lenguaje, Software y Aplicaciones (ILSA) (grupo oficial UCM nº 962022, evaluado con 87.5 puntos sobre 100 en la última convocatoria AEI), con una experiencia de más de 30 años en la investigación sobre el diseño e implementación de lenguajes informáticos de propósito específico, y en el desarrollo de software educativo, así como en la impartición de múltiples materias de programación (fundamentos de programación, algoritmia, estructura de datos, procesadores de lenguajes, entre otras).
- M^a de las Mercedes Gómez Albarrán, Profesora Titular de Universidad en el área LSI, miembro del Grupo de Investigación en Aplicaciones de la Inteligencia Artificial (grupo oficial UCM nº 921330, evaluado con 80 puntos sobre 100 en la última convocatoria AEI), con una experiencia de más de 30 años en la investigación en sistemas software educativos y en la aplicación de la inteligencia artificial a la enseñanza de la programación, y en docencia en el campo de la programación (fundamentos de programación, estructuras de datos, programación orientada a objetos, entre otras).
- Antonio Sarasa Cabezuelo, Profesor Titular de Universidad en el área LSI, miembro del grupo ILSA, y con una experiencia de más de 30 años en

investigación sobre estandarización de tecnologías de la información y comunicaciones en educación, repositorios educativos, y desarrollo de software dirigido por lenguajes, y en docencia en una amplia variedad de campos del desarrollo software (fundamentos de programación, algoritmos y estructuras de datos, bases de datos, programación para ciencia de datos, ingeniería del software , entre otras).

- Marta López Fernández, Profesora Contratada Doctora en el área LSI, miembro del grupo ILSA, con más de 30 años de experiencia investigadora y profesional en el desarrollo y gestión de proyectos software (tanto en la universidad, como en la administración pública), y de experiencia docente en materias relacionadas con la ingeniería del software y la programación.
- Ana María González de Miguel, Profesora Colaboradora en el área LSI, miembro del grupo ILSA, con una dilatada experiencia tanto profesional (desarrollo de grandes proyectos software en el sector privado), como investigadora (aplicaciones de la inteligencia artificial y software educativo), y con una carrera docente especializada en la enseñanza de la programación (fundamentos de programación, programación orientada a objetos) y reconocida con la evaluación de EXCELENTE en su última evaluación DOCENTIA.
- M^a Covadonga Diez Sanmartín, Licenciada en Informática y estudiante del Programa de Doctorado en Ingeniería Informática de la UCM, con una amplia experiencia profesional en el sector TIC, y con experiencia investigadora en la aplicación de técnicas de aprendizaje máquina y en el desarrollo de software educativo (en el contexto de la red e-Lite de la CM, para el desarrollo de herramientas software educativas en el dominio de la filología).
- Enrique Fermín Sánchez Gutiérrez, Técnico Especialista II en Laboratorio de Nuevas Tecnologías, con una amplia experiencia profesional en la organización y gestión del hardware y software de los laboratorios de la Facultad de Informática, incluyendo la configuración de los servidores y jueces en línea utilizados en las asignaturas de programación.

5. Desarrollo de las actividades

A continuación, describimos las actividades llevadas a cabo en este proyecto.

5.1. Actividades relativas al objetivo 1, *diseño del lenguaje*.

Comenzamos el proyecto llevando a cabo un *estudio y evaluación de alternativas existentes*. En esta tarea revisamos la literatura relativa a especificaciones formales ejecutables de programas, con especial énfasis en el contexto educativo. Así mismo, evaluamos otras alternativas relacionadas con nuestra propuesta; por ejemplo, Dafny³ y lenguajes similares que incluyen la especificación y verificación formal como parte integral de sus sistemas de tipos. Durante esta revisión y evaluación pudimos comprobar que estos enfoques son complementarios a ESPECIFICA++. Con ESPECIFICA++ el estudiantado puede desarrollar y depurar sus especificaciones, mientras que, con sistemas del tipo de Dafny, puede certificar que los programas desarrollados satisfacen dichas especificaciones. De esta forma, ESPECIFICA++ se ocupa de cubrir la *brecha*

³ <https://dafny.org/>

que existe entre la *mente* del desarrollador y la especificación formal, mientras que las otras alternativas cubren la *brecha* que existe entre la especificación y el programa.

Abordamos también la definición del lenguaje para la construcción de especificaciones ejecutables. Durante esta tarea definimos el lenguaje de especificación, basado, como ya hemos indicado, en un subconjunto del utilizado en la asignatura de *Fundamentos de Algoritmia*. Aparte de definir la sintaxis (abstracta) de este lenguaje, definimos también su semántica operacional, con el fin de permitir su posterior implementación. Dicha semántica operacionaliza las cuantificaciones como funciones de evaluación que asignan sistemáticamente valores a las variables, y evalúan los predicados / expresiones cuantificados sobre dichas asignaciones, recolectando y agregando los resultados. De esta forma, a partir de las cuantificaciones se generan implementaciones de *fuerza bruta*, que, aun siendo ineficientes, son suficientes para probar las especificaciones con casos de prueba pequeños, pero significativos. Por último, cabe destacar que, como ya hemos comentado, esta actividad se ha llevado a cabo en dos etapas: en la primera definimos el lenguaje orientado a la construcción de cierres léxicos que representaran los predicados / expresiones, mientras que en la segunda etapa hemos definido el lenguaje en su versión actual, orientada a la generación directa de código que implementa dichos predicados / expresiones.

5.2. Actividades relativas al objetivo 2, implementación del lenguaje.

Comenzamos desarrollando la *sintaxis interna* del lenguaje. El objetivo de esta tarea era presentar ESPECIFICA++ como un DSL embebido en C++ (es decir, las especificaciones en ESPECIFICA++ son expresiones C++ válidas). Para ello, en la primera versión del lenguaje utilizamos el patrón de *interfaz fluida* (*fluent interface*), ampliamente utilizado en la implementación de DSLs embebidos en lenguajes orientados a objetos, como C++.⁴ Con ello, las especificaciones ESPECIFICA++ se describían como cadenas de invocación de métodos. En la segunda versión hemos utilizado el mecanismo de *macros* en C/C++, que permite añadir, de manera uniforme, nuevas notaciones al lenguaje.

