



## Artículo invitado

# El programa UPC-ReuTIlitza: reutilización de ordenadores como metodología de aprendizaje-servicio para incorporar sostenibilidad, cooperación y economía circular en estudios TIC

Fermín Sánchez Carracedo, David López

Departament d'Arquitectura de Computadors  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC-BarcelonaTech)  
Barcelona  
fermin@ac.upc.edu, david@ac.upc.edu

### Resumen

El Aprendizaje-Servicio (ApS) ha demostrado ser una de las metodologías de aprendizaje más efectivas al combinar el desarrollo de las competencias técnicas de los estudiantes con su aplicación a un proyecto real y útil para la comunidad. Cuando dicho proyecto se enmarca en una actividad de cooperación, ya sea con una entidad local o en un país del sur, los estudiantes descubren un mundo nuevo y desconocido para la mayoría de ellos.

El programa UPC-ReuTIlitza es una forma de canalizar el ApS a través de actividades de cooperación. El programa consiste, fundamentalmente, en poner a punto ordenadores procedentes de donaciones de empresas para ser donados a entidades que tienen fines sociales. Se consigue así dar una nueva vida a ordenadores que de otra forma serían reciclados, en el mejor de los casos, se fomenta la economía circular y se contribuye a la formación de los estudiantes en la competencia Sostenibilidad y compromiso social.

Desde que el programa comenzó su andadura se han entregado más de 1600 ordenadores a 181 entidades en 28 países, y han participado casi 3000 estudiantes.

**Palabras clave:** Sostenibilidad, compromiso social, cooperación, economía circular, reutilización de ordenadores, aprendizaje-servicio, programa UPC-ReuTIlitza.

## 1. Introducción

### 1.1. Aprendizaje-Servicio

El Aprendizaje-Servicio (ApS, en inglés *Service Learning*) es una propuesta educativa que combina diversos procesos de aprendizaje y a la vez realiza un servicio a la comunidad en un proyecto bien articulado en el cual los participantes se forman trabajando en proyectos reales.

La Ley de Servicio Nacional y Comunitario de EEUU de 1990<sup>1</sup> define ApS como una metodología donde los estudiantes aprenden realizando un servicio útil a la comunidad a la que pertenecen, desarrollando un trabajo integrable en el cu-

rículo, estructurado, que mueva a la reflexión y que amplíe lo aprendido en el aula. Robert Sigmon [7] define ApS como una aproximación experimental en la cual se produce un beneficio recíproco. Según el autor, ApS se distingue de otras aproximaciones educativas por su intención de beneficiar tanto al proveedor como al receptor del servicio, además de asegurar que se pone el foco tanto en el aprendizaje como en el servicio.

Tan importante como saber qué es ApS es saber qué no lo es. ApS no es hacer un proyecto de voluntariado, esté bien o mal planteado, o unas prácticas de una asignatura. Hay diversas clasificaciones de ApS, pero para este artículo nos centraremos en la que distingue tres tipos de actividades, dependen-

<sup>1</sup>National and Community Service Act of 1990

do de si el foco está centrado en el servicio, en el aprendizaje o en ambos de forma integrada.

- Si el foco se halla en el servicio, entonces estamos ante un acto solidario. Por ejemplo, un voluntariado tecnológico donde los estudiantes dediquen parte de su tiempo a ayudar a ancianos a entender el funcionamiento de Skype para que hablen con sus nietos que están en un país extranjero. Aunque es un bonito proyecto solidario, unos estudiantes de ingeniería informática no tendrán una experiencia de aprendizaje relacionada con sus estudios de ingeniería.
- Si el foco está en el aprendizaje, entonces estamos ante una actividad educativa que, además, conciencia social y ambientalmente al alumnado y que puede tener un impacto en el futuro, pero no tiene un impacto real como proyecto en la comunidad. Por ejemplo, diseñar un Trabajo de Fin de Grado (TFG) teniendo en cuenta su sostenibilidad y en cómo afecta a la sociedad y al medio ambiente es una labor de aprendizaje, pero no ApS.
- Cuando el foco se centra tanto en el aprendizaje como en el servicio estamos ante el auténtico ApS. Gracias a la actividad, que debe integrarse en el currículum, el alumno desarrolla o amplía competencias técnicas propias de sus estudios, así como competencias profesionales como el compromiso solidario, la responsabilidad o el esfuerzo. Pero, además, la actividad tiene un impacto directo y positivo en la comunidad. Por ejemplo, desarrollar como TFG el software necesario para gestionar una cooperativa agrícola en Marruecos permite enfrentarse a un problema de ingeniería con restricciones a solventar, creando un producto completo, robusto y adaptado al cliente, a la vez que permite a la cooperativa disponer de una herramienta imprescindible cuyo desarrollo probablemente no hubiera podido pagar.

En el ApS es muy importante que se produzca una alianza con la comunidad que permita identificar necesidades reales y que provoque un proceso de reflexión sobre las oportunidades y riesgos de la profesión. Los miembros de la comunidad receptora deben implicarse y dar a conocer a los estudiantes el alcance o impacto de su trabajo.

