

El proyecto Descartes: 10 años innovando con TIC

José R. Galo Sánchez¹ y Juan Madrigal Muga²

¹ Proyecto Descartes, ISFTIC, C/Torrelaguna, 58, 28027 Madrid, jose.galo@roble.pntic.mec.es

² Área de experimentación e innovación, ISFTIC, juan.madrigal@isftic.mepsyd.es

Resumen

El proyecto Descartes es un proyecto colaborativo, promovido por el ISFTIC, cuyo principal objetivo es promover nuevas formas de enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas integrando las TIC en el aula como herramienta didáctica. Surge en 1998 y durante los diez años transcurridos ha fomentado la innovación entre el profesorado buscando el cambio metodológico en y desde el aula. El desarrollo del *nippe* Descartes, ha permitido que el profesorado elabore recursos didácticos interactivos y, apoyándose en ellos, abordar planes de experimentación en los que se ha verificado que cuando el profesorado cuenta con el apoyo y formación adecuada adquiere una iniciativa que rompe la inercia organizativa, introduciendo cambios que causan impacto en la práctica docente y que se propagan al alumnado mejorando la actitud y el rendimiento, estimulando su aprendizaje y permitiendo una atención más personal y diversa.

PALABRAS CLAVE: Descartes, Innovación, Experimentación.

1. Introducción

Durante los últimos veinticinco años el Ministerio de Educación, Política Social y Deporte ([MEPSYD](#)) de España ha puesto en marcha numerosos proyectos para promover la utilización de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) como recurso didáctico. Desde el año 1985 que se implantó el proyecto Atenea se ha ido adquiriendo experiencia sobre cuáles son las aplicaciones que son útiles en las aulas, analizando las ventajas e inconvenientes que presenta el uso del ordenador con el alumnado y las estrategias más convenientes para la implantación de las TIC en los centros, así como las dificultades que surgen en el desarrollo de las herramientas y los materiales para el aprendizaje. Sin embargo, después de tantos años, se constata que la repercusión del ordenador en la educación no es comparable a la alcanzada en otros ámbitos, sobre todo en aquellas actividades en las que, como ocurre en nuestra profesión docente la información es el elemento esencial. Ello se refleja no sólo a nivel local, sino globalmente como puede consultarse en diversos estudios como en los informes de la [OCDE \(2004\)](#) y [\(2006\)](#) donde se marca mucho retraso en la utilización de las TIC como medio didáctico.

El [Proyecto Descartes](#) (1998) —proyecto colaborativo adscrito al Área de Experimentación e Innovación del [Instituto Superior de Formación y Recursos en Red del Profesorado](#) (ISFTIC), dependiente del MEPSyD— surge con la intención de romper esa tendencia aprovechando las circunstancias que se dan en los finales del siglo XX e inicio de este siglo, circunstancias tanto económicas y tecnológicas como sociales —abaratamiento de los equipos informáticos, acceso a líneas de alta velocidad para la transmisión de datos y generalización del uso de Internet—, inducidas por esa

utilización generalizada del ordenador y de Internet en nuestra sociedad y, en particular, por el interés de muchos profesores de matemáticas por las TIC. Y es en ese contexto donde desde el proyecto Descartes se marca el principal objetivo: **promover nuevas formas de enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas integrando las TIC en el aula como herramienta didáctica.**

Para conseguir el objetivo marcado se desarrolló, y sigue mejorándose, una herramienta o núcleo interactivo para programas educativos (*nippe*) de nombre Descartes que ha permitido elaboración de materiales didácticos interactivos que son controlables por el profesorado en un tiempo razonable y son fáciles de usar por el alumnado, cubren los contenidos del currículo de Secundaria y Bachillerato, son adaptables y admiten el uso de diferentes modelos y metodologías. La difusión de esos recursos, y del proyecto en sí, se ha realizado mediante la página web del proyecto (<http://descartes.enice.mec.es>) y por los cursos de formación a distancia del ISFTIC, cursos en los que la experimentación e innovación siempre se ha introducido mediante una práctica obligatoria que comprende la programación didáctica, el desarrollo y la evaluación de una experiencia en el aula, si bien ésta es de corta duración.

Pero el salto cualitativo que potencia la búsqueda innovación educativa se produce en el año 2005 donde, por iniciativa del Proyecto Descartes, el entonces denominado Ministerio de Educación y Ciencia, actualmente MEPSYD, junto a la [Consejería de Educación de la Junta de Andalucía](#) (CEJA), a través de su Dirección General de Innovación y Formación del Profesorado, promovió la [“Experimentación Descartes en Andalucía”](#) o EDA. Ésta experimentación se centró en la detección de las necesidades para la implementación del aprendizaje de las Matemáticas, así como de sus efectos en ese aprendizaje, en un grupo numeroso de centros y en un periodo temporal y ámbito geográfico amplio, usando los recursos TIC de *Descartes*. Se verificó la hipótesis planteada de que cuando el profesorado cuenta con el apoyo y formación adecuada adquiere una iniciativa que rompe la inercia organizativa, introduciendo cambios que causan impacto en la práctica docente, cambios que se propagan al alumnado mejorando la actitud y el rendimiento, estimulando su aprendizaje y permitiendo una atención más personal y diversa (Galo (2008) y Galo *et al.* (2007)). Fue el inicio de una intensa actividad en el desarrollo de planes de experimentación e innovación en la que la experiencia adquirida ha servido para la extensión a más comunidades autónomas y a más asignaturas en un proyecto más global, que mantiene igual acrónimo EDA, pero cuyo significado cambia a [“Experimentación DidáTICa en el Aula”](#) entrelazando y uniendo a diferentes proyectos del ISFTIC (Descartes, Malted y Newton) y conformando una red de de profesorado innovador denominada [“hermanamientos escolares desde las aulas”](#) (heda).

2. Diez años con Descartes. Un nuevo contexto educativo, un nuevo aprendizaje.

El proyecto Descartes ha cumplido su décimo aniversario. Diez años nos sitúan, en nuestra escala de medida humana, en la niñez. No es mucho, pero para un proyecto TIC ciertamente acerca a la madurez, pues bien sabemos que las nuevas tecnologías envejecen casi a la misma velocidad de la energía que les da “vida”. Afortunadamente aquí estamos después de diez años, diez años de ilusiones, y siempre buscando aportar cosas nuevas, de calidad, para nuestro mundo educativo.

