



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2017/2018

Nº de proyecto: 34

Título del proyecto: Software libre como
herramienta de aprendizaje en mecánica

Nombre del responsable del proyecto:
José Alberto Ruiz Cembranos

Centro: Facultad de Ciencias Físicas

Departamento: Física Teórica I

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

Los objetivos detallados en la propuesta del proyecto se enumeraban como:

1.- Enseñar herramientas de cálculo de especial utilidad a los alumnos de cuarto curso para la asignatura de Mecánica Teórica.

2.- Incentivar el desarrollo del software libre entre la comunidad universitaria.

3.- Fomentar la comunicación entre los diversos colectivos de la universidad.

4.- Fomentar la participación e intervención activa de los estudiantes en los diseños de su propia experiencia educativa.

5.- Incrementar la integración de estudiantes en procesos organizativos y entornos colaborativos.

6.- Difundir la investigación en física fundamental y temas relacionados.

7.- Apoyar los proyectos de tesis de los estudiantes de doctorado inscritos a los departamentos asociados a la solicitud.

8.- Incrementar los recursos de los estudiantes para la realización de Trabajos Fin de Grado, y en un año posterior, Trabajos Fin de Máster.

9.- Ayudar a la normalización del uso del inglés por motivos académicos.

10.- Fomentar la utilización de la enseñanza virtual y los recursos informáticos.

11.- Fomentar el acceso a redes sociales con fines didácticos.

2. Objetivos alcanzados

Con relación con los objetivos propuestos, puede decirse que se ha alcanzado un alto grado en su consecución. Finalizado el proyecto, y tal y como reflejan los resultados de las encuestas (Ver anexo) que realizamos antes (azul) y después (naranja), los estudiantes aprendieron nuevas herramientas de software libre que en principio, utilizaron para la propia asignatura de Mecánica Teórica, pero que ellos mismos esperan utilizar en otros contextos (objetivo 1). Para establecer estas nuevas habilidades tuvieron que ponerse en contacto no solo con el profesorado, sino también con los estudiantes de doctorado, que los tutorizaron a la hora de proceder a la instalación y manejo de los distintos paquetes informáticos (objetivo 3). En este punto, es interesante destacar que una parte importante de la práctica se realizó a través del campus virtual (objetivo 10) lo que permitió un desarrollo muy dinámico de los proyectos.

Esta nueva vía de comunicación, independiente aunque relacionada con la comunicación directa con el profesorado, resultó particularmente productiva. Los estudiantes de doctorado, y en particular, Héctor Villarrubia Rojo, sirvieron de una fuente de información privilegiada para difundir la investigación que se realiza en el

Departamento de Física Teórica (objetivo 6). A su vez, el feedback y desarrollo de los alumnos de la asignatura de Mecánica Teórica ayudaron a afianzar y completar los conocimientos sobre la materia de los estudiantes de doctorado, lo que redundó en sus capacidades para realizar las tareas propias de sus proyectos doctorales (objetivo 7).

De esta forma no solo se incentivó el uso y desarrollo del software libre y programas de código abierto entre la comunidad universitaria (objetivo 2) sino que los propios estudiantes jugaron un papel más activo en su propia práctica didáctica. Esto se debió a que diseñaron sus propios proyectos (objetivo 4) tanto en el contenido de los mismos, como en la forma de llevarlos a cabo. En la mayoría de los casos, los proyectos que diseñaban involucraban a más de un alumno, lo que requería de desarrollos organizativos y colaborativos propios (objetivo 5).

Tal y como también recogen las encuestas (Ver anexo), lo propios alumnos están de acuerdo en que han incrementado los recursos para la realización del Trabajos Fin de Grado que la mayoría realiza este año, como para trabajos posteriores, como pueda ser el Trabajo Fin de Máster, que muchos de ellos llevaran a cabo el año que viene (objetivo 8). La mayor parte de los tutoriales y la información sobre los distintos paquetes de código abierto utilizados se distribuyeron en inglés, que es el idioma en el que se suelen desarrollar este tipo de contenidos a nivel global (objetivo 9).

Por el contrario, no conseguimos utilizar las redes sociales para incrementar el impacto de la actividad. En un principio, pensamos que distintos foros de opinión podrían servir para compartir las experiencias de los estudiantes, pero no resultó (objetivo 11).