## 1.2. ApS en Ingeniería Informática

¿Cómo introducir la parte de servicio en el entorno de una Ingeniería Informática? En la literatura se pueden encontrar muchas propuestas, la mayoría de ellas en torno a la realización de proyectos de cooperación [1, 2]. No obstante, también es posible ayudar a crear una economía circular con los ordenadores [3]. Se define economía circular como una economía industrial cuyo objetivo es no generar basuras ni polución, y

donde el flujo de materiales técnicos se diseña para aumentar la calidad de la producción sin entrar en la biosfera. Para ello hace falta un diseño *cradle to cradle* (en lugar del *cradle to grave* habitual). En el caso de los ordenadores, se busca alargar su vida útil y que luego sean debidamente reciclados, evitando así la generación de basura electrónica (*e-waste*). En el mundo de los ordenadores, donde la potencia de cálculo de los procesadores aumenta cada pocos meses, un ordenador no válido para una empresa por ser considerado obsoleto puede alargar su vida útil si se dona a un entorno menos exigente como ONG, escuelas u otras entidades, consiguiendo así un impacto positivo en la sociedad.

Con estas ideas en mente se ha creado el programa UPC-ReuTilitza, donde se tratan elementos tanto centrados en el aprendizaje como en el servicio.

## 2. El programa UPC-ReuTilitza

Desde los años 90 del siglo XX los centros universitarios de los países desarrollados han destinado una parte importante de su presupuesto a la adquisición de equipos informáticos para optimizar su gestión, facilitar la investigación y equipar laboratorios y aulas. En las universidades tecnológicas los equipamientos docentes han aumentado vertiginosamente en las dos últimas décadas para satisfacer las necesidades prácticas de las asignaturas y debido a estas mismas necesidades los equipos necesitan ser actualizados frecuentemente. Este hecho provoca que los ordenadores sean renovados cada pocos años, planteando el problema de qué hacer con los equipos retirados, a los que aún les quedarían algunos años de vida útil en un entorno menos exigente.

### 2.1. Historia

En el caso de la UPC, durante la segunda mitad de la década de los 90 del siglo pasado se impulsó un plan para renovar periódicamente los recursos informáticos de la entidad, de forma que se cofinanciaba o financiaba a los centros y departamentos para que renovasen su parque informático cada tres años. Se establecieron tres años como antigüedad máxima deseable de los equipos porque ésta era la duración de los contratos de mantenimiento de los ordenadores. Más allá de los 3 años, la reparación de un equipo no era rentable o no era inmediata, lo que generaba problemas a los usuarios. El efecto directo de esta medida era que la universidad se desprendía de ordenadores de sólo tres años de antigüedad y como se daban de baja como patrimonio de la entidad su destino era, en el mejor de los casos, un punto verde.<sup>2</sup>

El InLab,<sup>3</sup> Centro de Cálculo de la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB) y responsable de los laboratorios docentes de la facultad, en colaboración con el Centro de Cooperación para el Desarrollo (CCD)<sup>4</sup> de la UPC, comenzó a donar los

<sup>2</sup>En la actualidad la universidad renueva sus equipos a partir del quinto año.

<sup>3</sup><http://inlab.fib.upc.es/es>

<sup>4</sup><https://www.upc.edu/ccd/el-ccd-1>

ordenadores retirados por renovación a proyectos de cooperación gestionados por el CCD en diferentes países del mundo. Esta iniciativa fue llevada a cabo por miembros del InLab de forma voluntaria y altruista. Más tarde se añadieron a ella un grupo de alumnos y profesores de la FIB motivados por la cooperación.

Por otro lado, en el verano de 2002 un grupo de personas vinculadas a la FIB coincidieron en Marruecos mientras realizaban diversos proyectos de cooperación. De aquella reunión casual surgió la idea de crear una asociación con el fin de ofrecer ayuda al personal de la FIB interesado en cooperación y a facilitar el contacto con el CCD. Fue un paso natural que la ONG en ciernes diese soporte al reuso de ordenadores que entonces practicaba el InLab. Así nació, en el año 2003, TxT (Tecnología per Tothom).<sup>5</sup> Para poder hacer frente a su función, TxT contó desde el principio con espacios cedidos por la FIB donde poder almacenar y poner a punto los equipos.

Los ordenadores que se renovaban no podían enviarse a los proyectos de cooperación tal como se retiraban de las aulas o de los puestos de trabajo. Era preciso borrar los datos de su disco duro, instalarles un sistema operativo abierto (y gratis) y, en algunos casos, efectuar pequeñas reparaciones. Todo ello implicaba una dedicación de tiempo y una oportunidad para incorporar más personas al proyecto. Así nacieron las Jornadas UPC-ReuTIlitza. Inicialmente estas jornadas, organizadas sobre la marcha en los momentos en que se producía la renovación de ordenadores, eran de puertas abiertas y asistencia voluntaria para todo el personal del campus, que estaba invitado a participar en la puesta a punto de los equipos. Esta iniciativa permitió que personas de diferentes colectivos conocieran el proyecto y se uniesen a TxT. Algunos de los miembros de TxT eran profesores de asignaturas directamente relacionadas con la actividad que se realizaba en las jornadas y de forma natural las jornadas pasaron a ser una práctica obligatoria para los alumnos de dichas asignaturas. Así, en el segundo semestre del curso 2004 las jornadas UPC-ReuTIlitza se “profesionalizaron” y pasaron a durar una semana y a realizarse dos veces al año, en abril y noviembre (lo suficientemente cerca del final del curso para que los alumnos estuviesen preparados, pero lo suficientemente lejos para no interferir en el estudio de los exámenes finales). Durante las jornadas se programaban diferentes actividades (seminarios, conferencias, visitas de entidades externas, etc.), algunas de ellas de puertas abiertas, y se realizaban prácticas de las asignaturas *Arquitectura del PC* e *Introducción al Linux* y *al Software de Libre Distribución*, ambas de libre elección en la Ingeniería Informática. Cada una de estas asignaturas tenía entre 20 y 40 estudiantes matriculados que ponían a punto todos los ordenadores procedentes de donaciones y les instalaban un Linux. A los estudiantes se les explicaba el destino de los equipos y el motivo de las prácticas. Ambas asignaturas trabajaban la competencia *Sostenibilidad y compromiso social* (SyCS). Este importante salto cualitativo y cuantitativo permi-

