

EL METRO: PATRÓN INEXACTO PARA MEDIR EXACTAMENTE

José R. Galo Sánchez^{1,3}, Inmaculada Crespo Calvo², Juan J. Cañas Escamilla¹

ma1gasaj@uco.es, inmacrespo@auna.com, juanjesuscaes.averroes@juntadeandalucia.es

¹I.E.S. “Alhaken II” de Córdoba.

²I.E.S. “Pablo de Cespedes” de Córdoba.

³Universidad de Córdoba, Dpto. de Informática y Análisis Numérico.

Resumen

Las características intrínsecas de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación: interactividad, accesibilidad, comunicabilidad, integración multimedia e hipermedia, entorno colaborativo,... permiten el desarrollo de recursos educativos que impelen al profesorado no sólo a la introducción de nuevas herramientas en el aula, sino a la producción del cambio metodológico. La Consejería de Educación de la Junta de Andalucía fomenta la elaboración de recursos por y para la comunidad educativa. En esta comunicación presentamos una colección temática de objetos de aprendizaje desarrollada al amparo de la convocatoria de 2005. La motivación inicial se centra en la unidad de medida universal denominada *metro*, pero su génesis —la medición del cuadrante terrestre— conlleva una paradójica labor creando *un patrón inexacto para medir exactamente*, una quijotesca empresa que en la obtención de la unidad emplea una amplia diversidad de conocimiento, pero según Kronecker: “Dios creó el uno, el resto es obra del hombre”.

Palabras clave: Recursos educativos, TIC, metro, medida.

THE METRE: INEXACT STANDARD TO MEASURE EXACTLY

Abstract

The intrinsic characteristics of ICT (Information and Communication Technologies): interactivity, accessibility, communicability, multimedia and hypermedia integration, collaborative environment,... allow the development of educational resources that encourage teachers, not only to introduce new tools in their class, but to develop a methodological change. The “Consejería de Educación de la Junta de Andalucía” promotes the production of resources by and for the educational community. In this paper, we present a thematic collection of Learning Objects developed under the protection of the 2005 call. The initial motivation is focused on the universal measure unity called *metre*, but its origin —the measurement of the Earth's quadrant— implies a paradoxical task since it was created as an *inexact standard to measure exactly*, a quixotic task which uses a wide variety of knowledge to obtain the unit, but according to Kronecker: “God created the one, all else is the work of man.”

Keywords: Educational resources, ICT, metre, measurement.

Agradecimientos:

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía mediante:

- Proyecto AYU-044/05 para la elaboración de materiales y recursos educativos digitales en software libre.
- Proyecto de Investigación Educativa PIV-031/06

EL METRO: PATRÓN INEXACTO PARA MEDIR EXACTAMENTE

Las "Tecnologías de la Información y Comunicación" (TIC) engloban e intrínsecamente portan un numeroso conjunto de propiedades entre las cuales podemos citar: la capacidad de interactuar personas entre sí y con los sistemas informáticos, la accesibilidad local y remota junto a la interconectabilidad —que configura la aldea global (McLuhan, 1962)—, la comunicabilidad síncrona y asíncrona, la posibilidad de integración de recursos multimedia en una estructura hipermedia, potenciada, a su vez, mediante la disponibilidad de software que facilita la edición de esos recursos y permite su publicación y divulgación instantánea, la alternativa de configuración de entornos colaborativos, la controlabilidad telemática,... Y conjunta o separadamente estas propiedades conforman una trama con un potencial social y cultural que rápidamente se implanta y acomoda en nuestra sociedad, introduciendo cambios en nuestros modelos organizativos, en los procesos productivos, en los mecanismos de relación, en la ocupación y desarrollo del ocio, y en el ámbito que más directamente aquí nos atañe en la forma de aprender y en la de enseñar. Las TIC se constituyen en catalizadores de la "Sociedad del Conocimiento", permiten interactuar con el conocimiento para generar conocimiento.