3. Metodología empleada en el proyecto

Como no contamos con el presupuesto que solicitamos, las actividades del proyecto no comenzaron con la adquisición de un ordenador portátil, sino que tuvimos que reutilizar un ordenador portátil personal para la impartición de los distintos seminarios asociados a la enseñanza y demostración de software libre en el aula. Héctor Villarrubia Rojo (estudiante de doctorado) se encargó de buscar e instalar en el mismo, los distintos paquetes y librerías necesarios para la correcta ejecución de los códigos programados:

- 1.- Módulo scipy.
- 2.- Módulo numpy.
- 3.- Módulo matplotlib
- 4.- Módulo sympy
- 5.- Jupyter notebook
- 6.- Cadabra.

Tal y como teníamos previsto en el proyecto, también realizamos esta instalación en los ordenadores del Laboratorio de Física Computacional de los Departamentos de Física Teórica I y Física Teórica II (ahora unificados en un único Departamento de Física Teórica) con la ayuda y supervisión del Ingeniero Técnico David Fernández Sanz (Personal de Administración y Servicios de la Facultad de Ciencias Físicas).

Siguiendo el plan previsto, los profesores involucrados en el proyecto prepararon propuestas genéricas de distintos ejercicios asociados a los temas de la asignatura de Mecánica Teórica:

1. Mecánica lagrangiana y cantidades conservadas.
2. Mecánica hamiltoniana y estructura simpléctica.
3. Integrabilidad y ecuación de Hamilton-Jacobi.
4. Teoría de campos y teorema de Noether.
5. Perturbaciones y teorema adiabático.
6. Caos y dinámica no lineal.

Sin embargo, estos ejercicios estaban abiertos a distintas propuestas de los estudiantes, que era quienes los llenaban de contenido una vez que eran distribuidos. De hecho, muchos de los estudiantes, propusieron ejercicios completamente nuevos, algunos de los cuales estaban motivados por la temática de su Trabajo fin de Grado.

Previamente al desarrollo de estos proyectos, los estudiantes recibieron un total de cuatro clases (seis horas) en las cuales no solo se les enseñaron los paquetes de código abierto enumerados anteriormente en esta misma sección, sino que se les enseñó a instalar los programas necesarios en sus propios ordenadores. De hecho, este proyecto está diseñado para que los estudiantes puedan trabajar en sus propios dispositivos. Como recalcábamos en la propuesta del proyecto, esta es una de las ventajas que ofrece el software de uso libre sin necesidad de ningún tipo de pago por licencias de utilización.

Finalmente, tras el aprendizaje en el manejo de los distintos códigos y programas y la realización por parte de los alumnos de sus proyectos, estos fueron expuestos al resto de compañeros durante las últimas clases del curso.

4. Recursos humanos

Tal y como se detalló en la propuesta de este proyecto, esta actividad precisa de la colaboración de un grupo profesionales entre los que se encuentran profesores, personal de administración y servicios y de estudiantes. Pensamos que era importante que el grupo de profesores estuviera integrado por un número importante de miembros con una experiencia acreditada en los temas de mecánica relacionados en el desarrollo del proyecto. Así pues, contamos con el profesor Felipe Llanes Estrada, que ya había dirigido o participado en el antiguo P.I.E. de la UCM (Adaptación del Laboratorio de Electrodinámica al Espacio Europeo de Educación Superior, curso académico 2009/2010) así como la organización de congresos de divulgación. También el PDI responsable, José A. Ruiz Cembranos, había participado en experiencias similares al proyecto planteado como PDI externo. Más concretamente ha aportado su experiencia en la Universidad de Colima, México (amparado por la financiación de las becas para profesores por convenio) y en la Universidad de Lisboa, Portugal (financiado por el programa Erasmus para la movilidad de profesores universitarios). Igualmente, los profesores Antonio López Maroto y Luis J. Garay tenían experiencia docente contrastada llevando la ciencia a distintos públicos, como por ejemplo, a través de la Universidad para Mayores. El Prof. Luis J. Garay destacaba en su faceta divulgativa, al haber formado parte de grupos de teatro científicos (TeatrIEM) y haber participado en múltiples jornadas de divulgación científica.

