



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2018/2019

Nº de proyecto: 146

Título del proyecto: Formación en software libre
mediante proyectos de mecánica

Nombre del responsable del proyecto:
José Alberto Ruiz Cembranos

Centro: Facultad de Ciencias Físicas

Departamento: Física Teórica

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

Los objetivos detallados en la propuesta del proyecto coincidían con los objetivos propuestos en el proyecto *Software libre como herramienta de aprendizaje en mecánica* (proyecto número 34 de la convocatoria de innovación 2017/2018), del cual era una actualización [1]. Este proyecto anterior se llevó a cabo por las mismas personas y los objetivos se resumían en once propósitos:

- 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

En general, se podría decir que se han alcanzado la mayor parte de los objetivos planteados inicialmente con un grado alto de satisfacción. Quizá el objetivo número 11 es el que más débilmente se ha conseguido, puesto que aunque se ha realizado un uso frecuente y efectivo del campus virtual, no hemos conseguido poner en valor las redes sociales propiamente dichas para mejorar el desarrollo de las actividades que englobaban el proyecto. En concreto, los alumnos de la asignatura de *Mecánica Teórica* no parecen haber utilizado foros de opinión para compartir sus progresos.

Por el contrario, como ya hemos comentado, podemos afirmar que el resto de objetivos se cumplieron adecuadamente. Para ello nos apoyamos en las actividades de seguimiento que detallábamos en la memoria. En particular, al igual que hicimos el año anterior con el proyecto original [1], realizamos dos encuestas. La primera, antes de

llevar a cabo el proyecto (azul), y la segunda, una vez finalizado (naranja). Los resultados de estas encuestas, junto con los resultados de las encuestas análogas para el proyecto del año 2017/2018, pueden encontrarse en el anexo de esta memoria. En ellas se puede apreciar una evolución de la familiarización con el sistema operativo Linux, mayor en este proyecto de 2018/2019 que en el de 2017/2018. También se aprecia un aprendizaje de herramientas asociadas al software libre, igualmente superior en 2018/2019 que en 2017/2018. En particular, los lenguajes más directamente relacionados con la actividad, son aquellos que presentan un mayor grado de avance durante el curso. En particular, C, C++ y Python, son los lenguajes en los que crece más el nivel de manejo; y al igual que en las anteriores comparaciones, el manejo crece aún más en el tiempo en el que se ha desarrollado este proyecto de 2018/2019 que en el de 2017/2018.

Como conclusión de las encuestas brevemente comentadas, podemos afirmar que efectivamente se ha incentivado el desarrollo y uso de software libre y programas en código abierto dentro de la comunidad universitaria, como recogía el objetivo 2. Además, la forma en la que dicho software se ha introducido ha hecho que los propios alumnos de la asignatura jugaran un papel más activo en el diseño de su propia experiencia didáctica como resumía el objetivo 4. Para ello, se responsabilizaba al alumno de los objetivos y contenidos de su proyecto particular y de la manera de conseguirlos. Por otro lado, este desarrollo activo por parte de los estudiantes ha sido realizado en la mayoría de los casos en diseños que involucraban a más de un alumno, por lo que se fomentaba el cumplimiento del objetivo 5 al requerir entornos organizativos y colaborativos.

Con respecto al objetivo 8, puede comprobarse en las encuestas recogidas en el anexo de esta memoria, que los propios alumnos están de acuerdo en que han incrementado sus recursos informáticos para la realización de otro tipo de actividades académicas como los Trabajos Fin de Grado o los Trabajos Fin de Máster. El primero de estos trabajos lo realizan este mismo año la mayor parte de los alumnos, mientras que el segundo lo realizarán el próximo año. Además, la gran mayoría de documentación y tutoriales relativos a los distintos paquetes de código abierto utilizados se distribuyeron en inglés, puesto que es el idioma estándar de desarrollo de este tipo de herramientas, lo que ayuda a la verificación del objetivo 9.

Todos estos progresos estuvieron asociados al aprendizaje de nuevas herramientas de software libre utilizados para ejercicios concretos de la asignatura de Mecánica Teórica, lo que constituye el objetivo 1. Para establecer estas nuevas habilidades, que pretenden ser utilizadas en otras asignaturas y contextos, no solo se pusieron en contacto con profesores, sino también con estudiantes de doctorado y técnicos que los tutorizaron en la instalación y manejo de los distintos paquetes informáticos. Esta práctica enlaza con el objetivo 3 y el objetivo 10, puesto que parte importante de esta actividad tuvo lugar por medio del campus virtual, haciendo muy dinámico y personalizado el progreso del proyecto. En este sentido, cabe destacar la labor del estudiante de doctorado Héctor Villarrubia Rojo. Su dominio de los lenguajes y herramientas propias del software libre y su dedicación ha sido fundamental para el correcto desarrollo del proyecto. Además, ha servido como un enlace óptimo entre las labores de investigación que se realizan actualmente en el Departamento de Física Teórica y los alumnos del último año del grado en Física, lo que ha servido para verificar el objetivo 6 del proyecto. Complementariamente y en referencia al objetivo 7, cabe destacar el importante papel que desempeña el feedback y las demandas que plantearon los propios estudiantes de la asignatura de Mecánica Teórica. Todo ello afianzó y completó las capacidades y conocimientos de los estudiantes de doctorado, lo que incrementó sus conocimientos para la consecución de sus propios objetivos asociados a sus proyectos doctorales.

3. Metodología empleada en el proyecto

Este año, solicitamos presupuesto para la compra de un dron y sus accesorios para desarrollar proyectos particularizados a la aerodinámica y dinámica de drones. Como finalmente no recibimos el presupuesto solicitado, esta parte de la actividad la cancelamos tal y como exponíamos en la solicitud. Por tanto, las actividades del proyecto no comenzaron con la adquisición de este material, sino que comenzó con la instalación de los distintos paquetes y librerías necesarios para la correcta ejecución de los códigos programados ya el año pasado. En concreto, nos referimos a

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

La instalación se había realizado en el año anterior para el proyecto original del año 2017/2018. Este año se hizo una actualización de la misma, tanto en el portátil que Héctor Villarrubia Rojo ha utilizado para sus demostraciones en clase como en los ordenadores del Laboratorio de Física Computacional del Departamento de Física Teórica, supervisada por el 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 hamiltoniana y estructura simpléctica.
2. Integralidad y ecuación de Hamilton-Jacobi.
3. Perturbaciones y teorema adiabático.
4. Caos y dinámica no lineal.
5. Teoría de campos y dinámica de fluidos.