tió recibir equipos donados por otros centros y departamentos de la UPC e incluso comenzaron a llegar equipos procedentes de entidades externas (particulares y empresas).

El año 2009 supuso la consolidación definitiva del programa UPC-ReuTIlitza como metodología de ApS. La puesta en marcha del Grado en Ingeniería en Informática de la FIB permitió hacer un diseño integral de la titulación a partir de las competencias profesionales de sus titulados, entre las cuales se incluía SyCS. Un conjunto de asignaturas recibieron el encargo de trabajar y evaluar la competencia dentro del plan de estudios (itinerario SyCS) y se designó un coordinador específico para la competencia. Bajo la dirección del coordinador, todas las asignaturas del itinerario SyCS incorporaron actividades docentes para trabajar la competencia. Algunas de ellas incorporaron además las jornadas UPC-ReuTIlitza como una parte de sus prácticas. De esta forma, las jornadas pasaron de tener una participación en cada edición de 40–60 estudiantes de dos asignaturas de libre elección a más de 220 estudiantes de cuatro asignaturas:

- Interfaces de computadores: asignatura obligatoria de tercer semestre que cursan entre 120 y 220 estudiantes cada edición.
- Administración de sistemas operativos: Asignatura obligatoria de la especialidad Ingeniería de computadores que cursan entre 30 y 60 estudiantes cada edición.
- Arquitectura del PC: Asignatura optativa que cursan 20 estudiantes cada edición.
- Software Libre y desarrollo social: Asignatura optativa que cursan 20 estudiantes cada edición.

Siete años después de su puesta en marcha, el plan de estudios de Grado en Ingeniería Informática de la FIB y su modelo de diseño basado en competencias está plenamente consolidado [5]. Los detalles de cómo se trabaja la competencia SyCS y los resultados obtenidos pueden consultarse en [4].

## 2.2. Gestión del programa

El programa UPC-ReuTIlitza es gestionado de forma conjunta entre el CCD y TxT. Una comisión formada por miembros de ambas entidades se reúne periódicamente (actualmente una vez a la semana) para analizar las solicitudes de equipos y decidir cuáles cumplen los requisitos del programa y cuántos equipos se asignan a cada petición. Cuando la solicitud de una entidad no cumple los criterios para recibir una donación<sup>6</sup> se vehicula su petición hacia otras entidades con las que colaboramos que sí podrían atenderla. En la página web del programa<sup>7</sup> puede encontrarse toda la información relativa a los requisitos para solicitar equipos o el procedimiento para efectuar una donación.

<sup>5</sup><http://txt.upc.edu/index.php>

<sup>6</sup>La característica principal que se exige a una entidad es que tenga fines sociales y, en menor medida, se trate de una entidad sin ánimo de lucro.

<sup>7</sup><https://reutilitza.upc.edu/>

Desde sus inicios, la visibilidad del programa UPC-ReuTlilitza ha ido aumentando poco a poco y con ello el número de equipos gestionados. Esto ha hecho necesario disponer de herramientas para facilitar las tareas y de un equipo de trabajo regular para no depender exclusivamente de la voluntariedad de los miembros de TxT o de las jornadas UPC-ReuTlilitza, ya que las entidades solicitan equipos durante todo el año mientras que las jornadas se realizan en dos momentos puntuales del año. Con respecto a las herramientas, podemos destacar:

- La página web:<sup>8</sup> Mediante ella se gestionan todas las peticiones y donaciones de equipos de forma bastante automatizada.
- Análisis de ordenadores: Se ha diseñado una herramienta para analizar el hardware de los ordenadores. La herramienta funciona tanto en modo local como en red: analiza cada ordenador, guarda información detallada de todos sus componentes y le asigna un número de serie único a partir de la información de los componentes que lo forman. Esta información queda almacenada y permite trazar la vida de cada uno de los componentes de cada ordenador si son registrados con la herramienta posteriormente.

En cuanto a las personas que se dedican de forma regular al programa UPC-ReuTlilitza, podemos destacar las siguientes:

- El equipo de cuatro personas, dos del CCD y dos de TxT que semanalmente se reúnen para decidir la asignación de equipos a entidades.
- El becario ReuTlilitza, pagado con presupuesto del CCD, que dedica 15 horas semanales a la gestión del programa (entregar los equipos a las entidades, garantizar que los equipos entregados funcionan correctamente, dirigir el día a día del almacén, etc.).
- Cuatro estudiantes de ciclos formativos de grado medio o superior, generalmente de Sistemas microinformáticos y de Administración de sistemas informáticos en red. Estos estudiantes realizan sus prácticas obligatorias (formación en centros de trabajo) dando soporte al programa UPC-ReuTlilitza. Cada uno dedica alrededor de 350 horas distribuidas, normalmente, en 4 horas diarias durante 4 meses. Contamos con convenios con varios institutos de Barcelona y alrededores que garantizan 4 estudiantes de forma permanente. El programa empezó con la colaboración de un único estudiante y fue añadiendo nuevos estudiantes a medida que el volumen de trabajo en el día a día ha ido creciendo. Algunos de estos estudiantes de ciclos formativos han seguido colaborando con TxT como voluntarios una vez acabadas sus prácticas.