Y dada nuestra “niñez”, para nuestro cumpleaños, nos han regalado una magnífica [locomotora de vapor](#), muy particular, pues sus ruedas son poligonales (ver figura 1). Quizás sea un regalo envenenado, pues dicen que su uso ha sido objeto de innumerables reclamaciones por parte de sus usuarios, quienes alegan que son objeto de múltiples vaivenes que ponen en peligro su integridad. ¿Desechamos este regalo y lo donamos al museo de objetos inútiles o imposibles? O quizás sea mejor que acudamos a nuestras queridas Matemáticas y nos preguntemos: ¿Qué forma ha de tener la vía sobre la que apoye una rueda poligonal para que el eje permanezca siempre a la misma altura?...



Figura 1. Logotipo del proyecto Descartes junto al del ISFTIC y MEPSYD enmarcando una imagen del regalo del décimo aniversario: la [locomotora de vapor con ruedas poligonales](#).

El párrafo anterior contiene el inicio del planteamiento de una actividad interactiva con Descartes que es imposible de reproducir en un medio estático como esta comunicación, sólo si puede acceder mediante [un hipervínculo](#) (lo que le invitamos a hacer) podrá experimentar el potencial educativo de las escenas de Descartes, podrá captar cómo es posible motivar, generar inquietudes, buscar dar respuestas, investigar, aprender provocar un aprendizaje significativo. En definitiva conjugar “enseñar a aprender” con “aprender a aprender” y cerrar el ciclo con “aprender a enseñar”.

Sí, Descartes motiva la necesidad de aprender, pues permite plantear simulaciones y modelar situaciones que introducen inquietud y deseo de conocer, y se puede motivar el aprendizaje haciendo fáciles aspectos usualmente tediosos y mostrando contextos que sólo la paciencia de un amanuense lograría, y que difícilmente podrían lograrse en contextos educativos tradicionales. Por ejemplo: ¿Hasta cuántas filas del triángulo de Pascal o de Tartaglia suelen ustedes reflejar en clase? ¿Han visto ustedes cuáles son los números de este triángulo que son congruentes módulo 2, o 3 o 4 o 5,...? En la escena “[el color de los números](#)” (ver figura 2) puede fácilmente interactuar, variar las condiciones, observará los cambios, podrá asombrarse de lo que verá, podrá sentir esa inquietud por conocer y aprender. Descartes aminora las dificultades y permite el acceso a un nuevo entorno educativo: ¿No es interesante y atractiva la regularidad fractal que parece presentar la congruencia en el triángulo de Pascal? ¿No les inquieta y están interesados en aprender lo que aporta este ejemplo?

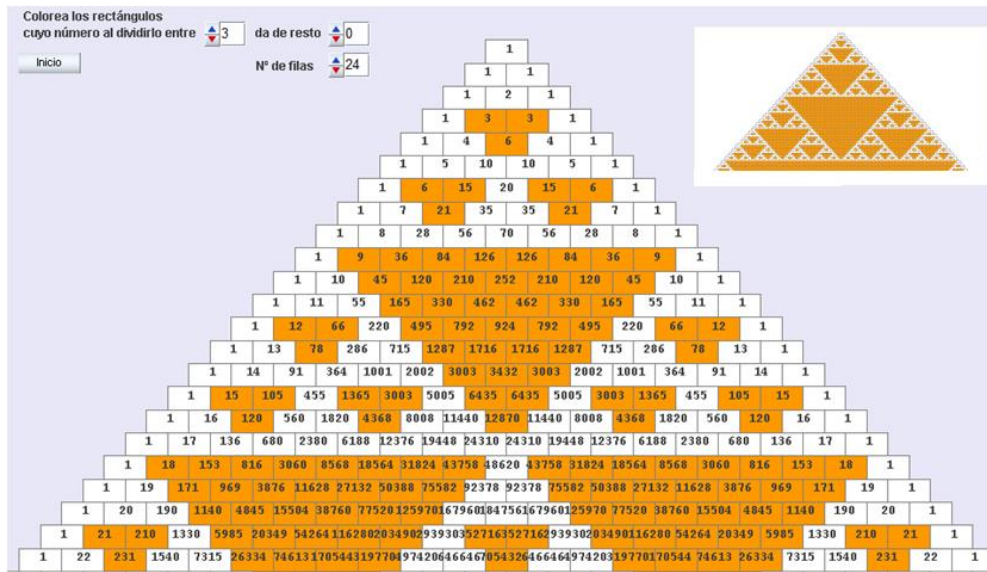


Figura 2. El [color de los números](#) en el triángulo de Pascal o de Tartaglia. En la imagen se destacan aquellos números que son congruentes módulo tres, y en la esquina superior derecha se refleja un detalle de la estructura fractal que aparenta.

Descartes motiva la necesidad de enseñar, de contar la experiencia adquirida al interactuar con las escenas. Y la combinación de medios y procedimientos puede potenciar la formación en competencias del alumnado, por ejemplo el uso de Descartes en una pizarra electrónica favorece la expresividad del alumnado, su interés por comunicar y transmitir lo aprendido, a la vez que esta acción mejora la calidad de su aprendizaje. Pero no necesariamente se requiere el uso de esa pizarra, basta e incluso es mejor compartir la interacción con el compañero o compañera para introducir la necesidad de debatir, de colaborar y obtener conclusiones y sentir la necesidad de su confrontación y difusión. En la figura 3 se refleja una instantánea de una [actividad premiada por el ISFTIC](#) en la que el soporte de trabajo son escenas de Descartes y donde el alumnado rebosa ilusión, ganas y sapiencia.

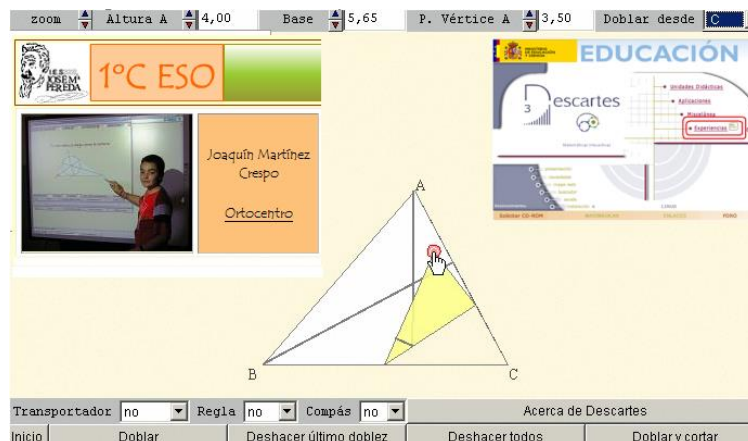
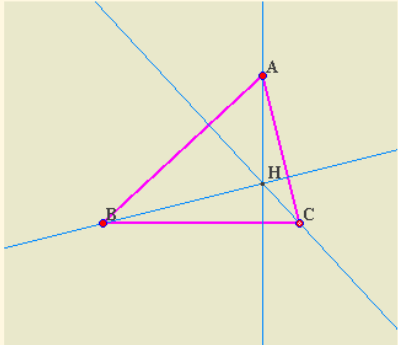


Figura 3. Trabajo con escenas de [Descartes en una pizarra interactiva](#).