Debe tenerse en cuenta que estos ejercicios tenían un alto grado de flexibilidad y libertad a la hora de concretarse en proyectos particulares. La mayor parte de los estudiantes los dieron un enfoque personal y algunos de ellos los relacionaron con el desarrollo de sus Trabajos fin de Grado.

Anteriormente al desarrollo propiamente dicho de la actividad, los alumnos recibieron un total de seis horas (cuatro clases) de introducción al software libre, donde también se les enseñó a instalar los paquetes en código abierto anteriormente enumerados en esta misma sección. Una de las ventajas de este proyecto y del software libre es que los alumnos pueden instalar los programas necesarios en sus propios ordenadores y trabajar directamente sobre los mismos, sin la obligatoriedad de hacer frente a ningún tipo de pago por licencia. Tal y como recogía la memoria, el proyecto

acababa con una presentación al resto de sus compañeros durante los últimos días del curso.

4. Recursos humanos

Este proyecto necesita de la cooperación de un amplio equipo de profesionales que involucran a profesores, personal de administración y servicios y de estudiantes. Como hemos comentado, la actividad desempeñada en el año 2018/2019 ha sido continuación del proyecto de innovación *Software libre como herramienta de aprendizaje en mecánica* de la convocatoria 2017/2018, por lo que hemos considerado pertinente contar con el mismo equipo de trabajo que ya detallábamos en la memoria de aquel año [1] y que volvemos a enumerar aquí. De esta manera hemos contado 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 había 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.

Más importante aún para la correcta realización del proyecto ha sido la participación del estudiante de doctorado Héctor Villarrubia Rojo. Este estudiante fue elegido por su conocimiento del tema y destreza para la utilización de recursos informáticos en general, y de 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 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 llevadas a cabo en este proyecto se relacionan directamente con el uso y la incentivación de distintas herramientas de software libre y código abierto entre los alumnos de la asignatura de *Mecánica Teórica* del cuarto curso del grado en física. Aunque en un principio, estos contenidos son aplicados a la mencionada asignatura, la forma de impartirlos pretende su utilización en otros entornos académicos e incluso no académicos.

La mayor diferencia de este proyecto con otras prácticas más típicamente desarrolladas en la Facultad de Ciencias Físicas, es la no utilización de software propietario, como el que constituye programas del tipo Matlab, Maple o Mathematica. Nuestra actividad se ha focalizado en el lenguaje de programación Python, que en los últimos años se está estandarizando no solo dentro de ambientes técnicos y científicos sino también en prácticas más asociadas a la actividad empresarial. Como ya hemos

comentado anteriormente, hemos utilizado la siguiente serie de módulos de código abierto adaptados al uso científico: En primer lugar, los módulos `scipy` y `numpy`, que fundamentalmente han sido utilizados como herramienta numérica; también el módulo `matplotlib`, que es una herramienta de representación gráfica de datos y dibujo en general; el módulo `sympy`, que permite abordar problemas asociados al cálculo simbólico; los notebook de Jupyter, en donde pueden combinarse los módulos anteriores a través de una estética similar a programas de pago por licencia como Mathematica; y finalmente también utilizamos el programa de software libre Cadabra. Cadabra consiste en un sistema de álgebra computacional de cálculo simbólico adaptado a teorías de campos. Resulta interesante destacar que Cadabra se encuentra en desarrollo, además de ofrecer una sintaxis matemática sencilla basada en LaTeX, permite cálculo por componentes mediante `sympy` y programación en Python.

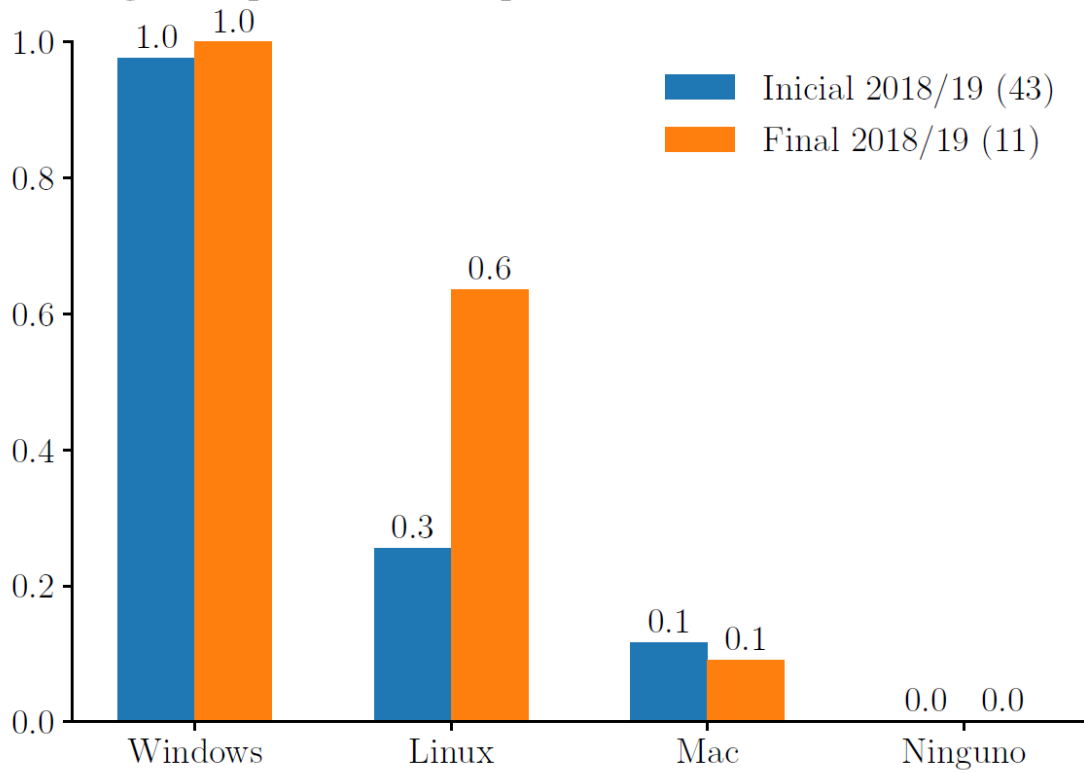
Para el desarrollo del conjunto de actividades descritas anteriormente han contribuido como destacábamos, distintos colectivos de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense, tanto Personal Docente e Investigador (PDI), como Personal de Administración y Servicios (PAS), estudiantes de doctorado y los propios alumnos, estudiantes de rrado matriculados en la asignatura de Mecánica Teórica.