Al margen de estas personas, los voluntarios de TxT realizan tareas de soporte al programa UPC-ReuTlilitza en la medida que su tiempo y dedicación a la entidad se lo permite.

Para garantizar el «servicio» del ApS, los ordenadores donados al programa deben tener una antigüedad inferior a 8 años y estar en buenas condiciones. Esto proporciona unas ciertas garantías de 3 ó 4 años más de vida útil una vez son donados a las entidades receptoras. Por otro lado, todos los ordenadores que se entregan actualmente cuentan con una configuración hardware de al menos 250 GB de disco, 2 GB de memoria RAM y un procesador Core 2 duo o equivalente.

Con respecto al software, los ordenadores llevan instalado un sistema operativo de software libre en función de sus características técnicas. Actualmente se instala un LiNuX Mint con un escritorio similar al de Windows para reducir el rechazo que algunos usuarios experimentan hacia un sistema operativo distinto de Windows. Para entidades extranjeras, el sistema operativo se puede instalar en otro idioma en función del país. En ordenadores menos “potentes” se instalan escritorios de LiNuX más ligeros. En cualquier caso, el sistema operativo debe ser una versión LTS (*Long Term Support*) para garantizar, en la medida de lo posible, que seguirá teniendo soporte durante el tiempo que el ordenador esté funcionando en la entidad. Se instala por defecto software de ofimática (Libre Office), un navegador (Mozilla) y un reproductor multimedia (VLC). Para entidades que lo solicitan se instala además software específico de la biblioteca de programas de LiNuX.

Durante los años que el programa UPC-ReuTlilitza lleva en marcha hemos constatado algunos hechos que nos parece relevante incluir en este trabajo porque tienen que ver con el «servicio» que se presta a las entidades:

- Pese a que se les informa adecuadamente durante todo el proceso de donación, las entidades siguen mostrando, en general, preferencia por disponer de sistemas operativos basados en Microsoft Windows en lugar de en LiNuX. Este hecho está motivado, generalmente, por el desconocimiento que las personas que trabajan en las entidades receptoras suelen tener de LiNuX. Este desconocimiento lleva asociada una inseguridad que hace que, en algunos casos, en la propia entidad se formateen los ordenadores de nuevo para instalar un sistema Windows. Lamentablemente, al tratarse de ordenadores de una cierta edad, al instalarles un Windows actual la mayoría de ellos dejan de funcionar de forma eficiente en poco tiempo, en cuanto el sistema consume todos los recursos del equipo, cosa que normalmente sucede en menos de un mes.
- Inicialmente, las entidades receptoras de ordenadores eran proyectos que el CCD financiaba en países del sur. En muchos de estos países el transporte de equipos de sobremesa es complicado<sup>9</sup> y las condiciones no

<sup>8</sup><https://reutilitza.upc.edu/>

<sup>9</sup>No solo por el precio y la logística del transporte, sino también por los problemas que se presentan en algunas aduanas para introducir los equipos.

son adecuadas para estos equipos,<sup>10</sup> y en algunos casos se estropeaban enseguida. Estos países no disponen normalmente de puntos verdes, por lo que a menudo los ordenadores estropeados terminaban en un vertedero como basura electrónica. Para evitar este efecto, en la actualidad procuramos enviar portátiles a estos países, ya que se adaptan mejor a las condiciones del destino y son más fáciles de traer de nuevo a España para ser reciclados una vez finaliza su vida útil.

- Las torres (equipos de sobremesa) se dedican en su mayor parte a dar soporte a las necesidades de entidades locales. Estas entidades se comprometen a llevar los ordenadores a un punto verde una vez se acabe su vida útil, en cuyo caso normalmente les renovamos los equipos. No obstante, muchas entidades locales nos piden también portátiles. Esto presenta en la actualidad un problema para el programa, ya que el número de peticiones de portátiles es superior al número de portátiles que recibimos en donación, por lo que no es posible atender completamente todas las peticiones.
- El programa no acepta normalmente ningún material que no sean ordenadores y sus correspondientes dispositivos de entrada/salida (pantallas planas, teclados y ratones). No obstante, en la universidad se sustituyen servidores y equipos de red que a menudo terminan en nuestro almacén. Si bien no hay salida para estos equipos a través de las entidades que solicitan equipos al programa UPC-ReuTIlitza, los institutos con los que tenemos convenio para tener a sus estudiantes en prácticas están encantados de recibir estos equipos para hacer a su vez las prácticas de sus asignaturas, por lo que los servidores terminan teniendo también una segunda vida útil.
- Pese a que no tenemos problemas para atender la demanda de ordenadores de sobremesa, no sucede lo mismo con los portátiles y los monitores. Estos equipos suelen tener una vida útil mayor que las torres, y por lo tanto nos llegan menos y en peores condiciones. No obstante, en el caso de los monitores, y una vez rentabilizado el cambio de pantallas de tubos catódicos a monitores planos, tanto la UPC como las empresas han empezado a renovar estos dispositivos, por lo que hemos empezado a recibir donaciones importantes y esperamos no tener problemas de existencias en el futuro. Distinto es el caso de los portátiles, ya que muchas empresas permiten a sus empleados recomprar este material a un precio casi simbólico cuando es retirado. No obstante, hemos detectado un aumento en las donaciones de portátiles durante el último año.