O, con Descartes, podemos introducir la necesidad de aprender investigando, de descubrir. Y es necesario incidir en esta idea porque estimamos que es la idea básica y fundamental en la comprensión de lo que podría ser una incorporación positiva de las

TIC en el aula, una incorporación coordinada y aunada con un cambio metodológico. Aporten los recursos adecuados a su alumnado y permitan que jueguen, se diviertan y motívenlos para que ellos mismos descubran propiedades, y con ese descubrimiento asienten su aprendizaje y vayan acostumbrándose a la necesidad de reflexionar, analizar y construir en y sobre el mundo en el que vivimos. Faciliten a sus alumnos, por ejemplo, la escena que permite la determinación de la [posición relativa del ortocentro](#), de la que mostramos una imagen en la figura 4, y bien proporcionándoles la guía ahí indicada, o mejor sin ella, permitan que construyan Matemáticas.

Aprendizaje significativo con Descartes



El ortocentro de un triángulo es el punto donde se cortan sus alturas.

El ortocentro puede estar dentro o fuera del triángulo.

Si está dentro el triángulo es _____

Si está fuera el triángulo es _____

También puede coincidir con un vértice, si esto ocurre, el triángulo es _____

Figura 4. Investigación con escenas de Descartes. Determinación de la [posición relativa del ortocentro](#) según el tipo de triángulo.

En la escena desplazemos un vértice y observemos la posición del ortocentro. ¿Cuándo se dan las circunstancias indicadas en el texto de dicha escena? ¡Fijémonos! (*desplazando el vértice C hacia la izquierda*)... El ortocentro está... dentro... coincide... y... está fuera.

La reflexión, el diálogo con nuestro compañero o compañera “investigadora” permite la búsqueda de lo que Martin Gardner denominó “La inspiración ¡Ajá!” o lo que ya Arquímedes experimentó y usó para transmitir su alegría ante el descubrimiento, y podremos gritar con él: ¡EUREKA!, al concluir que el ortocentro estará dentro si el triángulo es acutángulo, coincidirá cuando sea rectángulo y estará fuera cuando es obtusángulo. ¡EUREKA!

Y es esencial poner de manifiesto que aquí la labor del profesor cambia, deja de ser el transmisor y su labor se sitúa en la de orientador, moderador y supervisor del debate, y además ha de promover la crítica y la necesidad de profundización. Por ejemplo, se nos podría ocurrir preguntar a nuestros alumnos: ¿Seguro que cuando el ortocentro es uno de los vértices ese ángulo es rectángulo? ¿Por qué? ¿No podría ser de $89^\circ 59'$? Y con ello promover la necesidad de crear argumentaciones que convencan a los demás, es decir, marcar la necesidad de una formalización y de una demostración sin la cual no es suficiente la formulación o afirmación de propiedades o Teoremas. O también podemos promover la investigación ampliando con cuestiones como: ¿Pasará eso con los otros puntos notables del triángulo? ¿Ocurrirá con el circuncentro? ¿Podría ser con el incentro? ¿Y con el baricentro?

Con este cambio metodológico también nos alejamos o aminoramos la concepción, que usualmente se transmite, aunque sin intención, de que la ciencia es un cuerpo cerrado en el que todo está descubierto. Contrariamente, contribuimos a que nuestro alumnado se acostumbre a sentir que el estudio, la investigación conduce a la resolución de problemas, que ellos son parte activa y pueden y deben contribuir al avance y mejora de nuestra Sociedad.

Por otro lado, si adicionalmente a la interactividad de las escenas de Descartes, éstas se complementan con aleatoriedad obtendremos tipos de ejercicios que cambian sus datos en cada instancia o ejecución. Ello permite que el alumnado pueda repetir el ejercicio tantas veces como considere necesario hasta que adquiere o comprende el concepto implícito en él. Y añadiendo una corrección automática también se permite un aprendizaje autónomo del alumnado. Un aprendizaje que puede enmarcarse en el constructivismo, aunque a veces sea guiado, por ejemplo, si tenemos como objetivo el aprendizaje de la relación de Euler para poliedros simples podemos acudir a una escena —pendiente de publicación, pero de la que [podemos observar](#) dos imágenes de ella en la figura 5— que marque la necesidad de contar las caras, aristas y vértices de un poliedro simple, y dirigir o provocar que el alumnado sea el protagonista de la obtención de esta relación, en lugar de enunciarla, ¡nuevos Euler conviven con nosotros!. Y para ello en diferentes instantes se trabaja con distintos poliedros y se van reflejando los datos en la propia escena o en una hoja de actividades, la cual puede adicionalmente servir de registro del trabajo, y de guía de estudio y repaso.

Y una vez determinada dicha relación, esta actividad puede completarse con un ejemplo en el que la relación de Euler no se cumpla, pudiéndose dirigir al alumnado a la crítica o necesaria discriminación de cuando un poliedro cumple o no esa condición.



Relación de Euler .

Describe el poliedro y contabiliza sus elementos

Tipo de poliedro	Caras	Vértices	Aristas	Caras+Vértices
prisma eneagonal	11	18	27	29
pirámide heptagonal	8	8	14	16
prisma exagonal	9	12	18	21
prisma cuadrangular	6	8	12	14
prisma	0	0	0	0

Relación de Euler .

Relaciona el número de caras, vértices y aristas

Tipo de poliedro	Caras	Vértices	Aristas	Caras+Vértices
prisma eneagonal	11	18	27	29
pirámide heptagonal	8	8	14	16
prisma exagonal	8	12	18	20
prisma cuadrangular	6	8	12	14
prisma octogonal	10	16	24	26