Por otro lado, la correcta realización del proyecto ha sido posible gracias a la participación del estudiante de tercer ciclo Héctor Villarrubia Rojo. Este estudiante ha sido elegido por su conocimiento del tema y destreza para la utilización de recursos informáticos en general, y el software libre en particular. Por último, el equipo de trabajo se ha completado con el Ingeniero Técnico de Laboratorio de Física Computacional, David Fernández Sanz. Su colaboración en la puesta a punto de los distintos equipos informáticos ha sido de gran ayuda. En este sentido, el Laboratorio de Física

Computacional del Departamento de Física Teórica (antes de los Departamentos de Física Teórica I y II, cuando no estaban unificados) ha sido el complemento perfecto para realizar las prácticas supervisadas. En cualquier caso y como ya hemos comentado, la ventaja del software libre es la posibilidad de la ejecución por parte de los alumnos en sus propios dispositivos sin necesidad de licencias de pago.

5. Desarrollo de las actividades

Las actividades fundamentales que ha desarrollado este proyecto, han estado relacionadas con la utilización de distintas herramientas de software libre entre el alumnado del grado de física. En particular, el proyecto ha estado dirigido a los alumnos de cuarto curso de la asignatura de Mecánica Teórica, aunque como mencionábamos en la propuesta del proyecto, podrían ser aplicadas a cualquier otra asignatura impartida dentro de la Facultad de Físicas mediante la correspondiente revisión y adecuación de contenidos.

Para desarrollar el proyecto, hemos evitado la utilización de software propietario, y programas como Mathematica, Maple o Matlab. En concreto, el proyecto se ha centrado en el lenguaje de programación Python, que se ha convertido en un estándar dentro de la comunidad científica y su uso está muy extendido también en el mundo empresarial. En particular, hemos utilizado los siguientes módulos de código abierto adaptados al uso científico:

- 1.- Los módulos `scipy` y `numpy`, que ofrecen un gran número de herramientas numéricas.
- 2.- El módulo `matplotlib`, que es una herramienta de dibujo y representación gráfica de datos.
- 3.- El módulo `sympy`, que es más reciente y ofrece la posibilidad de realizar cálculo simbólico.
- 4.- Todos estos módulos se combinaron en los Jupyter notebook, lo que ofrece una apariencia y experiencia muy similares a sistemas como Mathematica.

Posteriormente, también utilizamos el programa de software libre Cadabra, un sistema de álgebra computacional especialmente adaptado al cálculo simbólico en teorías de campos, clásicos y cuánticos. Cadabra se encuentra actualmente bajo desarrollo activo. Su nueva versión, liberada el año pasado, nos ha permitido además realizar cálculo por componentes, a través de `sympy`, y la programación de nuevos algoritmos en Python. Entre otras ventajas prácticas, combina una atractiva interfaz gráfica con una sintaxis sencilla para expresiones matemáticas, construida como un subconjunto de LaTeX.

Por otra parte, conviene destacar que para el desarrollo de las actividades anteriormente descritas, hubo una participación de distintos colectivos de la Facultad de Ciencias Físicas de la UCM:

- Personal Docente e Investigador (PDI).
- Personal de Administración y Servicios (PAS).
- Estudiantes de Doctorado.
- Estudiantes de Grado matriculados en la asignatura de Mecánica Teórica.

El PDI y el PAS asociado al proyecto, pertenecían inicialmente al Departamento de Física Teórica I y al Departamento de Métodos Matemáticos de la Física (Física Teórica