En conclusión, este desarrollo de actividades se corresponde como un taller de software libre y programación en código abierto para el tratamiento y resolución de problemas y cálculos, simbólicos y numéricos asociados a la mecánica. Este taller ha comenzado con una serie de seminarios en clase, continuados por las prácticas de los alumnos realizadas tanto en sus propios ordenadores personales como en el aula de informática del Departamentos de Física Teórica. Los ponentes dentro de la asignatura de Mecánica Teórica fueron dos. Por una parte, el profesor responsable de la asignatura y coordinador de este proyecto: José Alberto Ruiz Cembranos; y el estudiante de doctorado: Héctor Villarrubia, con contrato de Formación de Personal Investigador e igualmente responsable de la asignatura con “*venia docendi*” por un total de 15 horas. Finalmente, los propios alumnos prepararon y expusieron ante sus compañeros su trabajo particular. La estructura del proyecto en su conjunto se confeccionó con el fin de incentivar la interacción y colaboración entre los grupos y colectivos involucrados en la actividad.

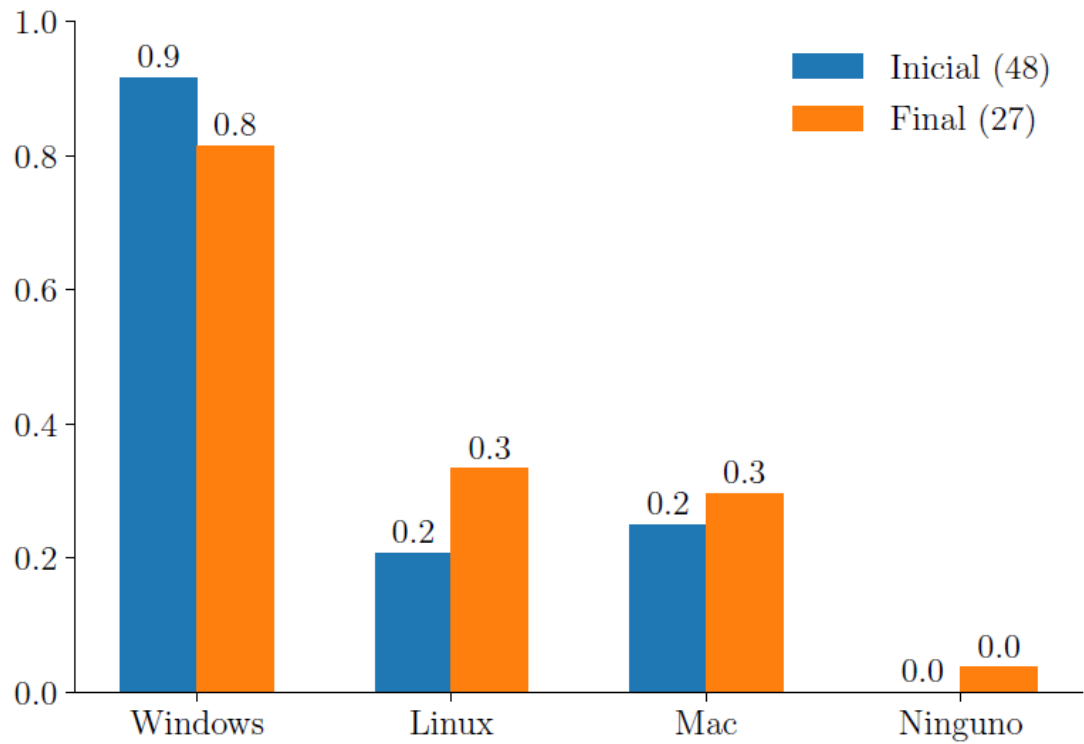
6. Anexos

El seguimiento del proyecto y la posterior verificación de la consecución de objetivos se ha realizado, tal y como se explicaba en la memoria, mediante la realización de dos encuestas a los alumnos que han tomado parte en la actividad. En ellas se recogen los resultados de una serie de preguntas además de solicitar su opinión sobre el propio desarrollo del proyecto. Las encuestas fueron realizadas antes de realizar el proyecto y después de completarlo. Las conclusiones que se pueden extraer de las mismas no son directas debido a que el número de alumnos que respondieron a ambas fue sensiblemente diferente (43 y 11 respectivamente). La encuesta realizada para este proyecto del año 2018/2019 fue la misma que para el proyecto del año 2017/2018 (con número de alumnos encuestados de 48 y 27 respectivamente para la primera y segunda encuesta [1]), de manera que también pueden compararse las respuestas de ambos cursos. Todos estos resultados pueden encontrarse resumidos en los siguientes gráficos:

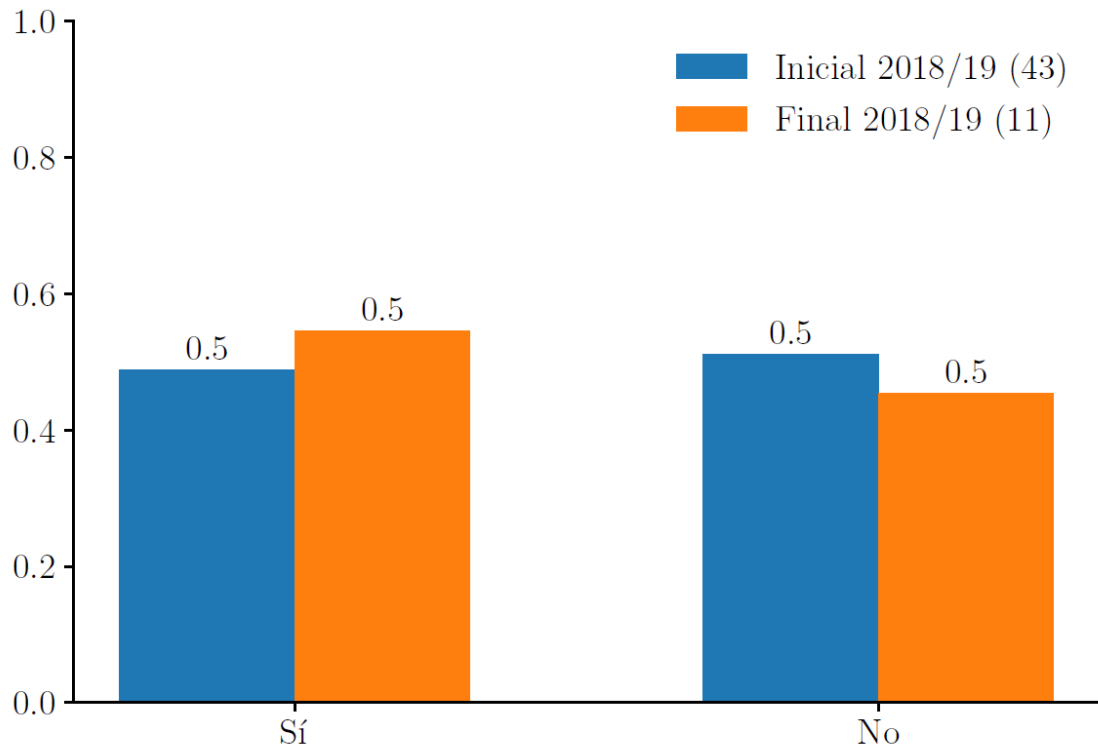
¿Con qué sistema operativo está familiarizado?



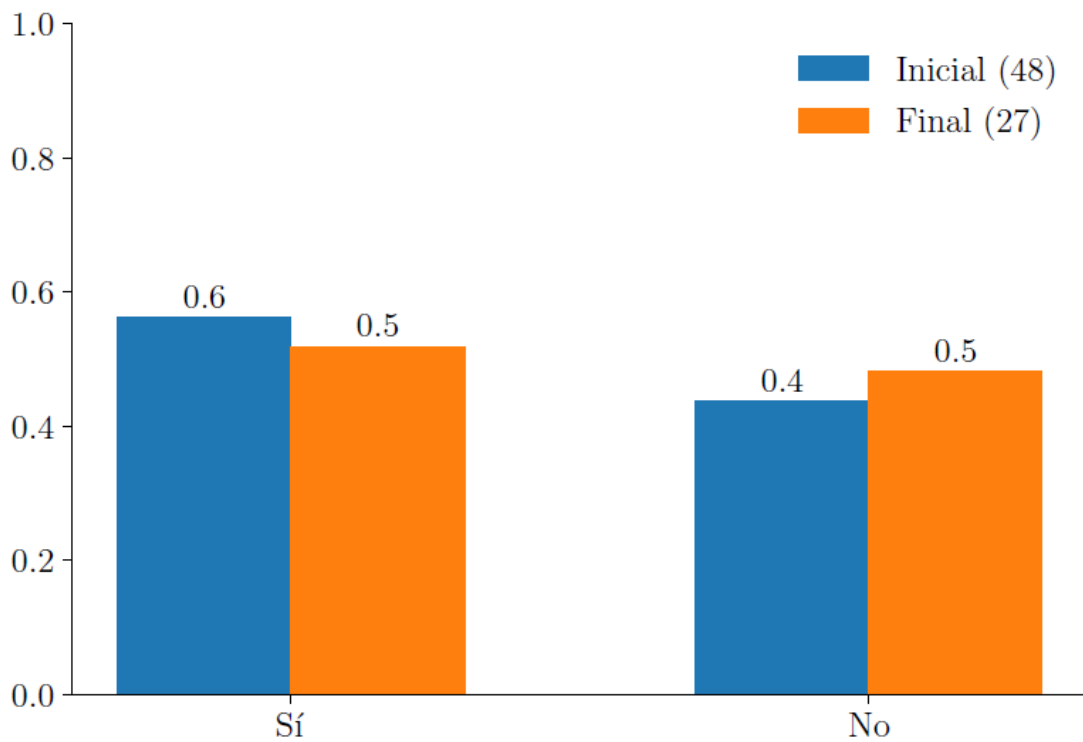
¿Con qué sistema operativo está familiarizado?



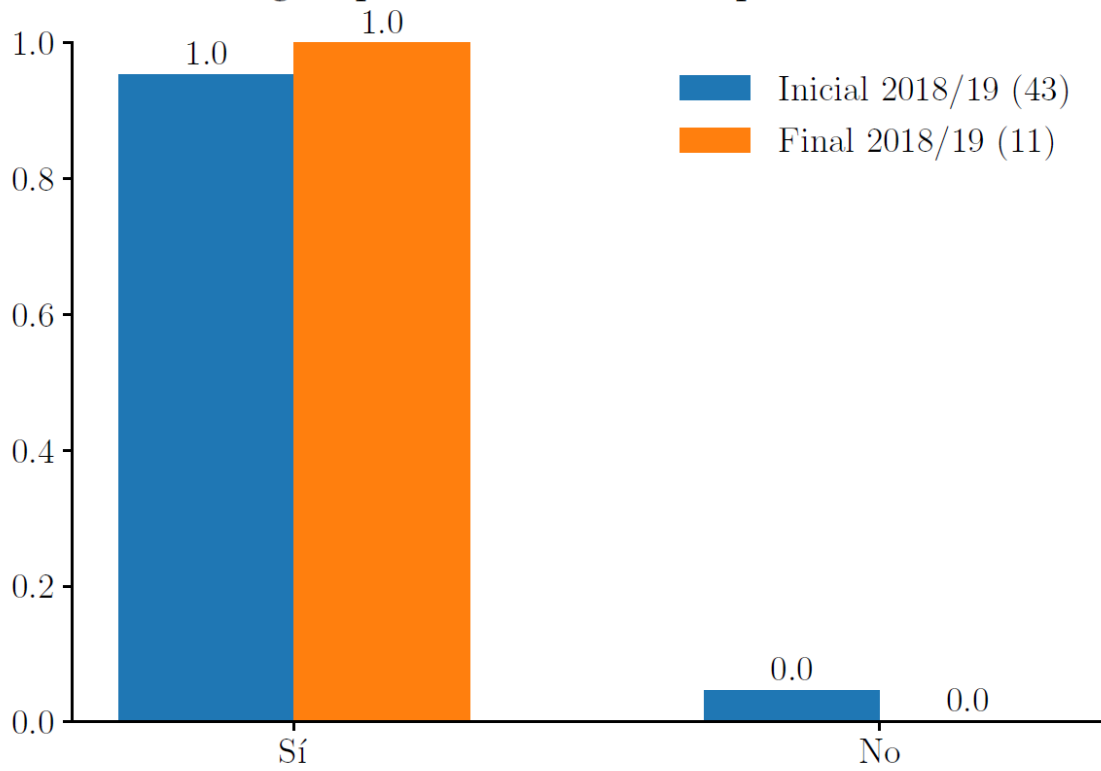
¿Dispone de ordenador de sobremesa en casa?