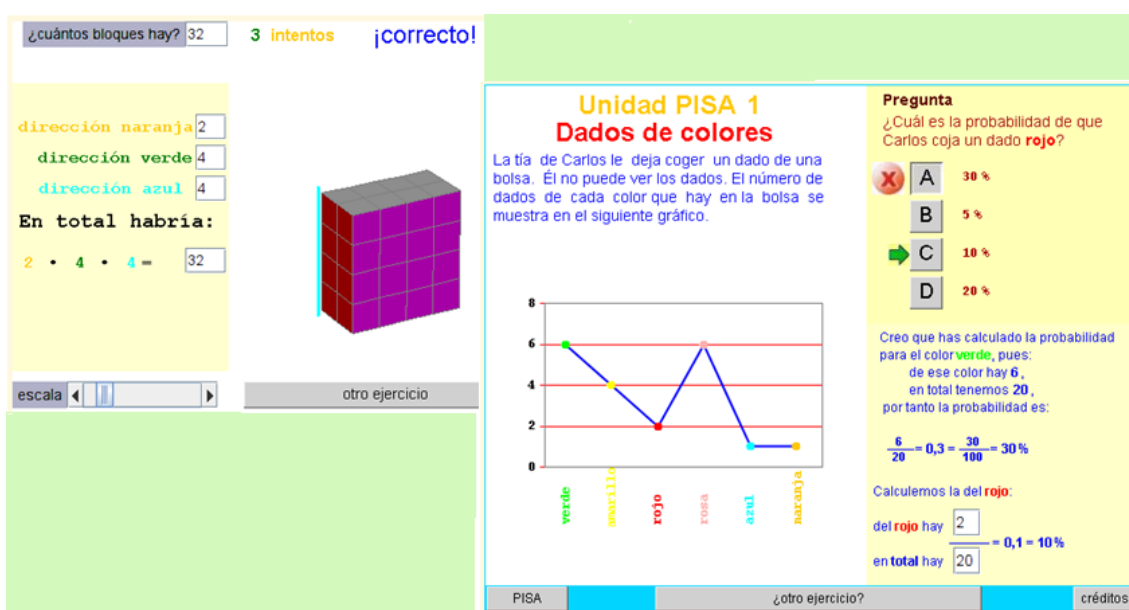
Relación de Euler $C + V = A + 0$

Figura 5. Interactividad, aleatoriedad y corrección automática para promover el aprendizaje significativo. Obtención de la relación de Euler

Pero una mera corrección sumativa no siempre es el camino óptimo para el aprendizaje, por ello la elaboración de materiales que apoyen y refuercen una evaluación formativa pueden ser conducentes a una verdadera formación de calidad. Y como muestra de ello podemos mostrar dos ejemplos:

- Uno primero que puede servir para fomentar la percepción visual y de [introducción al concepto de volumen](#). En ella el objetivo es contar el número de bloques que componen este ortoedro. Se permite al usuario varios intentos y si no acierta la escena le ayuda a aprender cual puede ser un proceso adecuado para obtener la respuesta (ver la imagen izquierda de la figura 6).

- Y si nos adentramos en el programa internacional de obtención de indicadores del rendimiento del alumnado, conocido usualmente como PISA, que por su contexto y objetivo es una evaluación meramente sumativa, con Descartes lo introducimos en el aspecto formativo de la evaluación. En la escena que se refleja en la imagen derecha de la figura 6 y que se corresponde con la unidad PISA titulada “[caramelos de colores](#)”, además de introducir una amplia aleatoriedad tanto en los planteamientos, como la forma de representar la información y en las preguntas realizadas (lo que convierte una unidad estática en un objeto de aprendizaje dinámico), cuando el usuario elige la respuesta que estima correcta, la escena de Descartes procede a su corrección, pero tanto si acierta (que podría ser por mera casualidad) como si falla se aporta información del proceso necesario para obtener la solución o se obliga a explicar el camino de obtención del resultado. Descartes evalúa y forma.



The screenshot shows the Descartes software interface. On the left, there is a problem-solving area with input fields for 'dirección naranja' (2), 'dirección verde' (4), and 'dirección azul' (4). Below these, it says 'En total habría: 2 * 4 * 4 = 32'. A 3D cube is shown. On the right, the 'Unidad PISA 1 Dados de colores' is displayed. It includes a line graph with the following data points: verde (6), amarillo (4), rojo (2), rosa (6), azul (1), and naranja (1). To the right of the graph is a 'Pregunta' section: '¿Cuál es la probabilidad de que Carlos coja un dado rojo?'. Four options are listed: A (30%), B (5%), C (10%), and D (20%). Option C is selected. Below the options, there is a feedback message: 'Creo que has calculado la probabilidad para el color verde, pues de ese color hay 6, en total tenemos 20, por tanto la probabilidad es: $\frac{6}{20} = 0,3 = \frac{30}{100} = 30\%$ '. Below this, another calculation is shown: 'Calculemos la del rojo: del rojo hay 2, en total hay 20 = $0,1 = 10\%$ '.

Figura 6. Evaluación formativa con Descartes.

Y podríamos prolongar la presentación de la amplia diversidad cartesiana, pero lo que hemos de remarcar es que la herramienta no es más que un recurso a partir del cual se pueden desarrollar unidades didácticas interactivas, que ésta es la excusa o el medio para lo esencial, para el objetivo principal, que es la “Innovación en el aprendizaje de las Matemáticas” fomentando la práctica TIC en el aula. Descartes es un proyecto de Educación Matemática con TIC.

3. Objetivos, diseño y acciones del proyecto Descartes

Como ya hemos indicado los materiales educativos elaborados con Descartes, de los que hemos citado una pequeñísima muestra en el apartado anterior, constituyen sólo una línea auxiliar, aunque como es obvio muy llamativa, del proyecto en sí. Así pues, quizás, para conocer el proyecto sea necesaria abordar una descripción algo más detallada que permita su ubicación.

Para su diseño se tuvo en cuenta la experiencia acumulada y las conclusiones de otros proyectos realizados y se tomó como premisa fundamental la búsqueda de aceptación

del profesorado, de forma que las decisiones que se han ido adoptando han ido teniendo ese referente. Se consideró que debían satisfacerse las siguientes condiciones, las cuales se cumplen en gran medida:

- Las herramientas para generar materiales didácticos deben ser multipropósito, es decir, que sirvan para tratar todos los temas de currículo de matemáticas.
- Los materiales didácticos producidos deben ser interactivos, basados en la visualización y en la interacción con los objetos matemáticos.
- La creación de nuevos materiales didácticos debe ser un proceso relativamente sencillo para un profesor de matemáticas con alguna experiencia con el ordenador, por ejemplo, haber usado algún paquete ofimático, un lenguaje de programación o similar.
- Los materiales didácticos que se obtengan con esas herramientas también deben ser editables, es decir, que ofrezca a cualquier profesor la posibilidad de organizar las actividades y adaptarlas a la metodología que le parezca más adecuada para los alumnos a los que van dirigidos.
- La adaptación de los materiales didácticos debe requerir poco tiempo al profesor, algo análogo al uso de un procesador de textos.
- La interfaz de los materiales didácticos debe ser muy intuitiva para el alumnado, muy sencilla de utilizar y que sea transparente en el aprendizaje de los contenidos matemáticos.
- Debe ofrecerse un conjunto numeroso de materiales didácticos que cubran la mayor parte del currículo de Matemáticas, con distintos enfoques y metodologías, para que el profesor siempre encuentre algún material que pueda utilizar con sus alumnos.
- Debe aprovecharse el trabajo realizado por el profesorado, de forma que puedan reutilizar los materiales y documentación generados por otros profesores y profesoras.
- La difusión del proyecto y de los materiales generados debe hacerse de forma generalizada, que cualquiera pueda acceder a ellos con facilidad, sin coste económico y con bajo coste en tiempo.
- Debe compensarse el esfuerzo que realiza el profesorado para incorporarse a esta nueva forma de trabajo con créditos de formación y/o innovación a través de cursos a distancia o presenciales.