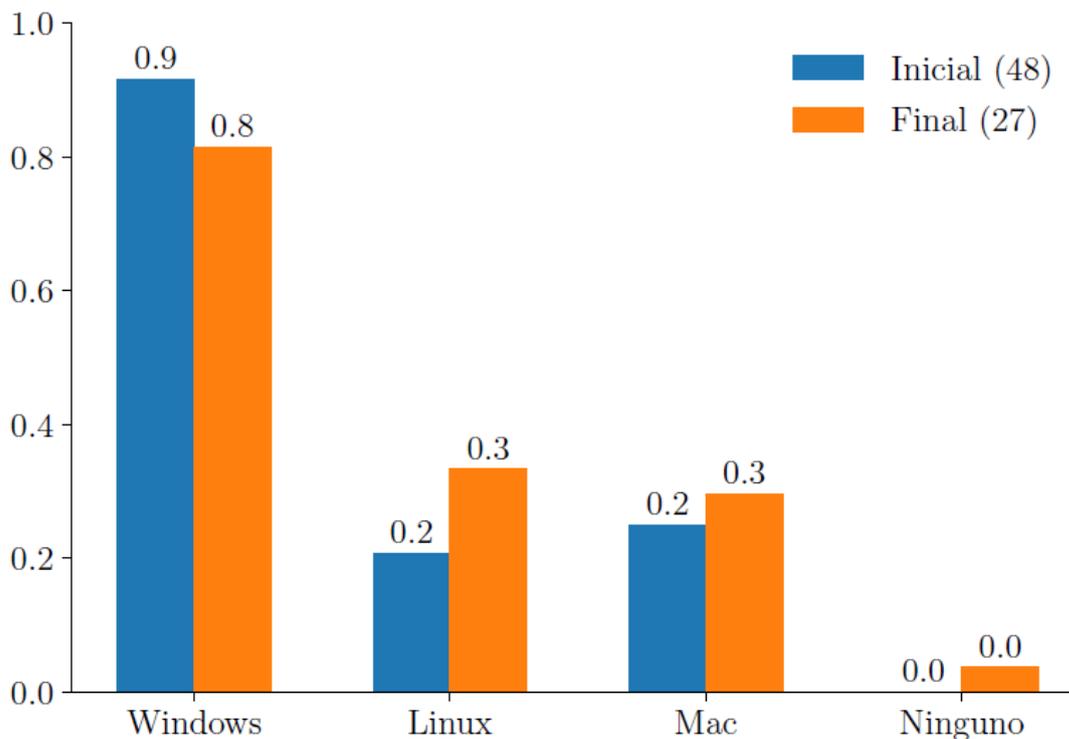
II), aunque actualmente ambos departamentos se han fusionado en el actual Departamento de Física Teórica.

En este sentido, ya mencionábamos en la propuesta del proyecto, que éste podía definirse como un taller de software libre orientado al cálculo (tanto simbólico y numérico) de distintos aspectos relacionados con la mecánica. El taller lo han conformado una serie de seminarios en clase, seguidos de prácticas tanto en ordenadores personales de los alumnos como en el aula de informática del Departamento de Física Teórica. Hubo dos tipos de ponentes. En primer lugar, el profesor responsable de la asignatura y coordinador de este proyecto: José Alberto Ruiz Cembranos; y el estudiante de tercer ciclo: Héctor Villarrubia, con contrato de Formación de Personal Investigador y que también fue responsable de la asignatura mediante solicitud de “venia docendi” por un total de 15 horas. En segundo lugar, también los propios estudiantes expusieron ante sus compañeros su proyecto particular que, como hemos comentado, desarrollaron en grupos reducidos. La estructura y los tiempos de las presentaciones se establecieron con el fin de potenciar la interacción activa entre los grupos y colectivos. Estas presentaciones tuvieron lugar durante los últimos días del curso.