En el contexto descrito, quedar al margen de la TIC se convierte en una nueva forma de analfabetismo y exclusión social y por consiguiente su incorporación en las aulas y los centros educativos se convierte en una prioridad para una sociedad que quiere ser protagonista de su futuro. Pero esta incorporación no puede limitarse sólo a la introducción de nuevas herramientas en el aula, sino que necesita propiciar la creación de nuevos entornos de enseñanza y aprendizaje, en los que cambiarán los papeles tradicionales de profesorado y alumnado. Las TIC no son sólo un recurso didáctico más, sino un instrumento de cambio. Y la consecución del cambio metodológico requiere la disponibilidad de nuevos recursos y materiales educativos a los que la comunidad educativa pueda acceder en condiciones de igualdad. En esta línea la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía (CEJA) ha puesto en marcha el Plan Educativo para el impulso de la Sociedad del Conocimiento y dentro de él ha establecido convocatorias anuales de ayudas al desarrollo de materiales y recursos educativos en software libre por y para la comunidad educativa.

En la convocatoria de la CEJA de 2005 (orden de 9 de marzo de 2005, BOJA núm. 62 de 31 de marzo) se indica que la experiencia adquirida «parece indicar que los recursos educativos de carácter “granular” conocidos como “objetos de aprendizaje” presentan numerosas ventajas frente a los tutoriales y trabajos más extensos tradicionales», por tanto allí se marcaba como preferencia la elaboración de recursos estructurados como una colección temática de estos objetos. Un objeto de aprendizaje se corresponde a una estructura independiente que contiene un objetivo, una actividad de aprendizaje, un mecanismo de evaluación, de manera que sea posible su reutilización, interoperabilidad y accesibilidad, pudiendo ser adaptable a diferentes secuencias de aprendizaje y autosuficiente para cubrir su intencionalidad educativa. Para la adecuada localización, selección y reutilización, adicionalmente, se requiere la incorporación de un metadato que introduzca semántica al objeto en la web (*Learning Object Metadata, LOM*).

En esta comunicación, en el marco descrito en los párrafos anteriores, presentamos un recurso educativo desarrollado al amparo de la orden citada. Este recurso se configura como una colección temática de objetos de aprendizaje, cuya motivación inicial se centra en la unidad de medida universal denominada *metro*, pero su génesis —la medición del cuadrante terrestre— conlleva una paradójica labor creando *un patrón inexacto para medir exactamente*, una quijotesca empresa que en la obtención de la unidad emplea una amplia diversidad de conocimiento, pero según Kronecker: “Dios creó el uno, el resto es obra del hombre”.

Motivación

El contexto temático en el que se centra el recurso que presentamos se puede sintetizar en la frase que hemos usado como título del trabajo: “El metro: patrón inexacto para medir exactamente”.

En la selección de este título se ha buscado reflejar el objeto primario de estudio —el metro— y se introduce un planteamiento paradójico mediante la yuxtaposición de un adjetivo calificativo —inexacto— a un sustantivo —patrón— que define un concepto que implícitamente es exacto; adicionalmente se refuerza la paradoja mediante la contraposición en una misma frase de dos términos opuestos: inexactitud y exactitud, mostrando el primero como causa del segundo, lo imperfecto generando perfección. Con este planteamiento se busca captar la atención del lector fomentando su curiosidad, impeliéndole a profundizar en el tema propuesto.

Pero ¿por qué desarrollar este tema? ¿Qué puede inspirar un concepto tan “simple” para necesitar tanto desarrollo? ¿Por qué afirmar que el metro es inexacto? ¿Cómo surge y se resuelve la paradoja planteada?... Tratemos, consecuentemente, de motivar la elección de este tema mediante la siguiente introducción:

Es altamente probable que si a cualquier persona, al menos de mediana edad, le preguntamos:

— ¿Qué es el metro?

Rápidamente contestará, casi irreflexivamente, como producto de un inevitable acto reflejo — condicionado por su particular Paulov, es decir, su querido maestro de primaria—:

— “El metro es la diezmilésima parte de un cuadrante del meridiano terrestre”.