### 2.3. Las jornadas UPC-ReuTIlitza

Las jornadas UPC-ReuTIlitza están directamente relacionadas con el «aprendizaje» del ApS. Se realizan dos veces al año, en abril y noviembre, un mes antes de que acabe el curso para evitar coincidir con el *sprint* final de los estudiantes. En noviembre duran 2 semanas y en abril solamente una. Durante las jornadas, el trabajo realizado por los estudiantes de cada asignatura es el siguiente:

- Los alumnos de Interfaces de computadores abren todos los ordenadores, los limpian usando aspiradores y aire comprimido, revisan y actualizan la configuración y verifican su funcionamiento mediante una prueba de arranque que comprueba el estado de todos los dispositivos. Posteriormente, realizan una comprobación de la memoria y del disco. Los ordenadores que presentan algún problema se apartan para que sean reparados.
- Los alumnos de Arquitectura del PC reparan los ordenadores sustituyendo los componentes estropeados. Los que no tienen una reparación sencilla (placa base averiada, por ejemplo) se desmontan y sus piezas útiles se usan para reparar otros ordenadores.
- Los alumnos de Administración de sistemas operativos y Software Libre y desarrollo social instalan un sistema operativo LiNuX en los ordenadores que funcionan.

El trabajo que realizan los estudiantes en las jornadas les proporciona aprendizaje y está relacionado con los conocimientos teóricos que reciben en las asignaturas que cursan. Como Interfaces de computadores es una asignatura obligatoria, todos los estudiantes de la FIB participan al menos una vez en las jornadas, pero algunos pueden llegar a participar en las 4 asignaturas en diferentes ediciones. Con la organización actual de las jornadas calculamos que en cada edición podrían ponerse a punto 400 ordenadores, aunque el número de equipos que realmente se tratan es mucho menor. Durante las jornadas se les explica a los estudiantes el destino de los ordenadores. En las asignaturas Arquitectura del PC y Software Libre y desarrollo social, optativas de último semestre, se comparten con los estudiantes las actividades de TxT explicando alguno de los proyectos de cooperación realizados en el pasado. El objetivo es concienciar a los estudiantes de que ellos también pueden hacer como TFG un proyecto de cooperación, ya sea con una entidad local o extranjera. Dado que los estudiantes cursarán su TFG en el siguiente semestre en muchos casos, es el momento ideal para que se planteen si desean hacer ApS mediante un proyecto de cooperación.

Además de las sesiones de prácticas de las asignaturas, que se realizan dentro de su horario de prácticas, durante el resto de las jornadas se programan otros actos formativos:

<sup>10</sup>Por ejemplo, los ordenadores destinados a campamentos en el Sahara se estropean debido a la arena que entra en su interior si no se dispone de un recinto apropiado para ellos. En muchos países, por otra parte, la calidad de la alimentación eléctrica deja bastante que desear y se producen microcortes y sobrecargas que estropean las fuentes de alimentación de los ordenadores de sobremesa. Las fuentes de los portátiles, sin embargo, soportan mejor estas anomalías. Por otra parte, los portátiles son también más apropiados para zonas en que la alimentación eléctrica no está garantizada las 24 horas del día.

- A los estudiantes de Interfaces de computadores se les imparte una conferencia sobre la sostenibilidad de las TIC. En esta conferencia se les explica además el sentido e importancia de las jornadas y las actividades de TxT. Se les explica también el programa de voluntariado TIC de la UPC [6] y se les invita a participar en la siguiente edición. Gracias a estas actividades, cada año se incorporan nuevos voluntarios a TxT.
- Se proyectan documentales relacionados con el impacto de la tecnología en la sostenibilidad del planeta, con posterior mesa redonda en la que se procura la asistencia del autor del documental. Se han pasado, por ejemplo, el documental *La tragedia electrónica*, de Cosima Dannoritzer (en varias ediciones de las jornadas), y un minireportaje de Gemma Parellada sobre la extracción de minerales en el Congo. En ambos casos se ha contado con la participación de las autoras del documental para la posterior mesa redonda.
- Exposición de pósteres de los proyectos realizados por el CCD el año anterior. Cada año, el CCD lanza una convocatoria de proyectos de cooperación con países del sur en el que se subvencionan un centenar de proyectos. Al principio de cada sesión con estudiantes se invierten 10 minutos en presentarles los pósteres de los proyectos más representativos para que sean conscientes del trabajo de cooperación que se realiza en la universidad y se animen a participar.
- Se programan también actividades especiales para estudiantes de otros centros. Por ejemplo, jornadas de puertas abiertas para grupos de institutos de ciclos formativos o de enseñanza secundaria para que conozcan el programa y los problemas sociales a los que está dirigido. Estas sesiones se completan con visitas al museo de informática de la FIB y al supercomputador MareNostrum del Barcelona Supercomputing Center.
- Sesiones de formación específica sobre temas de actualidad relacionados con la economía circular. Por ejemplo, suelen programarse sesiones de formación del funcionamiento del proyecto eReuse,<sup>11</sup> una plataforma de software abierto orientada a facilitar la reutilización de los equipos informáticos y garantizar el reciclado al final de su vida útil.
- Al finalizar las jornadas se entregan equipos a las entidades que los hayan solicitado recientemente y se les invita a participar en alguno de los actos de las jornadas. Si se espera la entrada de equipos procedentes de donaciones en los períodos en que hay jornadas, se procura hacer que coincidan con el inicio de las mismas. De esta forma, se minimiza el movimiento de equipos entre el almacén, el lugar de celebración de las jornadas y las entidades destinatarias.