Seguidamente abordamos la *operacionalización* y el *refinamiento* del lenguaje. Como ya hemos comentado, la idea básica en ESPECIFICA++ es expresar las cuantificaciones en términos de funciones de evaluación. La realización de esta idea supone utilizar funciones anónimas (*expresiones lambda*)⁵ asociadas a las cuantificaciones, junto con un motor genérico de evaluación en términos del cuál definir dichas funciones. La aplicación de la idea difiere entre la primera y la segunda versión, debido a las diferentes características de las sintaxis concretas utilizadas, aunque, en último término, la técnica empleada ha sido la misma.

5.3. Actividades relativas al objetivo 3, problemas ESPECIFICA++.

Hemos desarrollado un total de 16 problemas de especificación, basados en problemas que normalmente utilizamos en *Fundamentos de Algoritmia* durante los temas de *especificación de algoritmos* y de *diseño de algoritmos iterativos*. De estos problemas, los 10 primeros son básicos, orientados a fomentar la familiarización con

⁴ Véase, por ejemplo, M. Fowler Domain-Specific Languages, Addison-Wesley

⁵ Véase, por ejemplo, H. Abelson & G.J. Sussman, *Structure and Interpretation of Computer Programs*, MIT Press

ESPECIFICA++, mientras que los otros 6 son más avanzados, asociados con problemas de diseño iterativo propuestos en pruebas de evaluación a nuestro estudiantado. En el anexo 6.2 se describe cómo acceder a esta colección de problemas, junto con el código de apoyo asociado con cada uno de ellos (las plantillas, mencionadas anteriormente). Este código se encarga de leer casos de prueba, invocar a la función que debe contener la especificación, e imprimir el resultado.

5.4. Actividades relativas al objetivo 4, *evaluación de la utilidad didáctica.*

Comenzamos diseñando los *materiales y experimentos* para llevar a cabo la evaluación. Para ello, diseñamos un taller on-line orientado a estudiantes voluntarios del Grupo H de *Fundamentos de Algoritmia*. El taller involucró actividades de especificación, tanto de manera convencional, como utilizando ESPECIFICA++. Para ello se utilizó la colección de problemas desarrollada durante la consecución del **objetivo 3**. El anexo 6.3 proporciona más detalles sobre la organización de este taller.

El taller se llevó a cabo casi en su totalidad en diciembre de 2024, con estudiantes del Grupo H del curso 2024-2025 de *Fundamentos de Algoritmia*. En el anexo 6.4 se proporcionan los detalles sobre esta actividad.

Actualmente estamos analizando los resultados. El anexo 6.5 resume los datos recabados, y los primeros análisis de los mismos.

5.5. Actividades relativas al objetivo 5, *creación de repositorio de objetos educativos.*

Como resultado de la organización del taller, disponemos ya de material suficiente para generar el repositorio. No obstante, tal y como ya hemos comentado, la construcción del repositorio en sí se ha aplazado hasta que, en el contexto del proyecto PID2021-123048NB-I00 se disponga de una nueva versión estable de la plataforma experimental *Clavy* (recientemente se ha obtenido una prórroga de 18 meses, hasta febrero de 2027, para finalizar dicho proyecto, lo que ofrece margen suficiente para obtener dicha versión estable y para poder construir el citado repositorio).

5.6. Actividades de difusión y transferencia de resultados.

En relación con la difusión de resultados en foros científicos, ESPECIFICA++ se ha difundido en las siguientes conferencias:

- CIDICO 2024: Innovación docente e investigación en Educación Superior (noviembre 2024). Sevilla, España, 5-9 noviembre de 2024. Se presentó una comunicación y póster centrado en la primera iteración de ESPECIFICA++ (ver anexo 6.6).
- EDUNINE 2025: IX IEEE World Engineering Education Conference, March 23-26, 2025, Montevideo, Uruguay. Se presentó el trabajo “Work in Progress: ESPECIFICA++, a DSL for Developing the Competency of Formal Specification in Computer Programming Education”, disponible en IEEE xPlore: <https://doi.org/10.1109/EDUNINE62377.2025.10981333> (ver anexo 6.7 para una versión extendida de este trabajo).

En relación con la difusión de resultados en foros en la comunidad educativa, ESPECIFICA++ se ha presentado en la VIII Jornada de Innovación Docente de la

Facultad de Informática de la UCM, celebrada el 9 de junio de 2025 (<https://informatica.ucm.es/viii-jornada-de-innovacion-docente>) (ver anexo 6.8).

6. Anexos

6.1. Disponibilidad en abierto de ESPECIFICA++ como repositorio en GitHub

ESPECIFICA++ está disponible en abierto en el siguiente repositorio GitHub: <https://github.com/jlsierra-ucm/ESPECIFICAPP>

6.2. Colección de problemas para resolver con ESPECIFICA++

Las colecciones de los 10 problemas más básicos, y de los 6 problemas más avanzados están disponibles en <https://github.com/jlsierra-ucm/ESPECIFICAPP/tree/6eb74e0d71ff9c54521166b2ee6b2aba237c1651/problemas>

6.3. Taller sobre especificación formal y ESPECIFICA++

El protocolo seguido en el taller on-line sobre especificación y ESPECIFICA++ fue el siguiente:

- Anuncio del taller y registro de los/as interesados/as a través de un formulario on-line (en Google Forms).
- Consentimiento informado a los/as interesados/as, en el que se describía los objetivos y la dinámica del taller. Para poder participar de manera efectiva en el taller, los/as interesados/as debieron aceptar dicho consentimiento informado (ver Figura 3).
- Clase on-line sobre especificación formal, seguida de un cuestionario para evaluar los conocimientos de los participantes sobre el tema.
- División de los participantes en dos grupos:
 - *Experimental*, que realizaron las actividades con ESPECIFICA++.
 - *Control*, que realizaron las actividades de manera convencional.
- Propuesta de la batería de 10 problemas básicos. Los miembros del grupo experimental realizaron los problemas como si se trataran de problemas de programación, utilizando ESPECIFICA++ y un juez automático. Los del grupo de control los resolvieron manualmente, confeccionando un documento con las soluciones.
- Previamente a la realización de los problemas, se presentó, mediante una sesión on-line, ESPECIFICA++ al grupo experimental.
- Propuesta de la batería de 6 problemas avanzados, siguiendo el mismo protocolo.
- Evaluación de las soluciones producidas por cada participante.
- Repetición del proceso con los 6 problemas más avanzados. Se presentó ESPECIFICA++ al grupo de control y se dio a ambos grupos la posibilidad de resolver los problemas utilizando el enfoque seguido por el otro grupo.
- A todos/as los/as participantes que utilizaron ESPECIFICA++ se les pidió que, de manera voluntaria, completaran un formulario, basado en los cuestionarios