E incluso, el interrogado, regresará a su más tierna infancia y posiblemente resonará en él la potente voz educadora que modulaba y daba soporte a una larga cadena de preguntas —las cuales, sin duda, buscaban motivar la siempre difícil reflexión y a través de ella la comprensión y concepción del conocimiento—:

— ¡Bien!, pero ¿qué es en sí el metro?

Y una reflexión, no siempre reflexiva, le conduciría a una nueva mecánica respuesta:

— ¡Ah, la unidad de medida lineal!, ¡El patrón del sistema métrico decimal!

Respuesta a la que el maestro—como prestidigitador que encadenadamente, y sin aparente fin, extrae de la boca peligrosas y afiladas cuchillas de afeitar, enlazadas en resistente hilo— continuaba con una cascada de inexplicables e interminables “qués” o “por qué”... resumidos, ¡felizmente resumidos!, cuando, en un sublime acto de realista magia matemática, aparecía una prismática vara de madera, con bronceos terminales, acompañada de un efusiva y simplificadora expresión:

— ¡Esto es un metro!

A la par que extraía el aliviado aliento y en esos momentos casi el último suspiro infantil...

— ¡Y sirve para medir!...

Efectivamente la magistral conclusión final sintetiza el concepto de patrón o unidad fundamental de medida, así como su fin, identificando el concepto con su soporte físico, es decir, el metro no es más que una vara que permite la medida lineal de un segmento mediante comparación. Su tamaño es arbitrario y únicamente adquiere el estatus de patrón mediante convenio y acuerdo. La génesis o el principio que motiva su definición (diezmilésima parte de un cuadrante del meridiano terrestre) ha de difuminarse cuando éste queda establecido, e incluso ha de provocarse una ruptura que impida que una unidad fundamental tenga una base de definición distinta a su propia definición. El metro se define a sí mismo, la permanencia de cualquier otra connotación conduce a paradojas en las que se tiene **un patrón inexacto** —pues el cuadrante se mide con una determinada precisión, introduciendo un error— **para medir exactamente**.

Así pues, podemos observar la plasmación de la eterna dualidad entre lo abstracto y lo concreto, lo virtual y lo real, lo teórico y lo práctico... y nos sumiremos en Socráticos pensamientos paradójicos: ¡Sólo sé que no sé nada! Nada que —en instantáneo “big-bang”— nos genera un nuevo y extenso universo de dudas:

¿Qué es medir?, ¿qué es una unidad de medida?, ¿qué es eso de un sistema?, y ¿por qué es decimal?, ¿qué es un patrón?

¿Qué es un meridiano?, ¿son todos los meridianos iguales?, ¿por qué no elegir un paralelo? y ¿por qué para medir, he de medir primero un meridiano?, ¿por qué no usar una *vara*, o un *dedo*, o un *palm*, o un *pie*, o...?

Si el metro es una parte del meridiano, primero tendré que medir el meridiano, ¿y cómo lo mido?, ¿qué instrumentos usaré?, ¿con qué unidad de medida lo hago?, es decir, ¿qué patrón utilizo para obtener el patrón del metro?, y ¿por qué es la diezmilésima parte y no la milésima o la cienmilésima?

Al desplazarme los obstáculos naturales me impedirán mantenerme a lo largo del meridiano, ¡tendré que desviarme de mi camino!, ¡perderé la línea recta!, ¿qué haré? y ¿cómo hablo de línea recta si vivimos en una superficie esférica y el meridiano es curvo?

¿Al medir cometeré errores?, ¿podré controlarlos? Pero aunque los controle, no podré obtener un valor exacto por lo que el metro será inexacto.

¡Oh, quimérica ilusión! **¡Oh paradójica labor que crea un patrón inexacto para medir exactamente!**... Pero abreviemos. Cortemos el hilo de nuestro auto-interrogatorio, pues ¿cuántos aspectos del conocimiento han sido necesarios para la obtención del metro? **¡Oh, Quijotesca empresa que en la obtención de la unidad emplea tanta diversidad (de conocimiento)!**, pero recordemos que según Leopold Kronecker:

“Dios creó el uno, el resto es obra del hombre”.