Los voluntarios de TxT organizan y colaboran activamente durante todas las jornadas, pero para el éxito de las jornadas es fundamental el trabajo que realizan tanto el becario UPC-ReuTilitza como los 4 estudiantes de ciclos formativos.

## 2.4. Resultados

Desde que el programa comenzó su andadura se han entregado más de 1600 ordenadores a 181 entidades residentes en 28 países, y han participado casi 3000 estudiantes. La evolución de estos datos a lo largo del tiempo se muestra en las figuras 1 a 4.

En la figura 1 se muestra la evolución anual del número de alumnos participantes el programa. Se observa el importante salto cuantitativo desde la introducción de las jornadas UPC-ReuTilitza en las cuatro asignaturas del plan de estudios de Grado Ingeniería Informática, de forma que entre 300 y 500 estudiantes participan cada año desde 2010.

La figura 2 muestra la distribución de equipos por países. Se ha omitido España porque más de la mitad de los equipos (931 de un total de 1613) han sido destinados a proyectos con entidades locales, y la inclusión de España dificultaría la lectura de la gráfica para el resto de países.

Cabe resaltar que las donaciones a Bolivia (165) casi doblan las del siguiente país de la lista, Marruecos (92). También hay países que han recibido muy pocos equipos porque se han realizado pocos proyectos en ellos o porque los proyectos requerían poco material informático. En este sentido, 14 de los 28 países (el 50 %) han recibido menos de 10 equipos.

La figura 3 muestra la distribución de equipos por continentes. En este caso, las donaciones a Europa se han producido únicamente a proyectos en entidades que operan en España. Se observa cómo apenas se han donado equipos a proyectos en Asia (sólo 5), mientras que África y América se reparten algo más de la tercera parte (372 equipos para África y 308 para América). En América se han contado tanto países de Sudamérica como de Centroamérica.

Finalmente, la figura 4 muestra la evolución anual del número de equipos entregados. No hay datos del año 2000 porque ese año se realizó un cambio en la contabilidad del programa y se pasó de contabilizar años académicos a contar años naturales. Los equipos se han clasificado en portátiles, equipos de sobremesa e impresoras. La figura muestra claramente como la mayoría de equipos son de sobremesa, y sólo los últimos años se han empezado a donar portátiles. También puede observarse que no existe un patrón en la cantidad de equipos que se dona anualmente, que depende mucho de las peticiones que realicen las entidades.

Por otra parte, desde TxT se ha colaborado en más de 50 proyectos de final de carrera realizados en diferentes escuelas de la UPC en más de 15 países del sur, además de en España.

Finalmente, cabe reseñar que la actividad de TxT y el programa UPC-ReuTilitza ha recibido una mención del premio Disseny per al Reciclatge en la modalidad de Estrategias, otor-

<sup>11</sup><http://www.ereuse.org/en/>

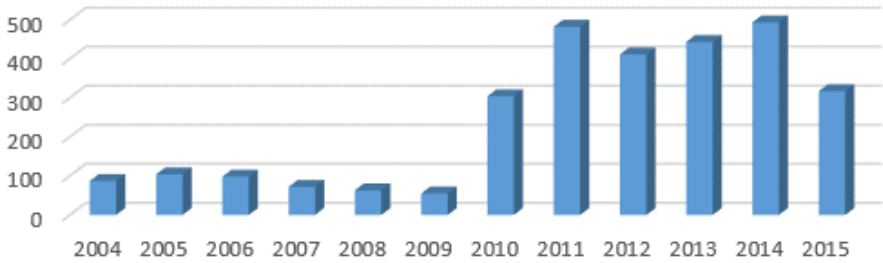


Figura 1: Número de alumnos participantes.

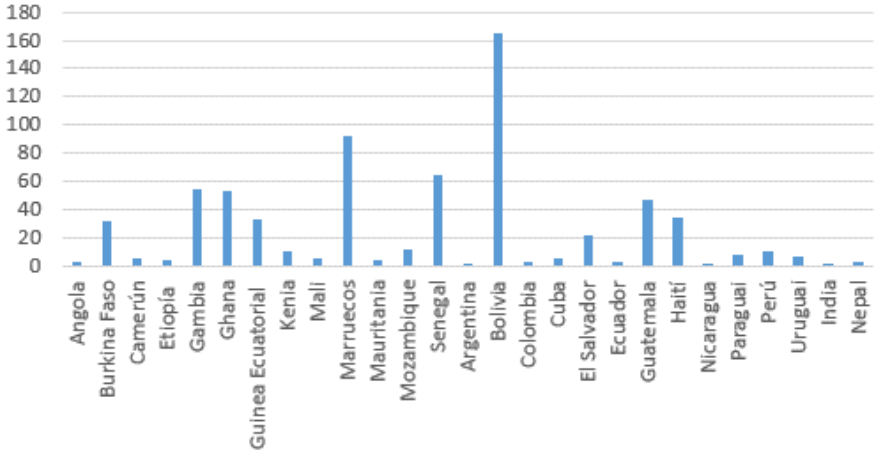


Figura 2: Distribución de equipos por países sin contar España.