Para satisfacer estas condiciones y siendo conscientes de que el cambio metodológico que se pretendía, pretende, promover no es fácil de conseguir, ni puede obtenerse a corto plazo, se han de ir dando los pasos necesarios para que los profesores vayan tomando conciencia primero y asumiendo después la importancia que las Tecnologías de la Información y de la Comunicación tienen en las actividades de enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas, y por ello se consideró que había cinco acciones imprescindibles, inicialmente consecutivas, que constituyeron el núcleo del proyecto y que actualmente se desarrollan simultáneamente todas ellas:

- Elaborar una herramienta de desarrollo de programas o recursos educativos que fuera versátil y asequible para que el profesorado pudiera desarrollar sus recursos o modificar los existentes.
- Establecer un sistema de publicación, difusión y distribución de recursos universal.
- Facilitar que los usuarios y usuarias (alumnado y profesorado) dispusieran de un sistema de acceso, fácil de utilizar y barato.

- Organizar la formación del profesorado con cursos a distancia, utilizando la propia red.
- Fomentar la experimentación e innovación en el aula, permitiendo compartir experiencias y su difusión a la comunidad educativa.

Estas acciones se abordaron, se abordan, en sendas líneas de trabajo, concretadas en:

- La creación del [nippe Descartes](#), una herramienta desarrollada en lenguaje *Java* —lo que permite portabilidad entre sistemas operativos gracias a su máquina virtual— y que es un generador de *applets* que se insertan en páginas *web*. Una herramienta que permite generar aplicaciones educativas variadas y atractivas y que, además, es fácil de usar para el profesorado. El programa generado es probablemente el más potente de su género que existe en la actualidad, ha sido pionero en Internet y muchos de los programas existentes han ido incorporando las novedades que en esta herramienta se han desarrollado. Es un entorno muy fácil de usar como lo demuestran los trabajos presentados por el profesorado (como alumnado formándose en los cursos a distancia) que con pocas horas de formación han hecho aplicaciones magníficas. Es un entorno diseñado por profesorado de matemáticas para profesores y profesoras de matemáticas lo que facilita su comprensión y utilización, pero es una herramienta multipropósito sobre la que se han elaborado recursos tanto en las diferentes ramas del conocimiento científico como el ámbito humanístico.
- El desarrollo de [numerosos ejemplos](#) que pueden ser utilizables directamente en el aula. Con este proyecto se ha pretendido dotar al profesorado de Matemáticas de los materiales didácticos suficientes para que cualquiera que lo desee pueda utilizarlos con la mayor facilidad posible para enseñar y aprender matemáticas, bien usando directamente los materiales didácticos desarrollados por otros, bien adaptando los materiales ya existentes a sus necesidades o bien desarrollando materiales originales. El equipo de desarrollo, el grupo Descartes, es un equipo abierto donde todo el profesorado interesado puede participar; todos son profesores y profesoras de Matemáticas en activo, que pertenecen a la mayoría de las comunidades autónomas, gran parte reclutados entre los que obtuvieron los mejores resultados en los cursos de formación realizados. Los materiales se pueden generar en todas las lenguas del estado, ya que el *nippe* puede configurarse en cada una de ellas.
- La difusión de toda la información y toda la documentación producida en el proyecto a través de un [Centro Servidor de Internet](#) de acceso libre (cuya dirección es <https://proyectodescartes.org>). También se atienden todas [las dudas y preguntas](#) que formulan desde muchísimas partes del mundo tanto responsables de política educativa como profesorado, alumnado o padres y madres. Los indicadores de accesos a la web indican que el proyecto es cada vez más utilizado, con una media mensual que supera el medio millón de visitas mensuales, aún cuando se puede descargar todo el contenido de toda la web para su trabajo en local y existiendo copias de nuestra web en servidores por ejemplo de los servicios educativos de educación de las comunidades autónomas con el objetivo de aportar un servicio integrado en su *intranet* a través de servidores de contenidos de centros TIC.
- Difusión de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación y las ventajas de uso de la red *Internet*, animando al profesorado a conocer y utilizar los materiales didácticos mediante [cursos formación a distancia](#), presenciales o de autoformación, impartidos por el ISFTIC bien mediante convocatoria directa de este organismo o mediante convenio con las comunidades autónomas y con diferentes países. Hasta el

momento ha habido cursos de Descartes en la mayor parte de dichas comunidades, con más de tres mil profesores formados. Hay un [curso básico](#) que capacita para conocer y adaptar los materiales didácticos y un [curso avanzado](#) que forma para la creación de materiales didácticos nuevos y originales. Adicionalmente se cuenta con manuales técnicos y tutoriales sobre la herramienta. Los materiales elaborados por el profesorado que aborda esta formación y sus experiencias son también publicados en la web Descartes.

- Fomento de la experimentación en el aula usando los materiales desarrollados. Siendo conscientes de las dificultades de todo tipo que surgen para poder realizar experimentación con alumnos usando los ordenadores, hemos iniciado la experimentación general incluyéndola en los cursos de formación, buscando paliar en lo posible los inconvenientes que tiene un profesor cuando, sin ningún apoyo externo, decide impartir sus clases en un aula dotada con recursos TIC. Consideramos que se requiere una preparación y apoyo para realizarla, con garantías de éxito, por lo que se ha diseñado un curso de formación para la ayuda a la elaboración y desarrollo de planes de experimentación: [Descartes en el aula](#).