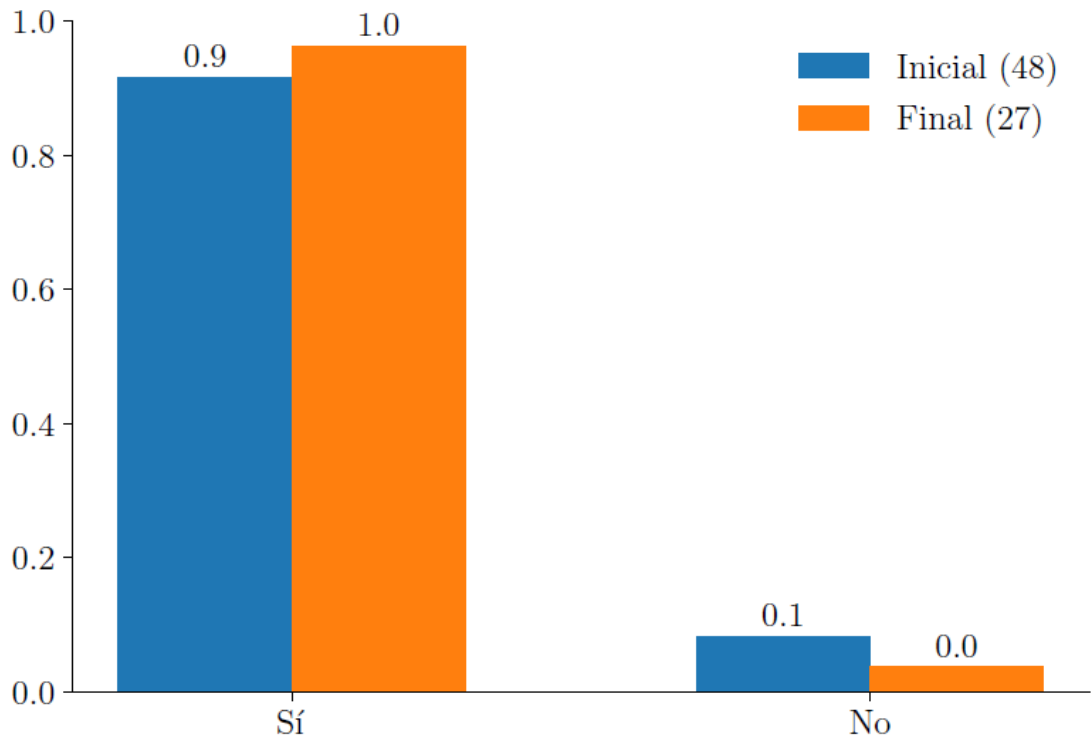
¿Dispone de ordenador de sobremesa en casa?



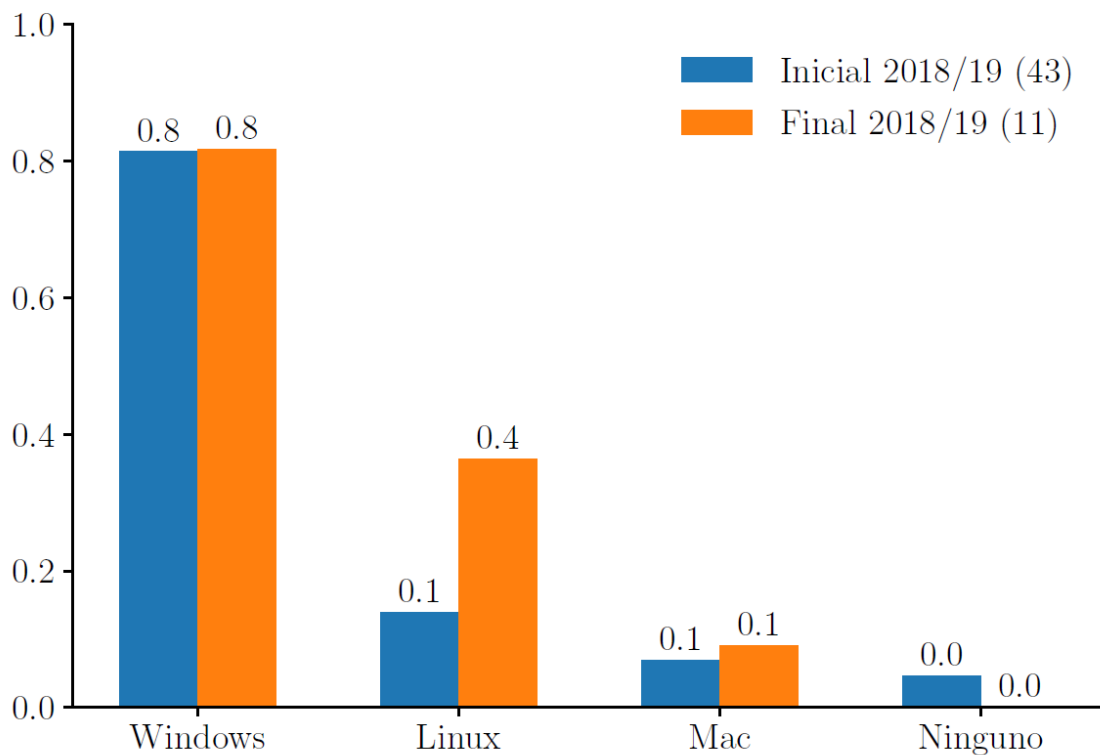
¿Dispone de ordenador portátil?