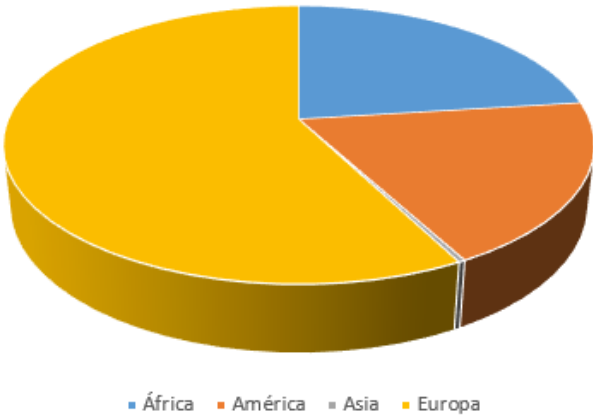


Figura 3: Distribución de equipos por continentes.



Figura 4: Distribución de equipos por año.

gado por la Generalitat de Catalunya en 2013. El programa también formó parte del proyecto *Introducing Sustainability and Human Development skills at the Barcelona School of Informatics using Service Learning*, que obtuvo una mención especial en el Primer premio europeo a las mejores prácticas para la integración de Desarrollo Humano Sostenible (SGD) en la educación de tecnología e ingeniería, otorgado por Global Dimension Engineering Education en 2013. Además, nuestra labor se ha nutrido de diferentes ayudas y becas, entre ellas 20.000 euros de la Fundación Puncat y 12.000 euros del proyecto *Sostenibilidad de las TIC en la UPC*. De las metodologías y herramientas desarrolladas ha surgido una *spin-off*, eReuse.org, que se ha convertido en un proyecto europeo para la trazabilidad y reuso de ordenadores para toda la UE. La iniciativa ha recibido 200.000 euros de ayuda por medio del proyecto *Collective enhanced Environment for Social Tasks (CHEST)*.

### 3. Conclusiones

En este artículo se presenta el programa UPC-ReuTilitza como elemento para introducir el ApS en estudios de Grado en Ingeniería Informática.

La competencia Sostenibilidad y Compromiso Social está integrada en el plan de estudios mediante la realización de actividades en un conjunto de asignaturas. Algunas de estas actividades se enmarcan dentro del programa UPC-ReuTilitza. El programa se dedica a la reutilización de ordenadores donados por la universidad y por empresas externas para ser entregados a entidades sin ánimo de lucro que tienen fines sociales. Los alumnos participan en el programa reparando e instalando un sistema operativo en los ordenadores, siendo conscientes en todo momento de su destino final. Este trabajo lo realizan como prácticas de cuatro asignaturas durante unas jornadas que se hacen dos veces al año.

El ApS es una metodología activa en la que es importante

centrarse tanto en el aprendizaje como en el servicio y no anteponer uno de los dos aspectos. En el caso del programa UPC-ReuTilitza, las jornadas están más centradas en el servicio, mientras que la charla sobre sostenibilidad y TIC que se da a los estudiantes de Interfaces de computadores está más centrada en el aprendizaje, por ejemplo. Esta charla es una sesión única por la que pasan todos los estudiantes de la facultad. En ella ven el impacto, positivo y negativo, de la informática en la sociedad y el medio ambiente y sirve de marco global para que entiendan las actividades que hacen para trabajar la sostenibilidad en otras asignaturas, donde realizarán básicamente aprendizaje. Algunos conseguirán llegar al servicio haciendo un TFG en temas de cooperación.

El modelo de ApS presentado en este trabajo es fácilmente exportable a otras universidades y centros educativos.

### Agradecimientos

A todo el equipo del CCD, especialmente a Emi, Xavi, Eva, Montse y JK, en cierto modo el impulsor del programa. A los becarios ReuTilitza que han pasado por el almacén: Javier, Alba, Iván, Laura, Eduard, Marcos, Dani, Alejandro y Christian. A todos los miembros de TxT, especialmente a David Franquesa, Xavi Bustamante, Xavi Pegenaute y Sergio Covacho por su implicación en las jornadas ReuTilitza. A los alumnos de ciclos formativos de grado Medio y Superior que han hecho sus prácticas con nosotros y a sus institutos y tutores. A nuestros estudiantes de la FIB y a los profesores de las cuatro asignaturas que colaboran en las jornadas; sin ellos este programa no habría sido ni sería posible. A Mireia de Mingo y el resto del gabinete de sostenibilidad e igualdad de oportunidades de la UPC por creer en nosotros desde el principio. A Christine por ayudarnos a ser ordenados y saber siempre dónde están todos los papeles. A la FIB por cedernos un espacio donde trabajar y apoyarnos desde siempre. A Gonzalo por estar siempre cuando se le necesita y tener lo que hace falta.



Y, por supuesto, a la UPC y a las empresas colaboradoras que donan equipos al programa, y a las entidades que los reciben por la imprescindible labor social que realizan.