Profundizaremos en dos de estas acciones (la herramienta y los recursos), y no nos adentraremos más, de lo ya indicado, en el apartado relativo a los planes de experimentación e innovación, pues estos se presentan en otra comunicación específica de estas Jornadas.

a. La herramienta: el *nippe* Descartes

Como ya indicamos la palabra *nippe* es el acrónimo de "núcleo interactivo para programas educativos". El *nippe* Descartes es un programa realizado en lenguaje Java que permite crear [escenas interactivas](#), a modo de pizarras electrónicas las cuales se pueden insertar en páginas *web*. Cada una de estas escenas es un pequeño programa que se denomina *applet*, en Internet existen numerosos *applets*, algunos son interactivos, es decir que permiten al usuario modificar algún parámetro y observar el efecto que se produce en la pantalla, pero lo que caracteriza a Descartes es que, además, es configurable, es decir, que los usuarios y usuarias pueden "programarlo" para que aparezcan diferentes elementos y distintos tipos de interacción, y esa configuración se realiza también de manera interactiva. Inicialmente se creó con la principal finalidad de la generación de actividades relacionadas con la representación gráfica de funciones, pero a lo largo de su desarrollo, se han ido incorporado otras utilidades como herramientas geométricas, cálculo algorítmico, representación en tres dimensiones, gestión de variables alfanuméricas, cálculo matricial, sonido, etc. Es una herramienta que es capaz de producir una gran variedad de aplicaciones educativas como se puede observar en los diferentes apartados de la web Descartes, en particular en el de [unidades didácticas](#), en las aplicaciones y en la [miscelánea](#), que describimos posteriormente.

Desde que en julio de 1998 se inició el proyecto Descartes, el *nippe* ha ido progresivamente transformándose e incorporando nuevos objetos y nuevas funcionalidades. Hasta la fecha se han desarrollado cuatro versiones:

- La versión primigenia, **Descartes 1**, se caracterizaba por un procedimiento de edición esencialmente textual que requería cierta experiencia informática y la memorización de la sintaxis de las instrucciones a utilizar. Se contaba con un editor en un contexto incipiente de ventanas, pero con una edición de las instrucciones caracterizada por la escritura de órdenes según una sintaxis estricta. En la figura 7

se muestra una imagen de una escena de esta versión y abierta la ventana de edición correspondiente a la opción de curvas, la cual refleja la orden necesaria para representar la circunferencia de color verde representada en dicha escena. La web Descartes de esa época (<http://descartes.cnice.mec.es/Descartes1/>) creció rápidamente con muchas unidades didácticas que ayudaron a ir conformando el proyecto y a establecer las líneas fundamentales de trabajo.

- Durante el año 2001 se desarrolló la segunda versión de Descartes que es la que denominamos **Descartes 2**, ésta se caracterizó porque introdujo una interfaz de comunicación con el programa, fácil de utilizar, que oferta los parámetros correspondientes de cada instrucción y es el editor el que internamente construye la instrucción, de esta manera se facilita la edición y el desarrollo de escenas, posibilitando al profesorado el acceso a éste sin necesidad de conocer lenguajes de programación o tener conocimientos informáticos amplios. La herramienta centra el desarrollo en los contenidos y no en el soporte informático. Se incrementaron también las posibilidades de representación y programación, respecto de la primera versión. En la figura 8 se refleja una escena con esta versión y en la ventana de edición se refleja la construcción de una circunferencia de color verde como elemento comparativo con la versión 1, reflejada en la imagen de la figura 7.

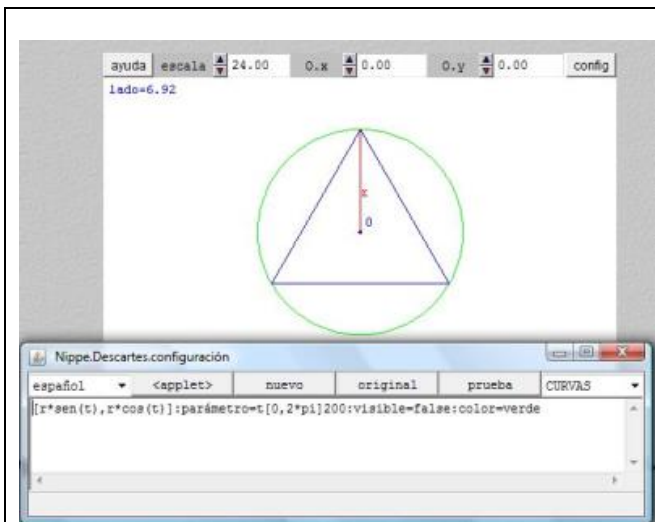


Figura 7. Escena desarrollada con Descartes 1 y entorno de edición de esa versión.

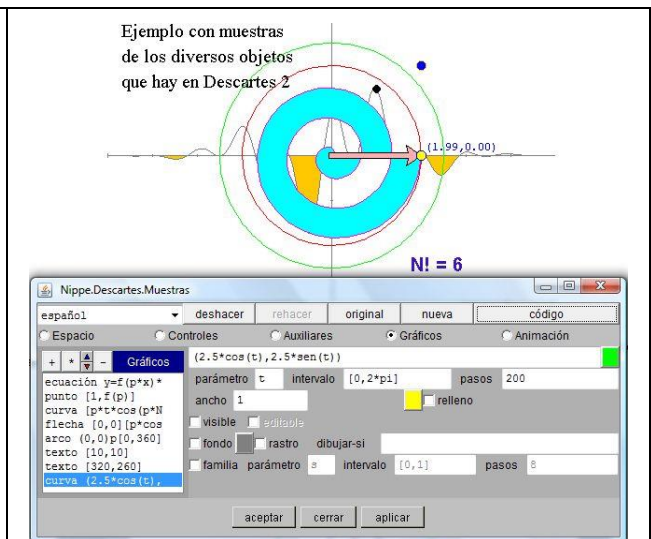


Figura 8. Escena desarrollada con Descartes 2 y entorno de edición de parámetros de esa versión.

- Durante los años 2002 y 2003 se desarrolló la **versión 3 de Descartes** que además de permitir representar el espacio tridimensional, incluyó nuevas posibilidades de interacción y evaluación. Una imagen de una escena de Descartes 3 puede observarse en la figura 9.
- En los años 2004 y 2005 se abordó el desarrollo de un módulo para el estudio del Álgebra, **Descartes Álgebra**, buscando que el tratamiento de ese área se efectuara de manera más eficiente (ver figura 10.). Y se elaboró un editor de escenas interactivas, **Gescenas**, que permitiera guardar los cambios efectuados sin necesidad de acudir a un editor externo.

- En los años 2006 y 2007 se buscó que el nippe Descartes fuera modular permitiendo que cada material didáctico incorpore sólo aquellos módulos que necesite. Se abordó el registro de actividades de Descartes (RAD) para poder guardar información de lo que el alumnado realiza en su trabajo con las escenas, contando con un primer prototipo.