USE⁶ y SUS⁷, para medir la satisfacción con el sistema, y la usabilidad del mismo. Como se muestra en la Figura 4, el formulario consta de 23 preguntas cuyas respuestas se proporcionan en una escala Likert de 5 valores

Taller sobre Especificación Formal de Programas 2024-2025: Memorando de Entendimiento

- Los contenidos del taller están directamente relacionados con la asignatura de "Fundamentos de Algoritmia", y los beneficios esperables derivados de la participación en el mismo son: (i) afianzar los conocimientos y destrezas sobre especificación formal; y (ii) conseguir bittercios adicionales para evaluación continua.
- De cara a la asignatura de "Fundamentos de Algoritmia" (Grupo H), las actividades propuestas en el taller tendrán la misma consideración que el resto de las actividades adicionales propuestas en la asignatura. De esta forma, con la adecuada realización de estas actividades, los participantes podrán obtener hasta 10 bittercios adicionales para evaluación continua. En cualquier caso, dichos bittercios no afectarán a la cotización final en puntos de la moneda. Por tanto, las actividades realizadas en el taller por las que pueda lograrse bittercios tienen las mismas características que cualquier otra actividad adicional y voluntaria propuesta en la asignatura por la que pueda conseguirse bittercios que no afecten a la cotización final de la moneda. En particular, cualquier estudiante que no participe en el taller seguirá estando en condiciones de conseguir el máximo número de puntos por actividades adicionales.
- La participación en el taller conlleva la dedicación del tiempo requerido por las distintas actividades propuestas, tiempo que, en cualquier caso, no afectará al discurrir normal de las clases.
- Los resultados de las distintas actividades realizadas por los participantes en el taller de especificación formal serán utilizados para evaluar la biblioteca ESPECIFICA++, una biblioteca C++ que se está desarrollando en el proyecto de innovación docente de la convocatoria INNOVA 2024 de la Universidad Complutense de Madrid "Mejora del Desarrollo de Competencias Específicas en Materias de Programación Mediante la Construcción de Especificaciones Ejecutables" (proyecto nº 152). El objetivo de esta biblioteca es permitir construir "especificaciones ejecutables", que puedan ser ejecutadas y probadas con baterías de casos de prueba, como si se trataran de programas.
- El protocolo de realización del taller será el que se indica a continuación, garantizando que todos los participantes puedan beneficiarse de las dos estrategias distintas desarrolladas en el mismo:
 - Los estudiantes registrados se dividirán en dos grupos: grupo E y grupo C.
 - Tanto el grupo E como el grupo C deberán seguir una sesión online de introducción (**SESION 1**), en la que se recordarán los fundamentos de la especificación formal de programas, así como los aspectos prácticos de dicha especificación formal. Dicha sesión se grabará, para facilitar su seguimiento por aquellos estudiantes que no hayan podido asistir sincronamente a la misma.
 - Todos los estudiantes completarán un cuestionario sobre la **SESIÓN 1**. Aquellos estudiantes que obtengan 4 o más puntos en dicho cuestionario obtendrán 1 de los 10 bittercios ofertados.
 - El grupo E deberá seguir una sesión online adicional, **SESION 2**, en la que se introducirá la biblioteca ESPECIFICA++. Dicha sesión también será grabada.
 - A cada grupo se le propondrá una colección de actividades de especificación, que deberán ser resueltas y entregadas en los términos indicados en las mismas (*fase de práctica*). En concreto:
 - Los estudiantes del grupo C resolverán las actividades rellenando un cuestionario con preguntas de respuesta libre.
 - Los estudiantes del grupo E resolverán las actividades utilizando ESPECIFICA++ y el material adicional proporcionado.
 - Una vez finalizado el tiempo de realización de las actividades propuestas, todos los participantes deberán completar un cuestionario de evaluación con preguntas de respuesta libre, consistentes en varios problemas de especificación. Como resultado, obtendrán **P/2** bittercios, siendo **P** la puntuación entre 0 y 10 obtenida en el cuestionario.
 - Una vez realizado el cuestionario de evaluación se finalizará el taller con una *fase cruzada* de realización de actividades. El objetivo es, como se ha indicado antes, que todos los participantes puedan beneficiarse de las dos estrategias distintas desarrolladas en el taller, independientemente del grupo al que pertenezcan. De esta forma:
 - El grupo C tendrá acceso a la grabación de la **SESION 2**, así como a la biblioteca ESPECIFICA++ y al material de soporte para la resolución de las actividades con ESPECIFICA++. Podrán, entonces, completar las actividades de especificación propuestas en la *fase de práctica* utilizando ESPECIFICA++ y el material de soporte.
 - Por su parte, el grupo E tendrá acceso al cuestionario que fue utilizado por el grupo C en la *fase de práctica*, pudiendo resolver de nuevo las actividades usando dicho cuestionario.
 - Tras finalizar el periodo que se fije para completar la *fase cruzada*:
 - Se evaluarán las actividades realizadas durante la fase de prácticas.
 - Para cada actividad en la fase de prácticas para la que la solución evidencie, a criterio del profesor, trabajo suficiente (es decir, evidencie que el estudiante ha intentado de manera razonable resolver el problema propuesto) se evaluará la correspondiente actividad resuelta durante la fase cruzada.
 - La puntuación final será el máximo de las obtenidas en cada fase.
 - Como resultado de agregar las puntuaciones de todas las actividades, los participantes podrán obtener hasta **4** de los 10 bittercios ofertados.
 - Para finalizar, todos los participantes deberán completar un formulario de evaluación de la usabilidad y satisfacción. La participación en dicho formulario será anónima.

⁶ Véase Lund, A.M. (2001) Measuring Usability with the USE Questionnaire. STC Usability SIG Newsletter, 8:2

⁷ Véase Brooke, J. (2013). SUS: a retrospective. Journal of usability studies, 8:2

- La participación en el taller es voluntaria. Los participantes podrán, en cualquier momento, solicitar a los organizadores las aclaraciones que consideren oportunas, así como abandonar el taller si ese es su deseo, sin necesidad de justificar sus decisiones, y sin que ello tenga impacto alguno en la calificación de la asignatura, más allá del derivado de los *bittercios* extra concedidos por las actividades propuestas en el taller.
 - Se expedirá un certificado de participación a todos los participantes que completen adecuadamente el taller.
 - La realización del taller supone la aceptación, por parte del participante, de todos los puntos y protocolos descritos en este documento.
- Nota:** Uso del masculino genérico: La utilización del masculino genérico en este documento no pretende, en ningún caso, presuponer el género de las personas aludidas.