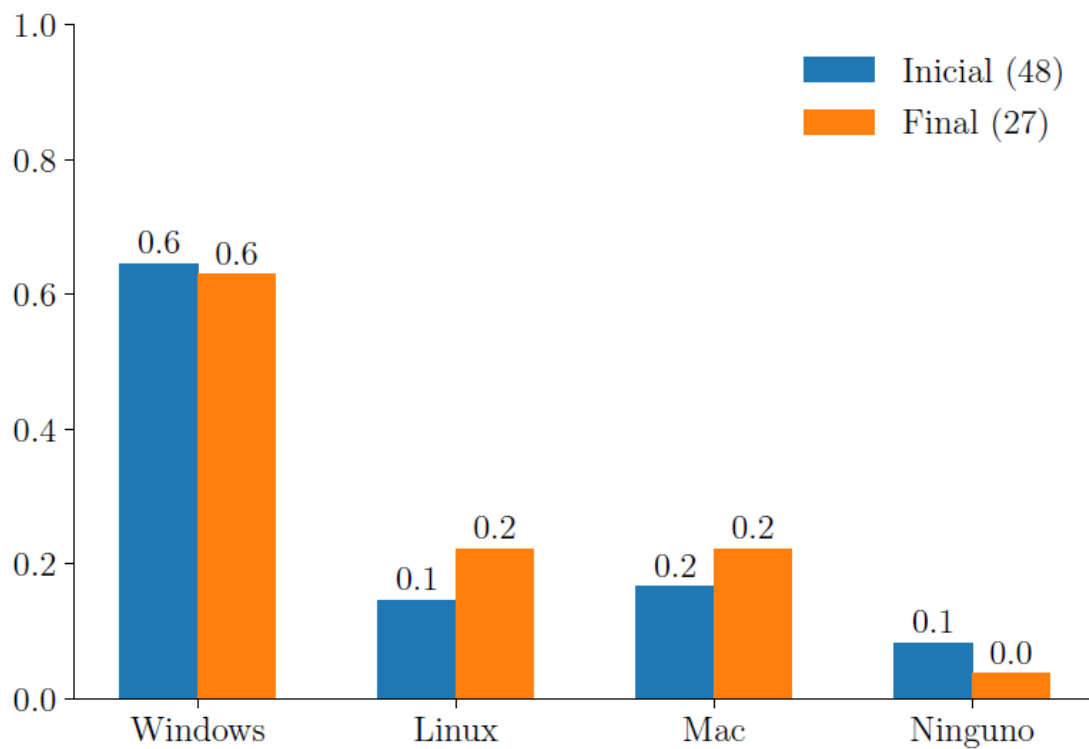
¿Dispone de ordenador portátil?



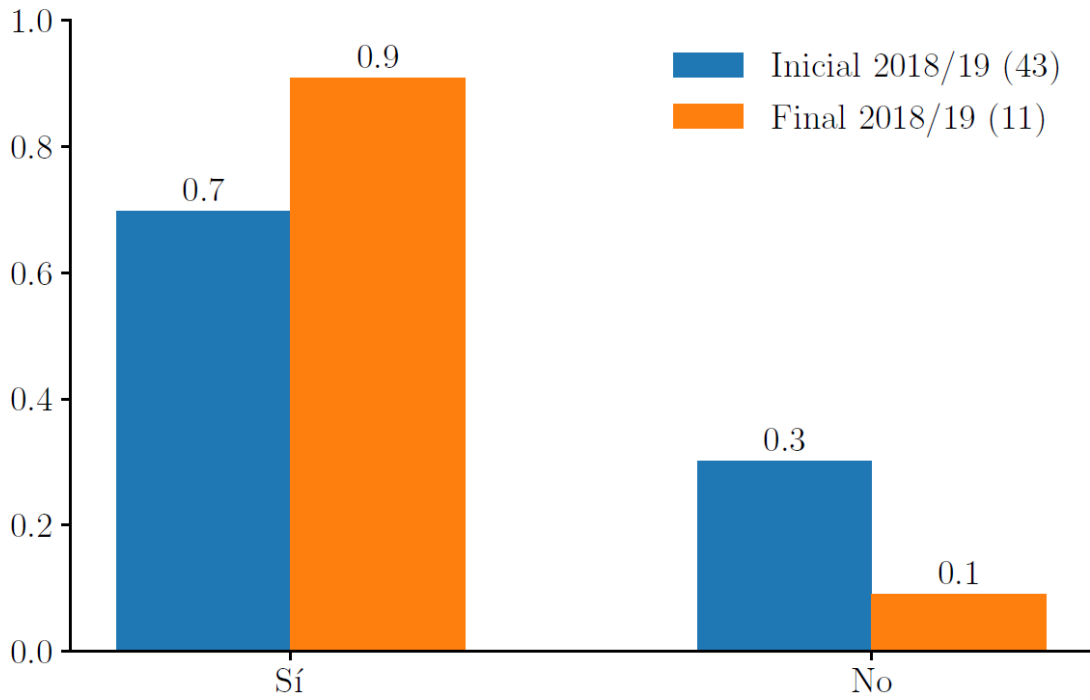
¿Qué sistema operativo utiliza en su portátil?