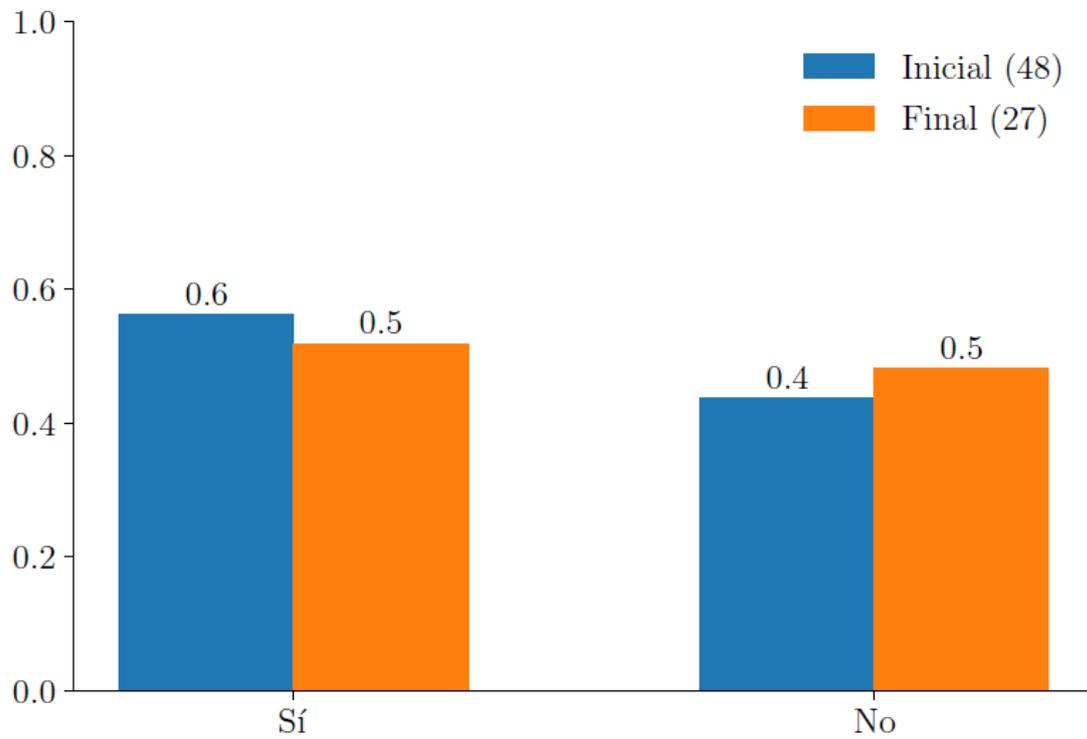
6. Anexos

Con el fin de comprobar los resultados del proyecto sobre los estudiantes, y la opinión de éstos con respecto al desarrollo del mismo, realizamos dos encuestas. Una el primer día del curso y otra al finalizar. Las conclusiones que se pueden extraer de las mismas no son directas debido, entre otras cosas, a que el número de alumnos que respondieron a ambas fue sensiblemente diferente (48 a la inicial, frente a 27 en la final). En cualquier caso los resultados de las preguntas se presentan a continuación en los siguientes gráficos:

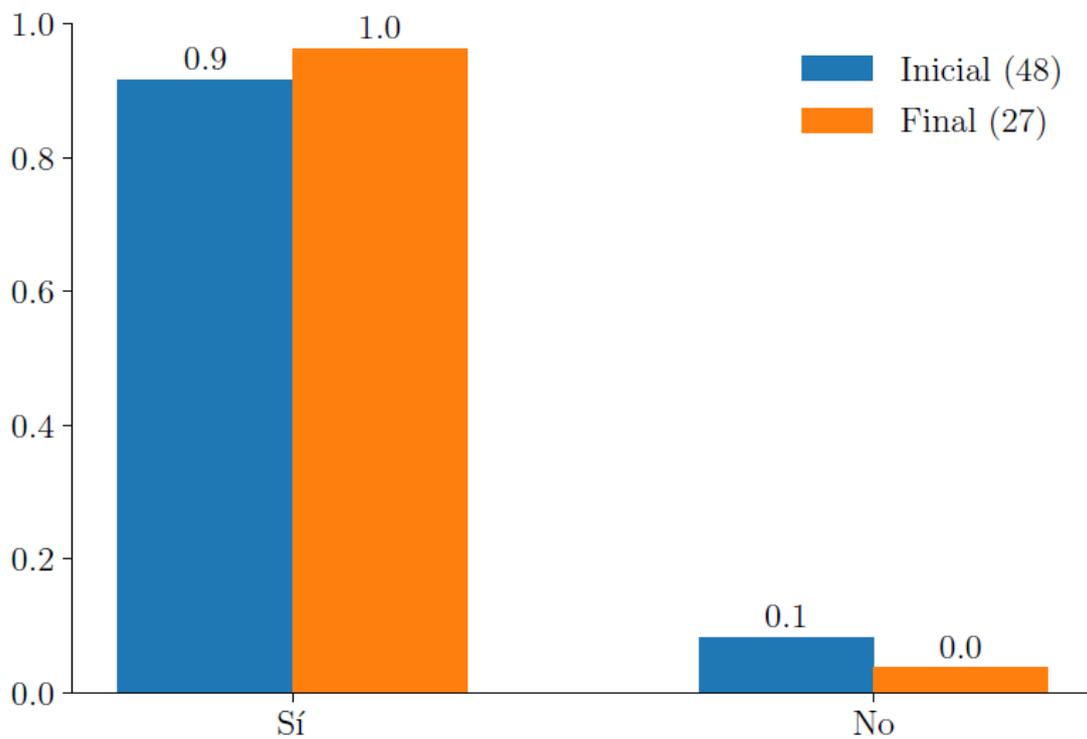
¿Con qué sistema operativo está familiarizado?