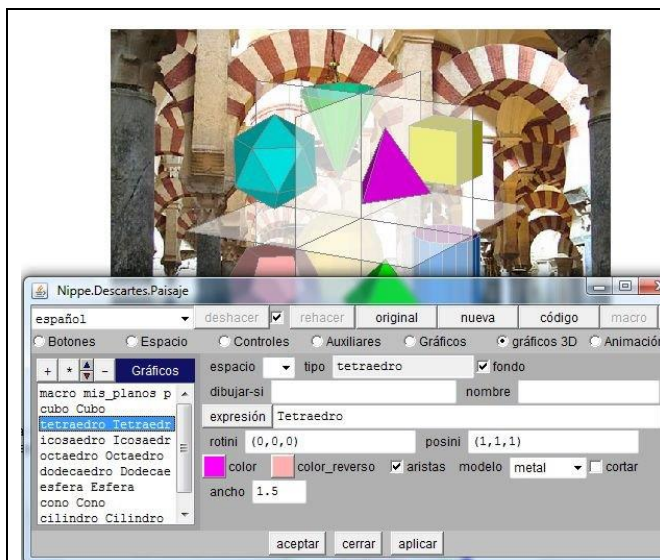


Figura 9. Escena desarrollada con Descartes 3 y entorno de edición de esta versión

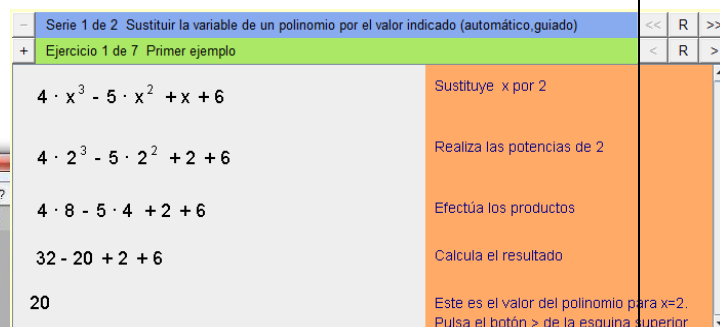


Figura 10. Escena desarrollada con Descartes Álgebra.

- Durante el año 2008 se mejoró e introdujeron numerosas funcionalidades al nippe las cuales permiten un diseño más creativo y el desarrollo de escenas estéticamente más atractivas y llamativas, se ha logrado que el aspecto gráfico externo sea el mismo independientemente del sistema operativo (Windows o Linux), Descartes Álgebra ha quedado integrado y se ha mejorado el registro de actividades. Todo ello llevó a optar por un cambio de versión, surgiendo **Descartes 4**. En la figura 11 se puede observar la imagen de una escena en esta versión.

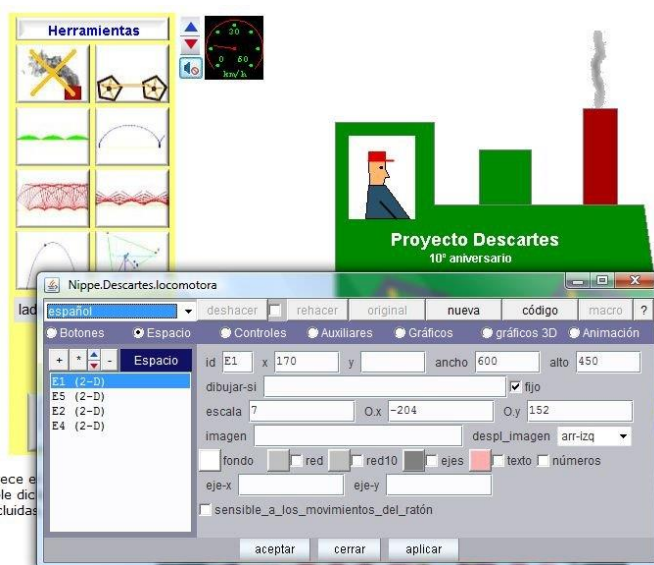


Figura 11. Escena desarrollada con Descartes 4 y entorno de edición de esta versión.

b. Los recursos educativos

Durante los diez años transcurridos en el desarrollo del proyecto Descartes se han elaborado un amplio bloque de recursos educativos, de materiales didácticos, para el aprendizaje de las matemáticas tanto para la enseñanza secundaria obligatoria como para bachillerato. Estos materiales se caracterizan porque:

- Son controlables por el profesor en un tiempo razonable.
- Son fáciles de usar por los alumnos y alumnas, no tienen que emplear tiempo en su aprendizaje.
- Cubren los contenidos del currículo correspondiente al curso donde se vaya a usar.
- Son adaptables por cada profesor a la didáctica y metodología que crea más conveniente para el alumnado con el que va a trabajar.

Además, su utilización favorece la posibilidad de usar metodologías:

- Activas, el alumno es protagonista de su propio aprendizaje.
- Creativas, los alumnos toman decisiones durante el proceso de aprendizaje.
- Cooperativas, se trabajan los conceptos y procedimientos por parejas o en pequeños grupos.
- Individualizadas, cada alumno puede ir a su ritmo y tener atención personalizada; la atención a la diversidad se convierte en una realidad.

En estos recursos los conceptos y cálculos “cobran vida” a través de escenas configurables que permiten a los alumnos investigar propiedades, adquirir conceptos y relacionarlos, aventurar hipótesis y comprobar su validez, hacer deducciones, establecer propiedades y teoremas, plantear y resolver problemas, en general, realizar todas las actividades propias de las clases de matemáticas.

En la web Descartes los materiales se presentan en dos bloques uno de materiales didácticos para el aula y otro para formación del profesorado (ver figura 12).

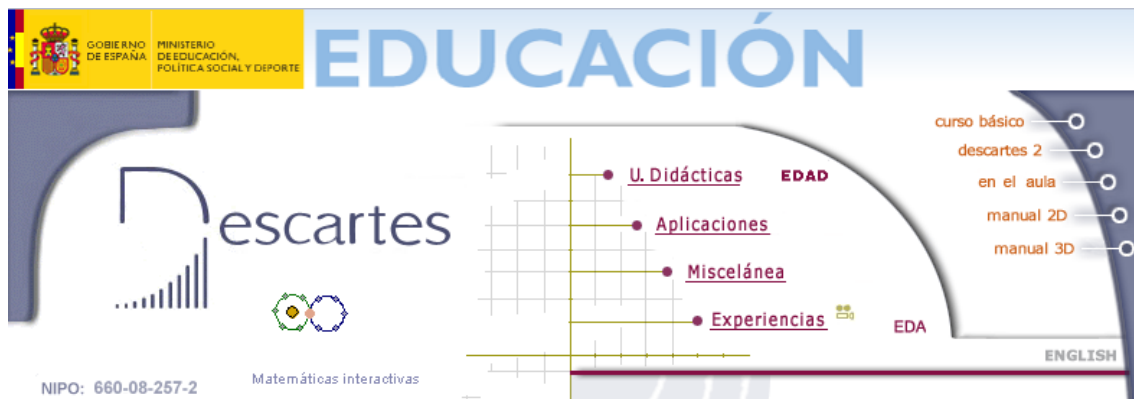


Figura 12. Zona de la página principal de la web de Descartes dedicada a los recursos educativos.