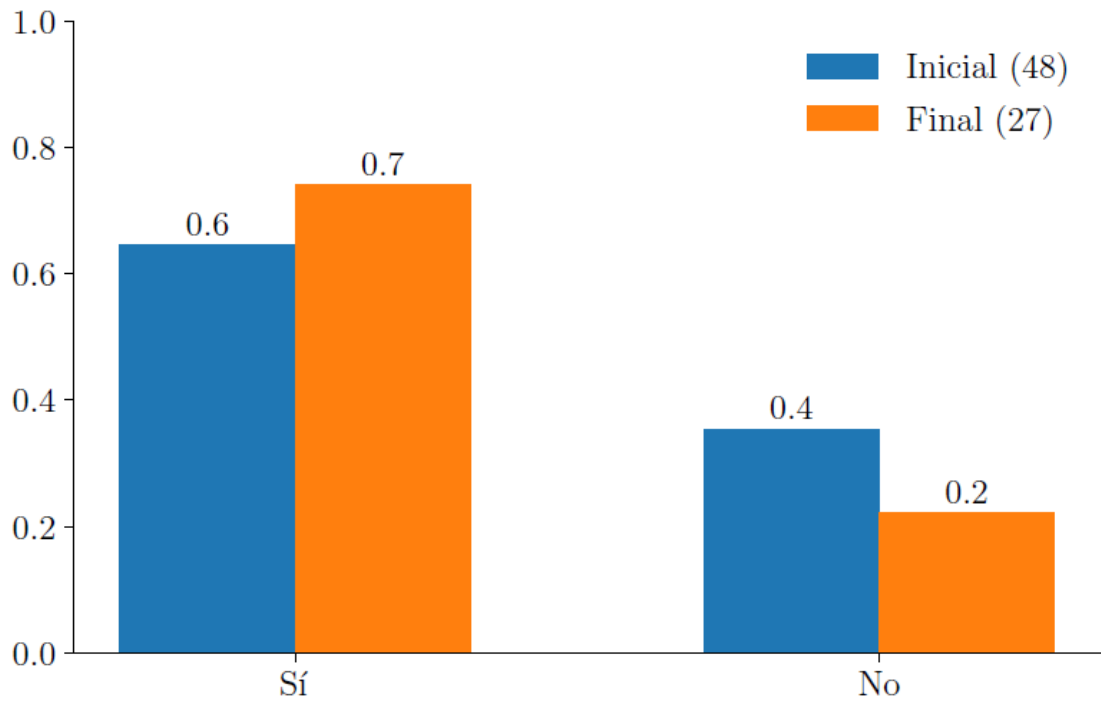
¿Qué sistema operativo utiliza en su portátil?



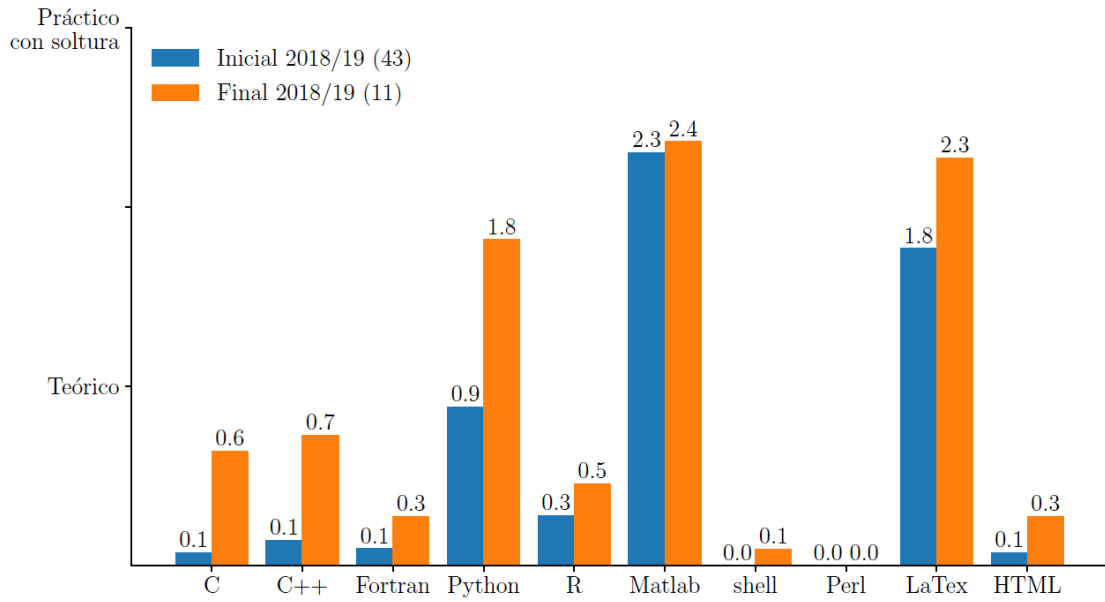
¿Está familiarizado con los conceptos de código abierto/software libre?



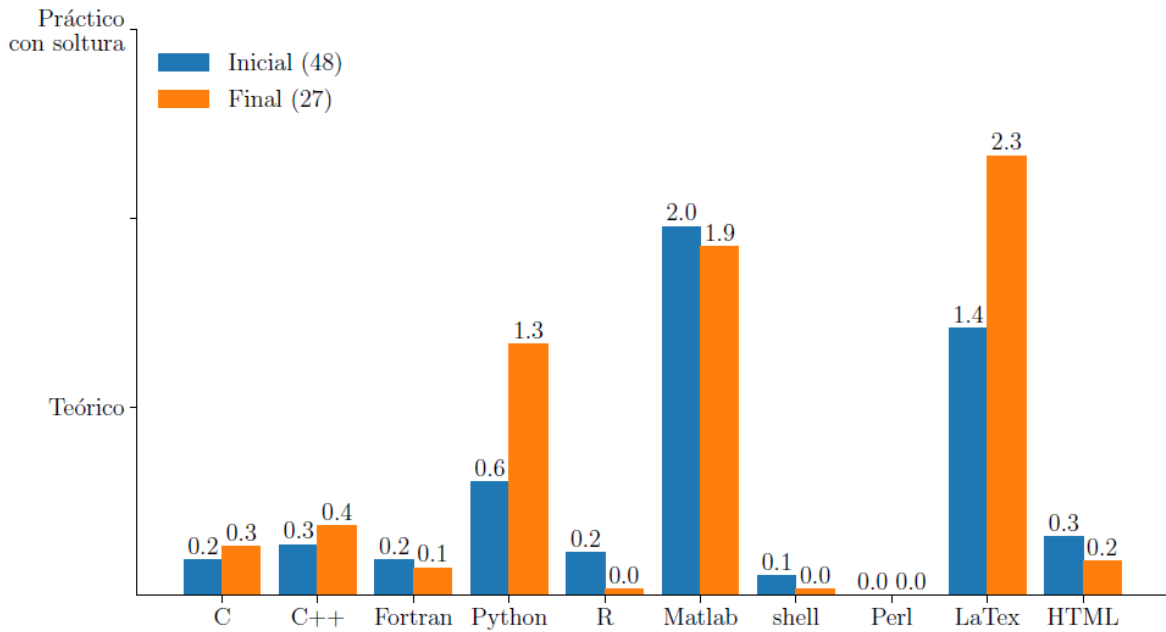
¿Está familiarizado con los conceptos de código abierto/software libre?