Hemos podido observar que un concepto tan ¿simple? como el que se refleja en la definición de metro, casi universal y “acultural” —por ser una unidad de medida de uso cotidiano e integrada en casi todas las culturas humanas actuales dada su implantación en casi en todos los países de nuestra Tierra—, un concepto tan simple, escribamos, cubre un trasfondo de conocimiento humano que es necesario detallar para su verdadera comprensión, comprensión que debe y puede realizarse a muy diversos niveles de aprendizaje dada la dificultad implícita que subyace en él, y la introducción en cada nivel de conocimiento requiere a su vez la inmersión en otro intrincado abanico de conocimientos que requieren un esfuerzo adicional de concreción, exposición, práctica, experimentación,..., es decir, observamos como una unidad temática nos conduce a una diversidad conceptual que se ramifica, en un crecimiento exponencial, en un conjunto de unidades temáticas diversas, que necesitan subdividirse en un nutrido estudio de conceptos, que por sí mismos se constituyen como unidades temáticas, que a su vez se dividen en..., que a su vez..., ... que juntos constituyen un frondoso universo donde las hojas se configuran como objetos individuales o unidades básicas de conocimiento, es decir, en objetos de aprendizaje individualizados, pero que a su vez son unidades atómicas que autocontienen partículas analizables a nivel microatómico.

En fin, situándonos en el entorno que motiva el desarrollo de este proyecto, posiblemente, tendríamos que hacernos las siguientes preguntas: ¿Se justifica la elección de este tema? ¿Se ajusta el carácter monotemático a la granularidad que se desea? ¿Se dispone de una amplia diversidad de contenidos interrelacionados e independientes como para elaborar un amplio abanico de objetos de aprendizaje? ¿Se encuadran estos objetos en un tema básico de importancia en el contexto educativo y social? ¿Es de utilidad su aprendizaje? ¿Es un tema cíclico y recurrente, multinivel por tanto, a lo largo de la vida colegial y laboral? ¿Es un contenido transversal e instrumental entre diferentes ámbitos o áreas de conocimiento o asignaturas? ¿Dónde no se necesita medir? ¿No es un tema que cohesiona la, a veces, fragmentada y compartimentada división que suele artificialmente darse al conocimiento humano? En definitiva, o resumiendo, las fáciles respuestas a las preguntas anteriores y otras muchas más que podrían formularse y desarrollarse en este u otros documentos ¿justifican el desarrollo de este proyecto? Nosotros estimamos que **SÍ**, y en ello hemos estado empeñados, siendo conscientes que sólo ha sido posible plantear una mirada parcial a determinados átomos o moléculas dentro del universo métrico planteado... Y es que, en una osada permutación y un atrevido cambio del verso de Pablo Neruda: "*Es tan corto el amor, y es tan largo el olvido*":

"Es tan largo el saber y es tan corto el camino..."

Objetivos primarios y finales

El objetivo básico inicial podría describirse como la elaboración de una unidad didáctica sobre el patrón del sistema métrico decimal: **el metro**. Pero el conocimiento racional y analítico del metro, su necesidad, su concepción, su obtención, su desarrollo e implantación —aún todavía inacabada—,... en definitiva su historia, nos obliga a acudir al estudio de otras áreas o aspectos del conocimiento humano. Esto nos involucra y conduce al planteamiento de diversos objetivos adicionales que podrían ser cubiertos mediante la elaboración de nuevas unidades didácticas, autónomas e interrelacionadas, cada una de ellas constituidas a su vez por un conjunto de recursos educativos con carácter “granular”, “objetos de aprendizaje”, que compartiendo una motivación común, es decir, un mismo origen o ascendente son autónomos, con personalidad propia y distinguible.