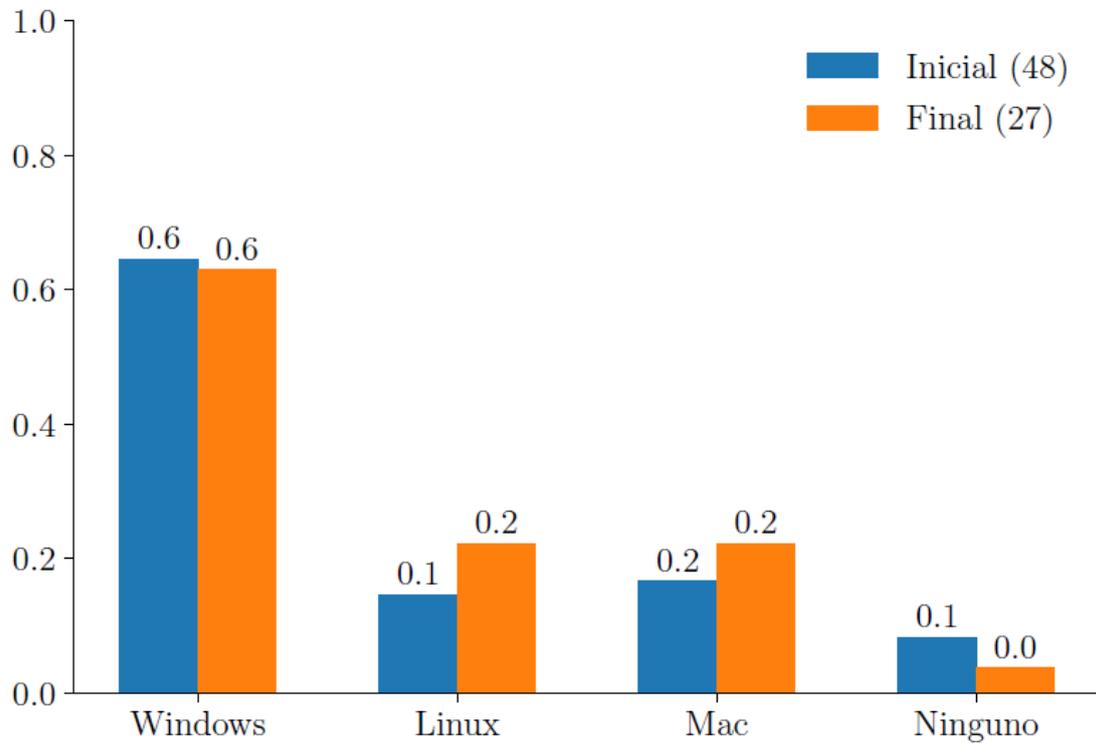
¿Dispone de ordenador de sobremesa en casa?