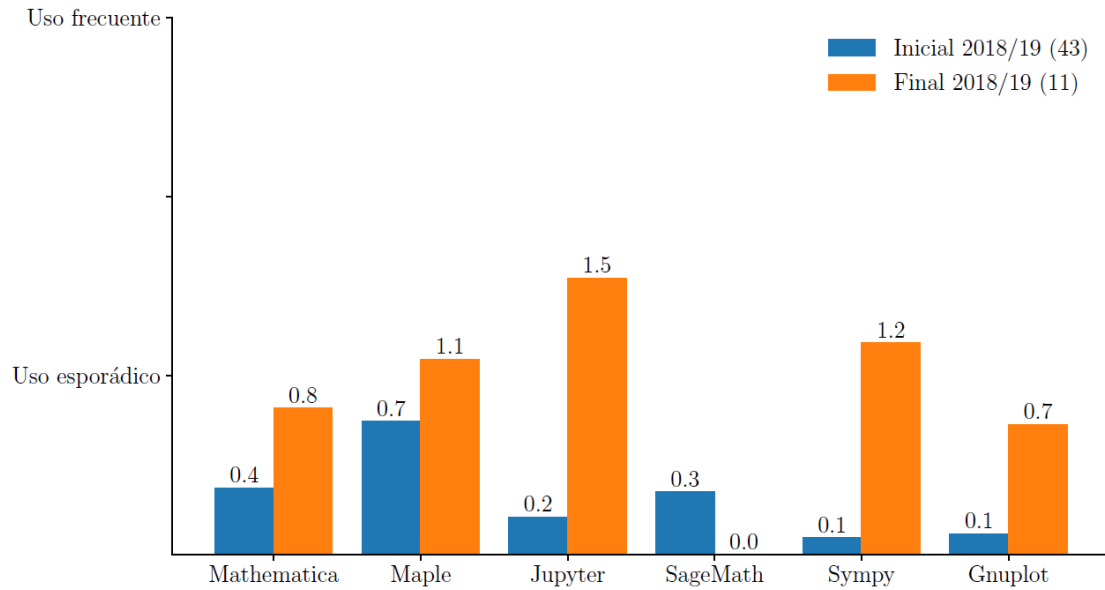
¿Qué nivel de manejo tiene con los siguientes lenguajes?



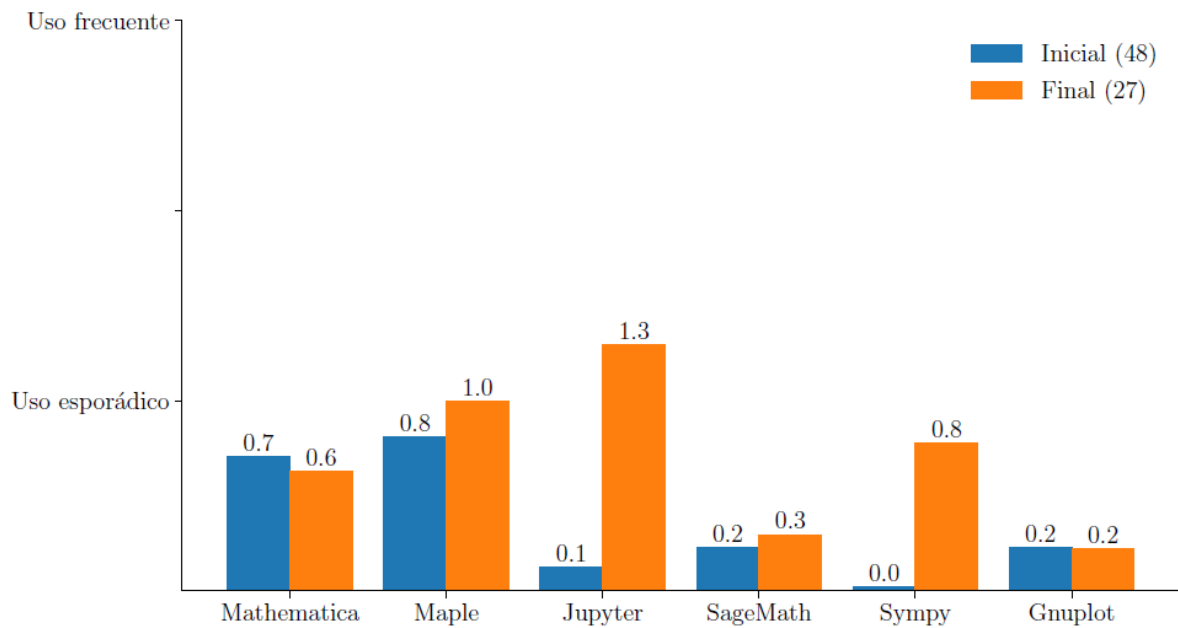
¿Qué nivel de manejo tiene con los siguientes lenguajes?



¿Cómo de familiarizado está con las siguientes herramientas?



¿Cómo de familiarizado está con las siguientes herramientas?



Referencias

[1] Ruiz Cembranos, José Alberto y Villarrubia Rojo, Héctor y Llanes Estrada, Felipe José y Garay Elizondo, Luis Javier y López Maroto, Antonio y Fernández Sanz, David (2018) *Software libre como herramienta de aprendizaje en mecánica*. [Proyecto de Innovación Docente], Repositorio de producción académica en abierto UCM, <https://eprints.ucm.es/48093/1/MemoriaFinal34.pdf>