Partiendo de la definición original del **metro** —diezmillonésima parte de un cuadrante del meridiano terrestre—, la cual es ampliamente conocida, el interés sobre el tema puede ser provocado mediante la introducción conceptual de dudas, contradicciones, aparentes paradojas o razonamientos simples, mal fundamentados, que necesitan una breve aunque reflexiva parada para su resolución, es decir, planteamientos que provocan una ruptura en la estructura básica del pensamiento elaborado y asimilado en la niñez. Por ejemplo:

“Los científicos que midieron el cuadrante del meridiano terrestre cometieron un error. Consecuentemente el metro está mal calculado, tendría que ser más largo, así que yo sería más bajo y me habría ahorrado mucho dinero al necesitar menos tela para vestirme, pero también los kilómetros serían mayores y gastaría más en gasolina para desplazarme, mi casa tendría menos superficie por lo que me habría costado más caro el metro cuadrado —¿es posible? —, pero un litro tendría más líquido, yo pesaría menos y no tendría que adelgazar...”

Esta alocada y errónea exposición, fundamentada en la consciente propagación de la confusión al malinterpretar y mezclar una propiedad intrínseca invariante de un objeto, como es su medida, con la artificial asignación de un valor aritmético que lo clasifica, pero que es dependiente del patrón de medida, es la causa o germen inicial de un “big-bang” de cuestiones que motivan la necesidad de abordar y estudiar determinados aspectos del conocimiento matemático, astronómico, físico,..., es decir, del conocimiento científico y humano, encuadrándolos histórica y filosóficamente en cada época y profundizando en la evolución acaecida en ellos. “Big-bang” que se expande y auto-explodiona alcanzando un elevado nivel de ramificación

Así pues, el objetivo básico queda convertido en la elaboración de una colección monotemática de objetos de aprendizaje, cuyo argumento conductor principal es el metro, pero que guía a otros argumentos “secundarios” que se invisten como primarios. Un repositorio que acoja experiencias y conocimientos, algunos en apariencia no conexos, pero contando con un argumento que sirve de conector y motivador, y que actúa como cemento que aglutina a las teselas de un mosaico dando sentido al brillo y colorido individual de cada una de ellas, a la vez que su visión global genera un motivo gráfico. Un recurso que actúa como esas pegatinas que sobre una misma base aglutinan distintas imágenes, siendo cada una de ellas accesible de acuerdo al ángulo de incidencia visual o punto de vista del observador que las mira.

Por consiguiente el objetivo final queda establecido en la elaboración de una colección monotemática que integra a su vez una colección multitématica, multinivel, multidisciplinar, transversal,... que recubre y encubre una amplia diversidad. Es decir, una traslación conceptual análoga a la recogida en el conocido cuadro: “El jardín de las delicias” de El Bosco, donde el único tema: “La creación”, cubre un tríptico: “Paraíso, Tierra, Infierno”, que aglutina una densa diversidad, una increíble explosión creativa multitemática plagada de fragmentos, cada uno de los cuales necesita intrínsecamente un detallado y pormenorizado estudio (ver Figura 1).

Y para conseguir el objetivo final es necesaria la consecución de esos objetivos parciales correspondientes al diseño y desarrollo de fragmentos auto significativos, es decir, escenas que sean portadoras y transmisoras de un concepto, que se autodistingan por lo que encierran, pero a la vez que se integren en un conjunto armonioso. En la Figura 2 reflejamos el marco de

referencia básico, un esquema conceptual simple de los contenidos. Estos se centran en el concepto de **medida** y coparticipan cuatro aspectos fundamentales:



Figura 1. "El jardín de las delicias" de El Bosco

- A. Para medir un determinado tipo de ente es necesario establecer un **patrón**, es decir, fijar qué ente es al que se le asigna el valor aritmético uno o unidad de medida.
- B. La medición requiere de la **Aritmética**, la fundamenta, y proporciona una base clasificatoria: racional e irracional, conmensurable e inconmensurable, construible y no construible.
- C. Pero la medición física, como comparación, introduce **errores** o aproximaciones que son necesarias acotar, evitando su propagación, es decir, mantener un control.
- D. La existencia de múltiples entes objeto de medida requeriría la proliferación de patrones, la reducción al mínimo posible de estos conduce al establecimiento de un **Sistema**, de las unidades básicas y de las derivadas.