## Referencias

- [1] Javier Alonso, David López, Josep-Llorenç Cruz, Carlos Álvarez, Daniel Jiménez-González, Agustín Fernández y Fermín Sánchez. *Work in Progress – Achieving the ABET professional Skills Using Solidarity Projects*. En Actas del 38th. Frontiers in Education Conference, FIE2008, pp. F1E9-10. Saratoga Springs, Nueva York., Octubre de 2008.
- [2] David Franquesa, Josep-Llorenç Cruz, Carlos Alvarez, Fermín Sánchez, Agustín Fernandez y David López. *The Social and Environmental Impact of Engineering Solutions: from the Lab to the Real World*. International Journal of Engineering Education (Special Issue on Applications of Engineering Education Research), vol 26, núm. 5, pp. 1144–1155. Octubre de 2010.
- [3] David Franquesa, Leandro Navarro, David López, Xavier Bustamante y Santiago Lamora. *Breaking Barriers on Reuse of Digital Devices Ensuring Final Recycling*. En Actas del EnviroInfo Conference 2015. Copenhagen, 9 al 11 de septiembre de 2015.
- [4] Jordi Garcia, Fermín Sánchez, David López, Eva Vidal, Jose Cabré, Helena García y Marc Alier. *De la teoría a la práctica: cinco años después de la integración de la competencia genérica sostenibilidad en el Grado en Ingeniería Informática*. En Actas de las JENUI 2014, pp. 253–260. Oviedo, julio de 2014.
- [5] Fermín Sánchez, Antonia Soler, David López, Carme Martín, Alicia Ageno, Lluís Belanche, Jose Cabré, Erik Cobo, Rafel Farré, Jordi Garcia y Pere Marés. *Developing Professional Skills at Tertiary Level: A Model to Integrate Competencies across the Curriculum*. En Actas del 44th. Frontiers in Education Conference. FIE 2014, pp. 1090–1098. Madrid, 23 al 25 de octubre del 2014.
- [6] Fermín Sánchez, Emiliانا Marqués, Eva Vendrell, Xavi Ortega, Andreu Feliu y Joana Rahola. *El Programa UPC de Voluntariado TIC como experiencia de aprendizaje-servicio para trabajar la competencia Sostenibilidad y Compromiso Social*. En Actas de las JENUI 2016, vol. 1, pp. 321–324. Julio de 2016.
- [7] Robert L. Sigmon. *Serving to Learn, Learning to Serve. Linking Service with Learning*. Council for Independent Colleges Report. 1994.



*Dr. Fermín Sánchez Carracedo* (Barcelona, 1962) es Técnico Especialista en Electrónica Industrial por la E.A. SEAT (Barcelona, España, 1981), Licenciado en Informática desde 1987 y Doctor en Informática desde 1996, los dos últimos títulos obtenidos en la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC Barcelona-Tech, Barcelona, España). Sus campos

de estudio son la arquitectura de computadores, la innovación docente y la educación para la sostenibilidad.

Desde 1987 trabaja como profesor en el Departament d'Arquitectura de Computadors de la UPC, donde es profesor Titular de Universidad desde 1997. Ha sido consultor de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC) desde 1997 hasta 2010 y Vicedecano de innovación de la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB) desde mayo de 2007 hasta junio de 2013. Desde julio de 2013 ocupa el cargo de Adjunto de Innovación en la FIB. Tiene varias decenas de publicaciones relacionadas con sus temas de investigación, es revisor de numerosas conferencias y revistas nacionales e internacionales y autor y coautor de varios libros y capítulos de libro. Actualmente trabaja en el desarrollo de nuevas arquitecturas multihebra para procesadores VLIW, la sostenibilidad en las Tecnologías de la Información y la innovación en la educación universitaria. El Dr. Sánchez es miembro de AENUI, ha sido miembro del Comité Directivo de JENUI desde septiembre de 2006 hasta julio de 2015 y fue su presidente las ediciones 2011 a 2013, ha sido miembro del Comité de Organización y Programa de diversas conferencias y otros eventos nacionales e internacionales, es miembro de la ONG TxT (Tecnologia per Tothom) desde 2004 y ocupa la vicepresidencia desde 2013, es director del MAC (Museo de Arquitectura de Computadores) desde Febrero de 2006 y miembro de la junta directiva del Cercle Fiber-FIB Alumni desde Noviembre de 2002.



*David López* (Barcelona, 1967) es profesor titular de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Licenciado y doctor en informática (UPC 1991 y 1998 respectivamente), imparte clases desde 1991.

Aunque su tesis versó sobre compilación y arquitecturas para códigos numéricos, en 2004 dio un giro radical a su investigación dedicándose a la educación, la ética y la sostenibilidad en la informática, habiendo publicado más de 80 artículos científicos y divulgativos en esta nueva etapa. Ha impartido más de un centenar de talleres y conferencias en el tema de competencias transversales, especialmente en temas de sostenibilidad y comunicación. Es responsable de la competencia Comunicación en la Facultat d'Informàtica de Barcelona. En la actualidad, es presidente de la ONG Tecnología para Todos (TxT) y director del Instituto de Ciencias de la Educación de la UPC.

El Dr. López es miembro de las asociaciones AENUI, SEFI y

ASEE.



2016 F. Sánchez, D. López. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-

SinObraDerivada 4.0 Internacional que permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra en cualquier medio, sólido o electrónico, siempre que se acrediten a los autores y fuentes originales y no se haga un uso comercial.