Figura 3. Consentimiento informado proporcionado al estudiantado.

1. La biblioteca ESPECIFICA++ me ayuda a ser más eficaz
2. La biblioteca ESPECIFICA++ me ayuda a ser más productivo
3. Creo que la biblioteca ESPECIFICA++ es útil
4. La biblioteca ESPECIFICA++ me ahorra tiempo cuando la uso para desarrollar especificaciones formales
5. La biblioteca ESPECIFICA++ es fácil de usar
6. La biblioteca ESPECIFICA++ es intuitiva y no tiene elementos complejos.
7. La biblioteca ESPECIFICA++ tiene en cuenta las necesidades y comodidad del especificador, proporcionando una experiencia de uso agradable.
8. La biblioteca ESPECIFICA++ requiere la menor cantidad de pasos posibles para desarrollar especificaciones ejecutables
9. Me parece que esta biblioteca es más compleja de lo que debería ser
10. Creo que la biblioteca ESPECIFICA++ es muy engorrosa
11. Me siento seguro al utilizar esta biblioteca y me atrevería a usarla para desarrollar especificaciones formales
12. Aprendí a usar la biblioteca ESPECIFICA++ rápidamente
13. Me resulta fácil recordar cómo usar la biblioteca ESPECIFICA++
14. Es fácil aprender a usar la biblioteca ESPECIFICA++
15. Rápidamente me volví hábil y diestro con la biblioteca ESPECIFICA++
16. Necesito apoyo técnico del/de la docente para utilizar esta biblioteca
17. Creo que la mayoría de la gente puede aprender rápidamente a usar la biblioteca ESPECIFICA++ para desarrollar especificaciones ejecutables
18. Creo que hay muchas cosas que aprender antes de poder empezar a utilizar esta biblioteca
19. Estoy satisfecho con la biblioteca ESPECIFICA++
20. Se la recomendaría a un amigo
21. Creo que la biblioteca ESPECIFICA++ funciona bien y sus funciones están bien integradas
22. Creo que hay muchas irregularidades o inconsistencias en la biblioteca ESPECIFICA++
23. Me gustaría utilizar la biblioteca ESPECIFICA++ más a menudo

Figura 4. Cuestionario de satisfacción y usabilidad.

Como incentivo a la participación, y dado que las actividades están directamente relacionadas con la asignatura, los/las participantes podían lograr hasta 10 *bittercios*. Un *bittercio* es una moneda ficticia que los/las estudiantes del grupo H de *Fundamentos de Algoritmia* podían conseguir mediante la realización de distintas actividades complementarias, y que podía incrementar hasta 2 puntos la calificación de la parte de la evaluación continua.

6.4. Realización del taller

Inicialmente mostraron interés en participar en el taller 17 estudiantes (en torno al 60% de los estudiantes matriculados). De estos, dos de ellos no firmaron el consentimiento informado, por lo que el número de interesados/as quedó reducido a 15. De estos 15, tres realizaron únicamente las actividades iniciales (sesión de introducción a la especificación formal, cuestionario de evaluación inicial), por lo que, finalmente, el número de participantes efectivos se vio reducido a 12. De estos, 7 participaron en el grupo experimental y 5 en el de control.

El taller se realizó entre el 28 de noviembre de 2024 y el 20 de enero de 2025, con la siguiente temporización:

- Sesión de introducción a la especificación formal: 28 de noviembre de 2024.
- Cuestionario para la evaluación de la sesión de introducción a la especificación formal: apertura, 29 de noviembre de 2024, 23:59h, cierre, 2 de diciembre de 2024, 15:00 h.

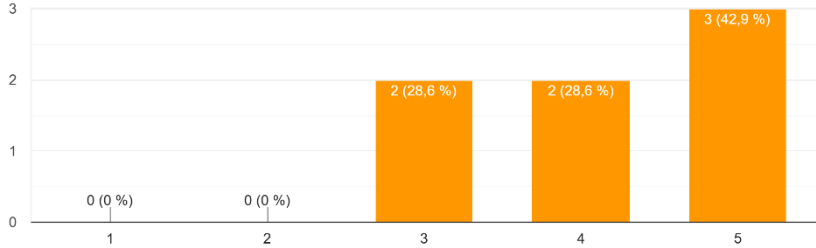
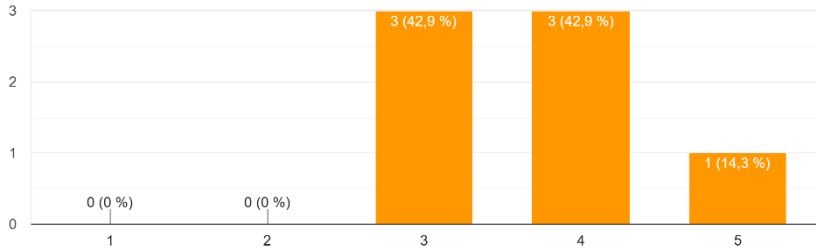
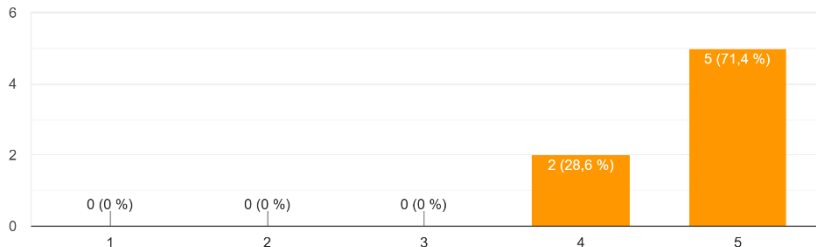
- Sesión de introducción de ESPECIFICA++ a los participantes del grupo experimental: tarde del 2 de diciembre de 2024.
- Resolución de batería de 10 problemas básicos: 4 diciembre 2024 – 10 diciembre 2024.
- Resolución de batería de 6 problemas más avanzados: 13 diciembre 2024 – 23 diciembre 2024.
- Apertura grabación sesión de introducción de ESPECIFICA++ y oportunidad para que los participantes en cada grupo resuelvan las actividades utilizando el método del otro grupo: 24 diciembre 2024 – 31 diciembre 2024.
- Cuestionario de satisfacción: 17 enero 2025 – 20 de enero 2025.