Estos aspectos quedan interrelacionados en su propio desarrollo —aunque en el esquema gráfico no lo reflejemos por simplicidad representativa— y recogen contenidos transversales matemáticos, físicos, astronómicos, históricos, filosóficos... y un implícito sustrato geométrico. Esta guía ha actuado como un tallo germinal, que ha servido como soporte integrador y a la vez

ha canalizado la savia suficiente que ha alimentado su crecimiento, han proliferado sus raíces y ello ha permitido la conformación de un frondoso árbol mediante una gran ramificación. Pero es obvio que la amplia diversidad que el tema engloba sólo ha podido ser cubierta parcialmente en un desarrollo ajustado a una planificación temporal de un año y a una cuantificación previa de compromisos.

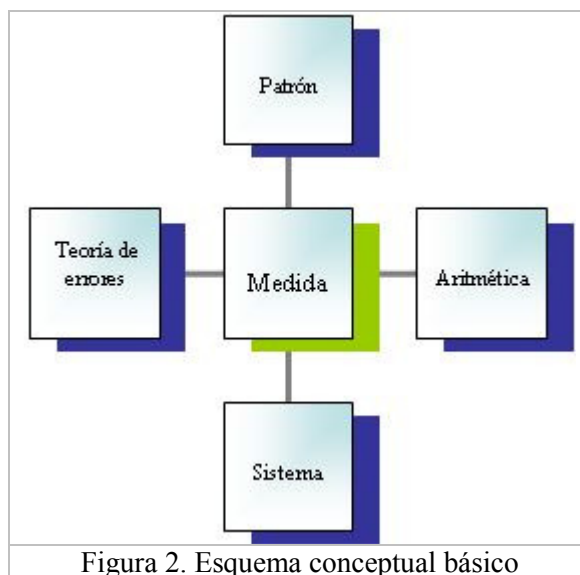


Figura 2. Esquema conceptual básico

Llegado este punto podemos descender al nivel de mayor concreción e indicar los objetivos particulares que se cubren con este proyecto. El producto final ha sido un repositorio de “objetos de aprendizaje” compuesto por 50 objetos con contenidos que se enmarcan dentro del tema central del proyecto “**el metro**” y cuyo detalle y conceptualización detallaremos posteriormente. Cada objeto engloba diferentes páginas que recogen su objetivo, escenas interactivas, test interactivo, guía de las escenas, actividades, ejercicios, guía didáctica y referencia a contenidos, estando constituido su núcleo central por 117 escenas interactivas parametrizables y 50 test interactivos con aleatoriedad en el orden de las preguntas y en el de las respuestas.

Materias en las que son de aplicación los materiales o recursos

La materia que es la principal destinataria de los recursos elaborados es “**MATEMÁTICAS**”, pero parte de los contenidos son utilizables y aplicables en otras materias de ámbito científico y humanista. Indiquemos que la medida y el establecimiento de un patrón de medida es básico en Física y Química, pero el metro como patrón de medida se establece en su génesis filosófica en función de un elemento geométrico universal, propiedad de la Humanidad, como es nuestra Tierra. El estudio filosófico de este principio sirve como objeto de aprendizaje de un amplio abanico de contenidos transversales y de educación en valores. Su formalización abstracta en el estudio de la propia “**Gaia**” mediante el establecimiento de meridianos, paralelos, a través del estudio de la forma real de la Tierra, sus accidentes geográficos, etc. es imprescindible en el conocimiento de nuestro entorno vital, de nuestro planeta. Su concreción material es el fruto de una empresa humana ambiciosa que se ha plasmado en una casi universal realidad... Es decir, la aplicación de estos recursos únicamente depende de la iniciativa y objetivo que quiera marcar cada profesor porque el tema y aspectos desarrollados son para:

Μαθηματικός

Es decir, en alfabeto latino Matematikós, o en castellano Matemáticos, pero en su sentido etimológico:

Amante del conocimiento

Descripción técnica del material del proyecto

El material desarrollado en este proyecto se configura como un conjunto de páginas o documentos “hipertextuales” (páginas web) que pueden ser accesibles y observables mediante los programas informáticos denominados navegadores, bien localmente o bien mediante Internet. Este conjunto de documentos constituyen un repositorio de recursos educativos, configurado como una colección temática de “objetos de aprendizaje”, relacionados con el tema motivador y central del proyecto: “El metro”. Adicionalmente para la catalogación, identificación e indexación se dispone de páginas que sirven de elementos de conexión.

La unidad atómica está asociada a un objeto de aprendizaje y éste está constituido o conformado por una agrupación de recursos que usan como soporte portador de la información elementos textuales, imágenes estáticas y/o dinámicas, hiperenlaces y en general objetos informáticos integrables en páginas web. Los objetos desarrollan contenidos y promueven capacidades y competencias.

Cada objeto de aprendizaje se interpreta como una tupla constituida por:

- Texto y/o imágenes que sitúan y contextualizan el objetivo de dicho objeto.
- Escenas interactivas que permiten la simulación y experimentación del concepto marcado como objetivo.
- Actividades que pueden realizarse con la escena interactiva y que guían el aprendizaje.
- Indicaciones complementarias que permitan el afianzamiento del concepto desarrollado o su ampliación, que motiven la investigación.
- Test evaluadores y autocorregibles.
- Indicaciones pedagógicas y didácticas que permitan una guía u orientación al profesor como coordinador del aprendizaje.

Seleccionado un objeto en el índice del repositorio se accede a su menú asociado, el cual está constituido por un conjunto de componentes que siempre presentan un esquema común que es el reflejado en la Figura 3. El acceso a cada componente se efectúa mediante la selección y pulsación del correspondiente botón. En la parte central se indica el título del objeto y en la parte inferior, en un mensaje rotativo, un breve resumen de su objetivo.