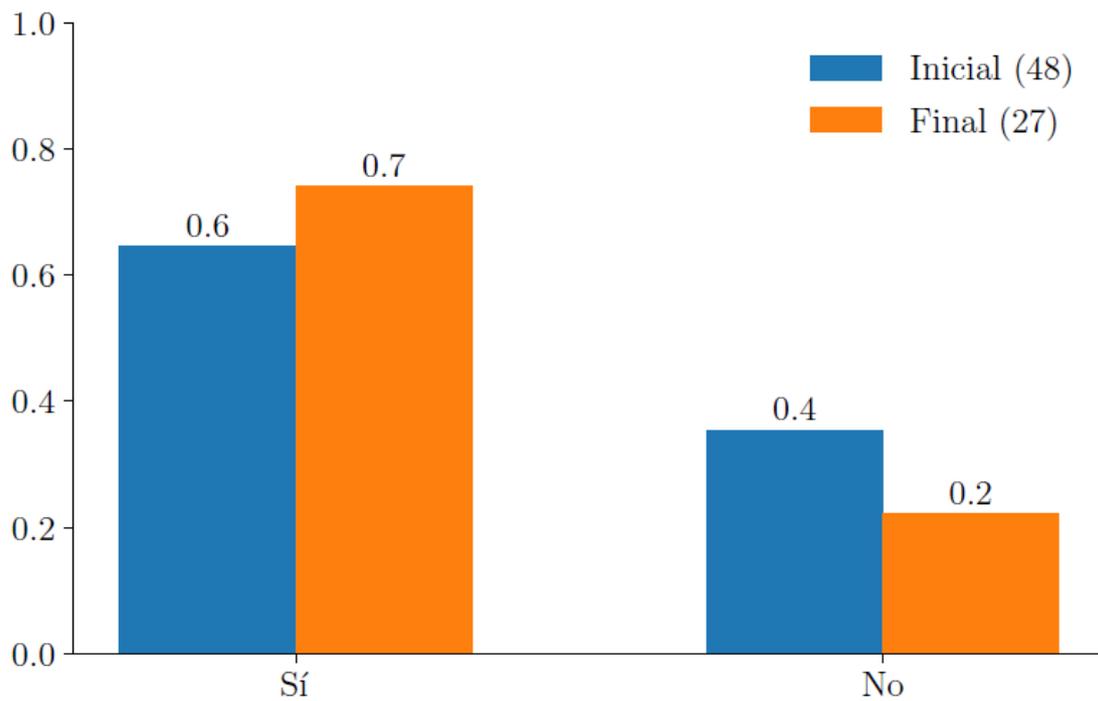
¿Dispone de ordenador portátil?



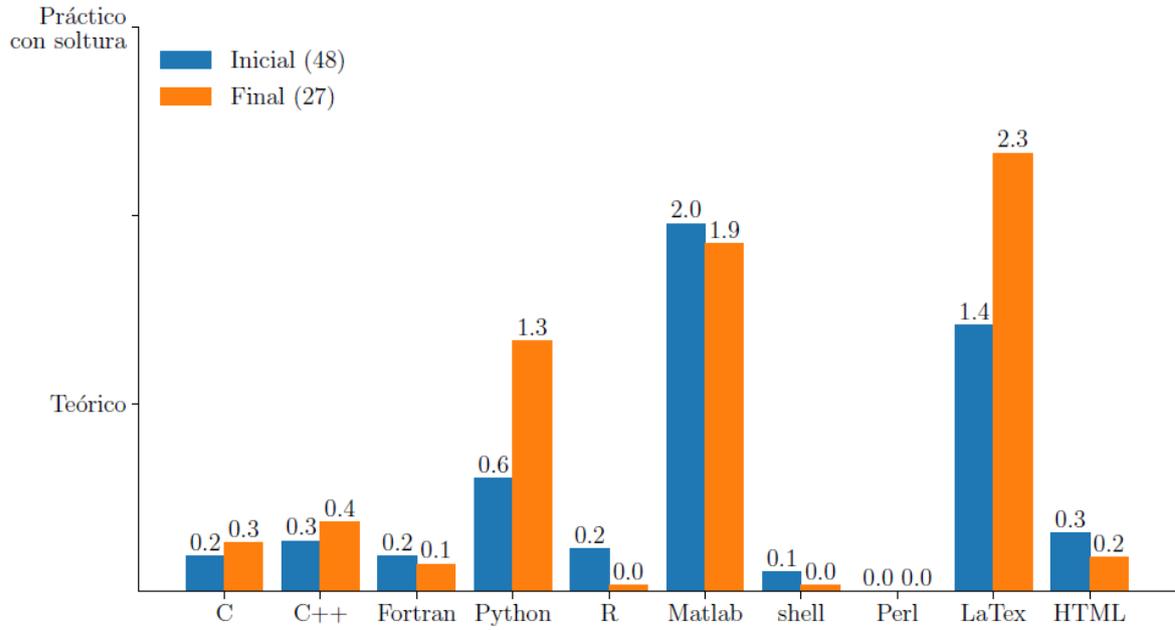
¿Qué sistema operativo utiliza en su portátil?



¿Está familiarizado con los conceptos de código abierto/software libre?



¿Qué nivel de manejo tiene con los siguientes lenguajes?



¿Cómo de familiarizado está con las siguientes herramientas?