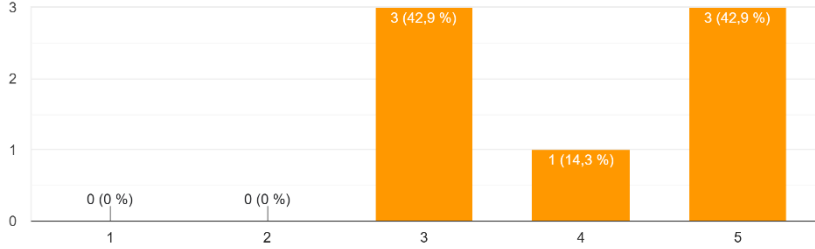
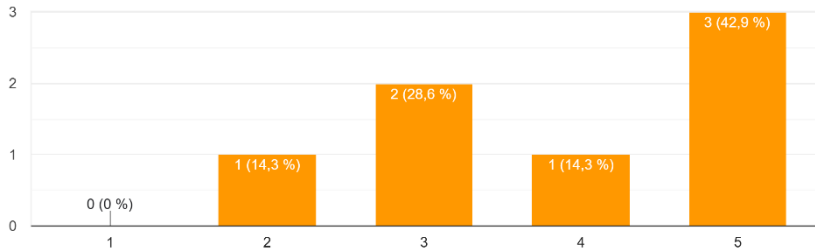
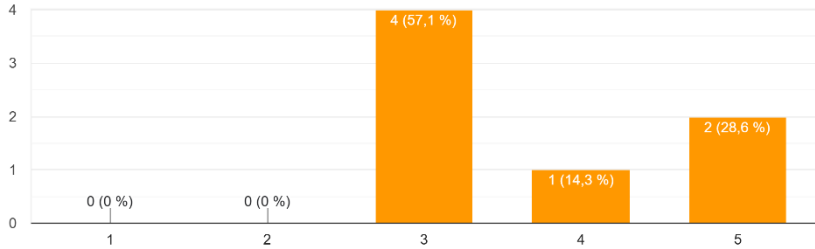
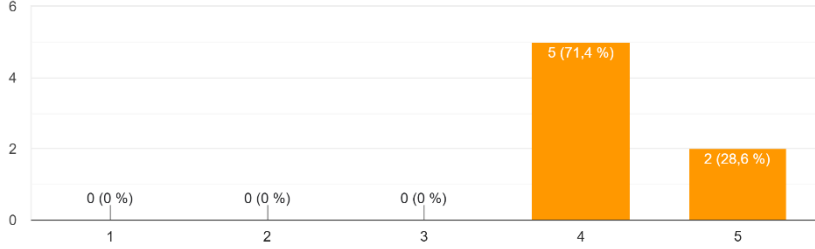
6.5. Resultados obtenidos en el taller

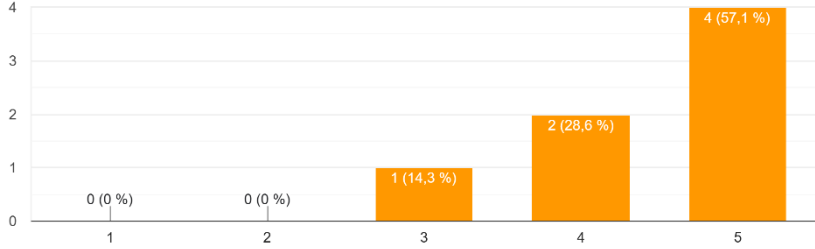
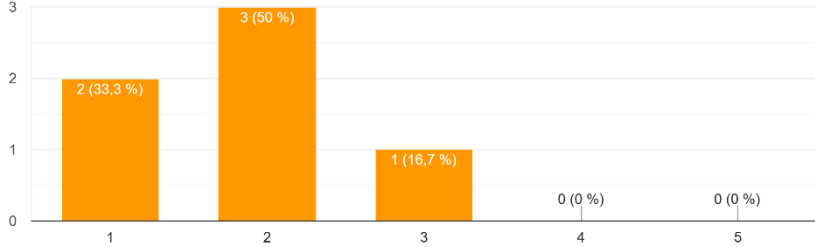
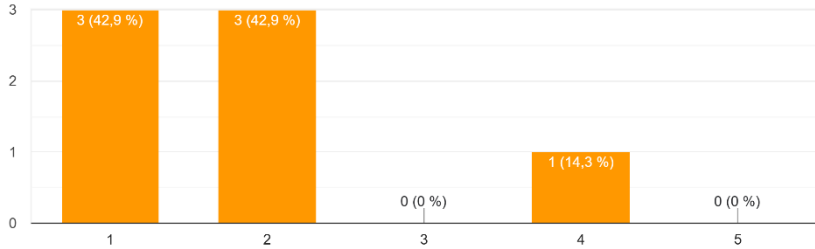
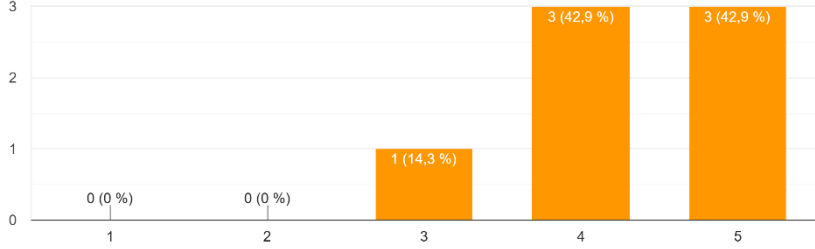
Aunque actualmente estamos en proceso de un análisis más detallado de los resultados obtenidos en el taller, a continuación, resumimos los datos más relevantes recopilados:

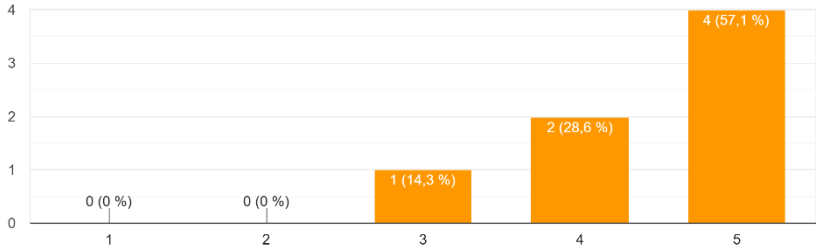
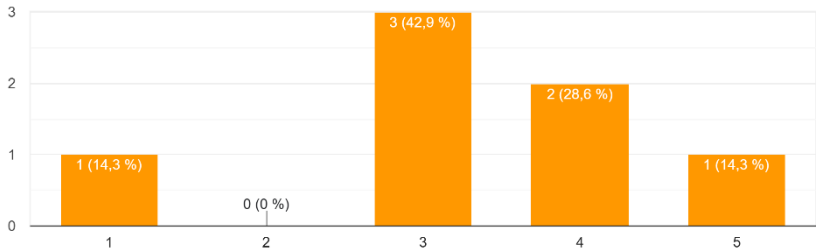
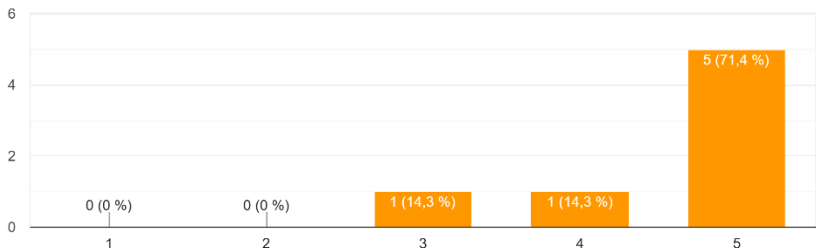
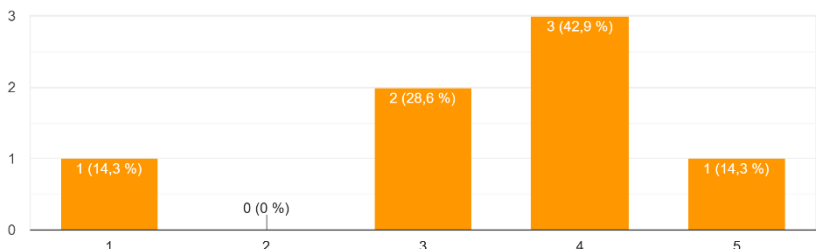
- En la primera batería de problemas (problemas más básicos), los siete participantes que utilizaron ESPECIFICA++ obtuvieron una calificación media de 7.9 puntos sobre 10 (desviación estándar de 1.34). Los cinco participantes que resolvieron los problemas de manera convencional (lápiz y papel) obtuvieron una media de 6.44 puntos (desviación estándar de 1.16), cerca de 1.5 puntos menos. Así mismo, no observamos dificultades significativas en el uso de ESPECIFICA++ por parte del grupo experimental.
- En la segunda batería de problemas, sin embargo, observamos una participación sensiblemente menor del grupo experimental: únicamente dos participantes resolvieron los seis problemas, otro resolvió cuatro, otros dos únicamente dos problemas, otro uno, y otro ninguno. Probablemente esto fue debido a que esta actividad se desarrolló en período no lectivo (vacaciones de Navidad), y a que el uso de ESPECIFICA++ implica una actividad de codificación y validación, y es, por tanto, más laborioso que simplemente confeccionar un documento con las soluciones. Como resultado, el promedio del grupo experimental bajó a 4.4 puntos (desviación estándar de 3.8), mientras que el del grupo de control fue de 5.93 (desviación estándar de 2.61). Cabe destacar, no obstante, que la media de los dos participantes en el grupo experimental que proporcionaron soluciones a todos los problemas fue de 9.67.
- Para finalizar, el cuestionario fue cumplimentado por siete de los participantes en la experiencia. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos. A falta de un análisis más preciso, puede observarse que los resultados son relativamente favorables (tienden a valores en el segmento superior para preguntas con carácter positivo, y valores en el segmento inferior para preguntas con polaridad negativa), aunque también hay cuestiones en las que se observa mayor discrepancia; por ejemplo, la percepción sobre el conocimiento inicial requerido, pregunta nº 18. Así mismo, hemos medido la puntuación SUS sobre las 10 preguntas asociadas al cuestionario SUS, obteniendo una puntuación de 74, lo que significa una usabilidad *aceptable* del sistema.

Tabla 1. Resultados del cuestionario de usabilidad / satisfacción.

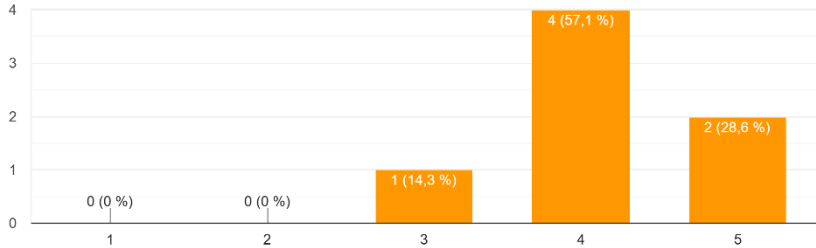
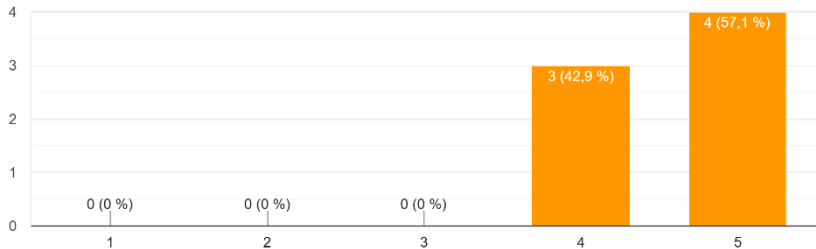
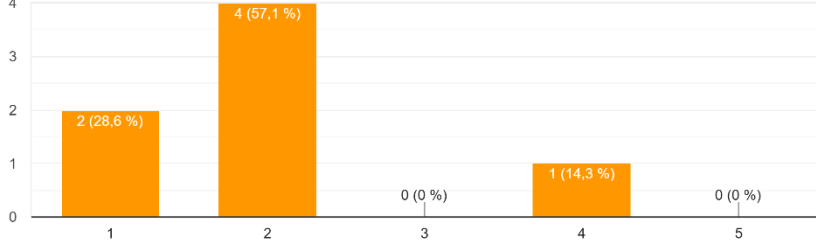
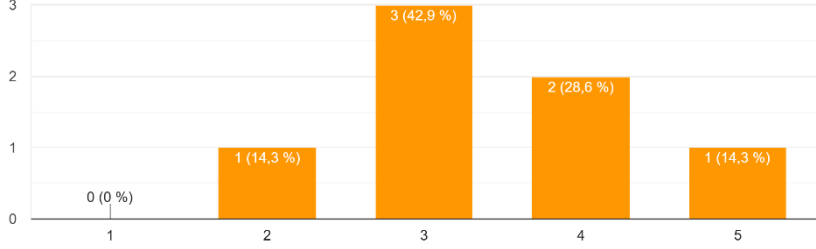
Distribución de respuestas	Puntuación promedio																		
<p>1. La biblioteca ESPECIFICA++ me ayuda a ser más eficaz</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1" data-bbox="300 658 1118 904"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2</td> <td>28,6%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>28,6%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3</td> <td>42,9%</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0%	2	0	0%	3	2	28,6%	4	2	28,6%	5	3	42,9%	<p>4.14</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0%																	
2	0	0%																	
3	2	28,6%																	
4	2	28,6%																	
5	3	42,9%																	
<p>2. La biblioteca ESPECIFICA++ me ayuda a ser más productivo</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1" data-bbox="300 1072 1118 1319"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>42,9%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3</td> <td>42,9%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1</td> <td>14,3%</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0%	2	0	0%	3	3	42,9%	4	3	42,9%	5	1	14,3%	<p>3.71</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0%																	
2	0	0%																	
3	3	42,9%																	
4	3	42,9%																	
5	1	14,3%																	
<p>3. Creo que la biblioteca ESPECIFICA++ es útil</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1" data-bbox="300 1487 1118 1733"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>28,6%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5</td> <td>71,4%</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0%	2	0	0%	3	0	0%	4	2	28,6%	5	5	71,4%	<p>4.71</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0%																	
2	0	0%																	
3	0	0%																	
4	2	28,6%																	
5	5	71,4%																	