Materiales didácticos para el aula

- **Unidades Didácticas:** Desarrolladas en el ISFTIC con Descartes clasificadas por niveles y cursos. Como primer paso hacia un cambio metodológico más profundo se ha construido un **libro electrónico** con escenas interactivas que cubren casi todo el currículo de la Enseñanza Secundaria, se ha pretendido que sea un paso asumible por la mayor parte del profesorado de matemáticas, que haya materiales atractivos para el máximo número de profesores y que permita apreciar las posibilidades y potencia de la herramienta. No se ha impuesto a los creadores una metodología concreta, sino que cada autor ha utilizado la que ha creído más

conveniente, así se aprecia que es una herramienta muy versátil, que puede usarse tanto para impartir una clase magistral, como para la formación a distancia autónoma, pasando por distintas metodologías de trabajo en pequeño grupo, trabajo individual y cooperativo, enseñanza personalizada, etc.

- **Miscelánea:** Escenas aisladas que tratan aspectos muy variados del currículo de Matemáticas y que pueden servir para ilustrar conceptos y técnicas básicas, o para que construyan con ellas actividades y propuestas de trabajo en el aula. Pretende ser una **caja de herramientas matemáticas** que cada profesor puede utilizar como apoyo y refuerzo al trabajo diario. El profesor podrá disponer de escenas para crear sus propias lecciones, creando actividades para que el alumno investigue, deduzca y llegue a conclusiones por sí mismo.
- **Aplicaciones:** Desarrolladas por los profesores y profesoras que quieran publicar sus trabajos y donde se incorporan las unidades didácticas elaboradas por **los profesores-alumnos de los cursos**. Hay que resaltar la calidad de los trabajos realizados por éstos, ya que no se limitan a hacer el ejercicio final que se les pedía, como aplicación de programación del *nippe* Descartes, sino que, en muchos, casos han realizado Unidades Didácticas muy completas y con una presentación excelente.
- **Experiencias:** Se recoge aquí las experiencias llevadas a cabo por el profesorado con su alumnado. Se incluyen resultados de las experiencias **realizadas por los colaboradores** del grupo de Descartes y las que han realizado los profesores que han seguido los cursos de formación.
- **EDA (Experimentación Didáctica en el Aula):** Documentación completa de los Planes de Experimentación desarrollados en varias comunidades autónomas desde el curso 2005-2006. Se incluye toda la información generada por los profesores, por los observadores externos, por los asesores, tutores y el coordinador.
- **EDAD (Enseñanza con Descartes A Distancia):** Recoge los materiales de Matemáticas elaborados para el Centro para la Innovación y Desarrollo de la Educación a Distancia (CIDEAD) correspondientes a 4º de ESO opción B. Pronto se dispondrá de los cursos 1º a 3º de secundaria.

Materiales de formación para profesorado

- **Curso Básico:** Destinado a todos los profesores y profesoras, sea cual sea su experiencia con el ordenador, y enseña a utilizar los recursos de esta *web*.
- **Descartes 2:** En este caso se ofrece un curso que capacita para desarrollar aplicaciones con la versión 2 de Descartes.
- **Descartes en el aula:** Es el curso de ayuda a la experimentación con el alumnado en el aula. Requiere tener conocimiento de los materiales disponibles en la *web* y cómo utilizarlos, se recomienda haber realizado alguno de los dos cursos anteriores.
- **Manual versión 2:** En esta página se encuentra la **documentación técnica** de la versión **Descartes 2**. Para las personas que tengan alguna experiencia en programación es suficiente esta documentación para aprender a crear escenas.
- **Manual versión 3:** Presenta la **documentación técnica** de la versión **Descartes 3**. Se precisa conocer la versión Descartes 2, ya que la documentación parte de ese punto. Incluye también un tutorial con numerosos vídeos cuyo objetivo primordial es el aprendizaje en el desarrollo de escenas tridimensionales. Este tutorial es muy

aconsejable para todo aquel que desee profundizar en el desarrollo de escenas con Descartes.

- **Manual versión 4:** actualmente en elaboración.

Los materiales de la web Descartes están publicados con licencia *Creative-Commons* que permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra y hacer obras derivadas bajo las condiciones de **reconocimiento** —debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra)—, **no comercial** —no puede utilizar esta obra para fines comerciales— y **compartir bajo la misma licencia** —si altera o transforma la obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta—. Este tipo de licencia permite compartir los desarrollos, ampliar y mejorar.

4. Conclusiones

El proyecto Descartes ha marcado una pauta de trabajo en el proceso de innovación en el aprendizaje de las Matemáticas con TIC. Son diez años en los que la elaboración de materiales educativos, la formación del profesorado, la difusión y la acción en la necesidad de cambio y mejora, basada en las posibilidades metodológicas de las nuevas herramientas y mediante el cambio metodológico, ha marcado una pauta exitosa y optimista en numerosos ámbitos. Una mejora por la que seguir trabajando, ahora, inicialmente, con la vista puesta en la mayoría de edad.

5. Bibliografía

- Galo, J.R. (2008). Experimentación del proyecto educativo Descartes en el aula. *XII Congreso sobre Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas, Thales*. Sevilla.
- Galo, J.R., García-Mollá, J., Núñez, A. y Rodríguez-Aguilera, J. (2007). [La experimentación Descartes en Andalucía](#). *XIII Jornadas de Aprendizaje y Enseñanza de las Matemáticas (JAEM)*, Granada.
https://www.researchgate.net/publication/331074153_LA_EXPERIMENTACION_DESCARTES_EN_ANDALUCIA_EXPERIMENTING_WITH_DESCARTES_IN_ANDALUSIA
- OCDE (2006). [Are Students Ready for Technology-Rich World?: What PISA Studies Tell Us](#). París: OCDE.
<https://www.oecd.org/education/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/35995145.pdf>
- OCDE (2004). [Aprender para el mundo de mañana: Resumen de resultados- PISA 2003](#). Madrid: INECSE.
<http://www.mecd.gob.es/dctm/evaluacion/internacional/pisa2003resumenocde.pdf?documentId=0901e72b80110703>
- Proyecto Descartes (1998). [Web del proyecto](#). ISFTIC. Ministerio de Educación, Política Social y Deporte. Madrid.
<https://proyectodescartes.org/>