<p>4. La biblioteca ESPECIFICA++ me ahorra tiempo cuando la uso para desarrollar especificaciones formales</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>42.9%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> <td>14.3%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3</td> <td>42.9%</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0%	2	0	0%	3	3	42.9%	4	1	14.3%	5	3	42.9%	<p>4.0</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0%																	
2	0	0%																	
3	3	42.9%																	
4	1	14.3%																	
5	3	42.9%																	
<p>5. La biblioteca ESPECIFICA++ es fácil de usar</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>14.3%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2</td> <td>28.6%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> <td>14.3%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3</td> <td>42.9%</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0%	2	1	14.3%	3	2	28.6%	4	1	14.3%	5	3	42.9%	<p>3.86</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0%																	
2	1	14.3%																	
3	2	28.6%																	
4	1	14.3%																	
5	3	42.9%																	
<p>6. La biblioteca ESPECIFICA++ es intuitiva y no tiene elementos complejos.</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4</td> <td>57.1%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> <td>14.3%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2</td> <td>28.6%</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0%	2	0	0%	3	4	57.1%	4	1	14.3%	5	2	28.6%	<p>3.71</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0%																	
2	0	0%																	
3	4	57.1%																	
4	1	14.3%																	
5	2	28.6%																	
<p>7. La biblioteca ESPECIFICA++ tiene en cuenta las necesidades y comodidad del especificador, proporcionando una experiencia de uso agradable.</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5</td> <td>71.4%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2</td> <td>28.6%</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0%	2	0	0%	3	0	0%	4	5	71.4%	5	2	28.6%	<p>4.29</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0%																	
2	0	0%																	
3	0	0%																	
4	5	71.4%																	
5	2	28.6%																	

<p>8. La biblioteca ESPECIFICA++ requiere la menor cantidad de pasos posibles para desarrollar especificaciones ejecutables</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Number of steps</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>14.3%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>28.6%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4</td> <td>57.1%</td> </tr> </tbody> </table>	Number of steps	Count	Percentage	1	0	0%	2	0	0%	3	1	14.3%	4	2	28.6%	5	4	57.1%	<p>4.43</p>
Number of steps	Count	Percentage																	
1	0	0%																	
2	0	0%																	
3	1	14.3%																	
4	2	28.6%																	
5	4	57.1%																	
<p>9. Me parece que esta biblioteca es más compleja de lo que debería ser</p> <p>6 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Complexity level</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>33.3%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>16.7%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Complexity level	Count	Percentage	1	2	33.3%	2	3	50%	3	1	16.7%	4	0	0%	5	0	0%	<p>1.83</p>
Complexity level	Count	Percentage																	
1	2	33.3%																	
2	3	50%																	
3	1	16.7%																	
4	0	0%																	
5	0	0%																	
<p>10. Creo que la biblioteca ESPECIFICA++ es muy engorrosa</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Level of cumbersomeness</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td>42.9%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> <td>42.9%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> <td>14.3%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Level of cumbersomeness	Count	Percentage	1	3	42.9%	2	3	42.9%	3	0	0%	4	1	14.3%	5	0	0%	<p>1.86</p>
Level of cumbersomeness	Count	Percentage																	
1	3	42.9%																	
2	3	42.9%																	
3	0	0%																	
4	1	14.3%																	
5	0	0%																	
<p>11. Me siento seguro al utilizar esta biblioteca y me atrevería a usarla para desarrollar especificaciones formales</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Confidence level</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>14.3%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3</td> <td>42.9%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3</td> <td>42.9%</td> </tr> </tbody> </table>	Confidence level	Count	Percentage	1	0	0%	2	0	0%	3	1	14.3%	4	3	42.9%	5	3	42.9%	<p>4.29</p>
Confidence level	Count	Percentage																	
1	0	0%																	
2	0	0%																	
3	1	14.3%																	
4	3	42.9%																	
5	3	42.9%																	

<p>12. Aprendí a usar la biblioteca ESPECIFICA++ rápidamente</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>14.3%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>28.6%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4</td> <td>57.1%</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0%	2	0	0%	3	1	14.3%	4	2	28.6%	5	4	57.1%	<p>4.43</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0%																	
2	0	0%																	
3	1	14.3%																	
4	2	28.6%																	
5	4	57.1%																	
<p>13. Me resulta fácil recordar cómo usar la biblioteca ESPECIFICA++</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>14.3%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>42.9%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>28.6%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1</td> <td>14.3%</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	1	14.3%	2	0	0%	3	3	42.9%	4	2	28.6%	5	1	14.3%	<p>3.29</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	1	14.3%																	
2	0	0%																	
3	3	42.9%																	
4	2	28.6%																	
5	1	14.3%																	
<p>14. Es fácil aprender a usar la biblioteca ESPECIFICA++</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>14.3%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> <td>14.3%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5</td> <td>71.4%</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0%	2	0	0%	3	1	14.3%	4	1	14.3%	5	5	71.4%	<p>4.57</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0%																	
2	0	0%																	
3	1	14.3%																	
4	1	14.3%																	
5	5	71.4%																	
<p>15. Rápidamente me volví hábil y diestro con la biblioteca ESPECIFICA++</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>14.3%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2</td> <td>28.6%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3</td> <td>42.9%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1</td> <td>14.3%</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	1	14.3%	2	0	0%	3	2	28.6%	4	3	42.9%	5	1	14.3%	<p>3.43</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	1	14.3%																	
2	0	0%																	
3	2	28.6%																	
4	3	42.9%																	
5	1	14.3%																	

<p>16. Necesito apoyo técnico del/de la docente para utilizar esta biblioteca</p> <p>7 respuestas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>28.6 %</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4</td> <td>57.1 %</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0 %</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> <td>14.3 %</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0 %</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	2	28.6 %	2	4	57.1 %	3	0	0 %	4	1	14.3 %	5	0	0 %	<p>2.0</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	2	28.6 %																	
2	4	57.1 %																	
3	0	0 %																	
4	1	14.3 %																	
5	0	0 %																	
<p>17. Creo que la mayoría de la gente puede aprender rápidamente a usar la biblioteca ESPECIFICA++ para desarrollar especificaciones ejecutables</p> <p>7 respuestas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0 %</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0 %</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>42.9 %</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>28.6 %</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2</td> <td>28.6 %</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0 %	2	0	0 %	3	3	42.9 %	4	2	28.6 %	5	2	28.6 %	<p>3.86</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0 %																	
2	0	0 %																	
3	3	42.9 %																	
4	2	28.6 %																	
5	2	28.6 %																	
<p>18. Creo que hay muchas cosas que aprender antes de poder empezar a utilizar esta biblioteca</p> <p>7 respuestas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>14.3 %</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td>28.6 %</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>14.3 %</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>28.6 %</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1</td> <td>14.3 %</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	1	14.3 %	2	2	28.6 %	3	1	14.3 %	4	2	28.6 %	5	1	14.3 %	<p>3.0</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	1	14.3 %																	
2	2	28.6 %																	
3	1	14.3 %																	
4	2	28.6 %																	
5	1	14.3 %																	
<p>19. Estoy satisfecho con la biblioteca ESPECIFICA++</p> <p>7 respuestas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Count</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0 %</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0 %</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>14.3 %</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3</td> <td>42.9 %</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3</td> <td>42.9 %</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0 %	2	0	0 %	3	1	14.3 %	4	3	42.9 %	5	3	42.9 %	<p>4.29</p>
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0 %																	
2	0	0 %																	
3	1	14.3 %																	
4	3	42.9 %																	
5	3	42.9 %																	

<p>20. Se la recomendaría a un amigo</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Cantidad</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>14,3%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td>57,1%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2</td> <td>28,6%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Cantidad	Porcentaje	1	0	0%	2	0	0%	3	1	14,3%	4	4	57,1%	5	2	28,6%	<p>4.14</p>
Respuesta	Cantidad	Porcentaje																	
1	0	0%																	
2	0	0%																	
3	1	14,3%																	
4	4	57,1%																	
5	2	28,6%																	
<p>21. Creo que la biblioteca ESPECIFICA++ funciona bien y sus funciones están bien integradas</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Cantidad</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3</td> <td>42,9%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4</td> <td>57,1%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Cantidad	Porcentaje	1	0	0%	2	0	0%	3	0	0%	4	3	42,9%	5	4	57,1%	<p>4.57</p>
Respuesta	Cantidad	Porcentaje																	
1	0	0%																	
2	0	0%																	
3	0	0%																	
4	3	42,9%																	
5	4	57,1%																	
<p>22. Creo que hay muchas irregularidades o inconsistencias en la biblioteca ESPECIFICA++</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Cantidad</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>28,6%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4</td> <td>57,1%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> <td>14,3%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Cantidad	Porcentaje	1	2	28,6%	2	4	57,1%	3	0	0%	4	1	14,3%	5	0	0%	<p>2.0</p>
Respuesta	Cantidad	Porcentaje																	
1	2	28,6%																	
2	4	57,1%																	
3	0	0%																	
4	1	14,3%																	
5	0	0%																	
<p>23. Me gustaría utilizar la biblioteca ESPECIFICA++ más a menudo</p> <p>7 respuestas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Cantidad</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>14,3%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>42,9%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>28,6%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1</td> <td>14,3%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Cantidad	Porcentaje	1	0	0%	2	1	14,3%	3	3	42,9%	4	2	28,6%	5	1	14,3%	<p>3.43</p>
Respuesta	Cantidad	Porcentaje																	
1	0	0%																	
2	1	14,3%																	
3	3	42,9%																	
4	2	28,6%																	
5	1	14,3%																	

6.6. Póster CIDICO 24 sobre la primera versión de ESPECIFICA++

El poster presentado a CIDICO está disponible en https://github.com/lsierra-ucm/ESPECIFICAPP/blob/87a4f871c988cd71eb28580751eff4426f765ce6/especificap.p.v1/poster_cidico_FINAL.pdf

6.7. Versión extendida del trabajo presentado a EDUNINE 25

La versión extendida del trabajo presentado a EDUNINE 25 está disponible en https://github.com/jlsierra-ucm/ESPECIFICAPP/blob/87a4f871c988cd71eb28580751eff4426f765ce6/especificap.p.v1/edunine25_FINAL_extended_version.pdf

6.8. Presentación en jornadas de innovación docente Fdi UCM

Las diapositivas utilizadas durante la presentación del trabajo en las jornadas de innovación docente de la Facultad de Informática de la UCM están disponibles en

https://github.com/jlsierra-ucm/ESPECIFICAPP/blob/6a207e1ca3464ee9f8ddbc1ceb8f5b81e7068911/INNOVA_FDI_25_JLSR.pdf