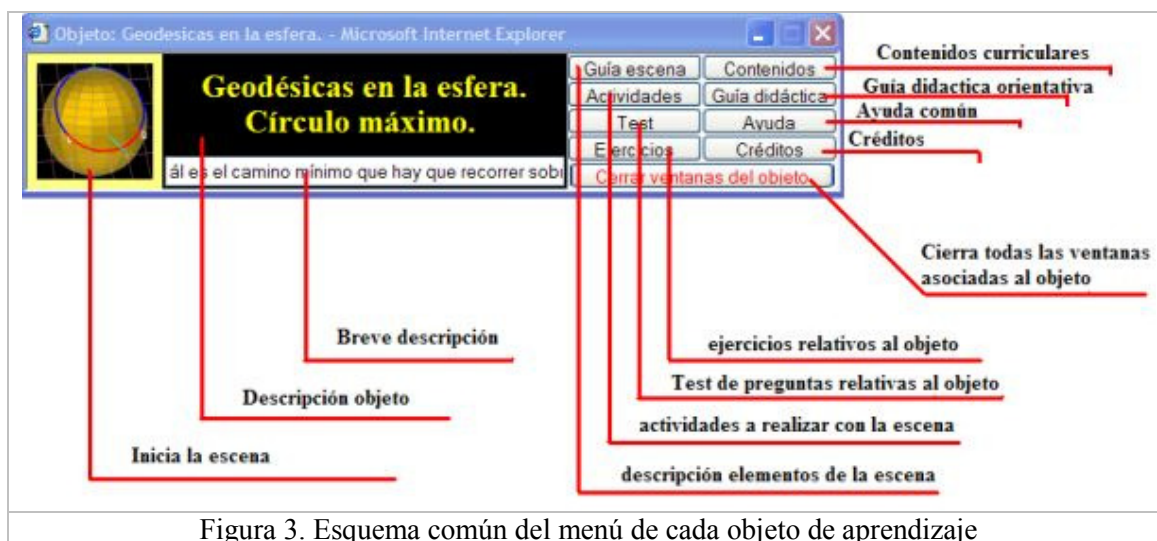


Figura 3. Esquema común del menú de cada objeto de aprendizaje

Cada objeto pivota en torno a **una escena o conjunto de escenas interactivas** (a ellas se accede mediante la pulsación del botón que contiene un icono identificador del objeto y que está situado en la parte izquierda según podemos observar en la Figura 3). Dichas escenas interactivas conforman el núcleo del objeto, y se complementan y revisten con otros elementos descriptivos. Para poder observar el funcionamiento y poder experimentar el manejo y uso de una escena interactiva se puede acceder a la página de este recurso¹ y seleccionar en el menú general: “Manual del usuario-> Ayuda escenas interactivas”, o bien usar el enlace:

http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_alhaken_ii/galo/El_metro/objetos/ayuda/ayudaescena.htm

Las escenas gráficas interactivas (Figura 4) son parametrizables y modificables a dos niveles:

- Por el usuario-actor final (profesor o alumno en el proceso de aprendizaje) pues contienen:
 - controles numéricos o algebraico-funcionales (valores numéricos o expresiones algebraicas o funcionales en general) que pueden ser modificados en la escena mediante una simple caja de entrada de datos, y
 - controles gráficos (puntos que incluyen implícitamente sus coordenadas) que permiten mediante su selección y desplazamiento la modificación de la escena de acuerdo con la variación que dicho desplazamiento ha realizado en las coordenadas del punto seleccionado.
- Por el usuario-planificador (profesor en el proceso de programación del aprendizaje) que puede adaptar o reutilizar el objeto:
 - Extrayéndolo junto al contexto en que se haya inmerso e integrándolo en su programación sin modificación.
 - Extrayéndolo (acción de copiar y pegar) del producto final de este proyecto, sin modificarlo, e integrándolo en una página Web propia correspondiente a su programación de aula.
 - Usándolo como elemento de base sobre el que construir (también de manera interactiva) el objeto de aprendizaje acorde a su objetivo, centro de interés o finalidad pedagógica perseguida.

Por tanto cada objeto es fácilmente modificable por el profesorado permitiendo su adaptación acorde con su entorno educativo y con las consideraciones pedagógicas consideradas.

Adicionalmente a las escenas interactivas, los elementos que constituyen cada objeto de aprendizaje son (ver Figura 3):

- Objetivo de la escena: Página web, que se abre automáticamente cuando se selecciona la activación de la escena interactiva, que describe brevemente cual es el concepto o conceptos que se desarrollan.
- Guía de la escena: Página donde se efectúa una descripción de cada una de las escenas que intervienen en el objeto. Se detallan cada uno de los controles que intervienen, el contenido textual y gráfico que aparece, su contexto y finalidad.
- Actividades a realizar con la escena: Introduce una guía de uso de la escena en la consecución del objetivo planteado. Ciertamente es preferible la iniciativa del discente que la usa, pero ciertos aspectos o matices de los conceptos tratados podrían quedar obviados. Su lectura permite seguir una línea reflexiva de aprendizaje.
- Test: Se realizan preguntas relacionadas con los conceptos tratados en cada objeto. Cada pregunta presenta tres posibles respuestas de la que una y sólo una es verdadera. La corrección es automática indicando si la selección efectuada es o no correcta y en este último caso se señala la respuesta válida. Cada instancia o uso de un mismo test conlleva

¹ Actualmente puede consultarse en la dirección http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_alhaken_ii/galo/El_metro estando pendiente su ubicación definitiva por la administración educativa.

una presentación diferenciada, ya que aleatoriza el orden de las preguntas y dentro de estas también aleatoriza el orden de las respuestas.

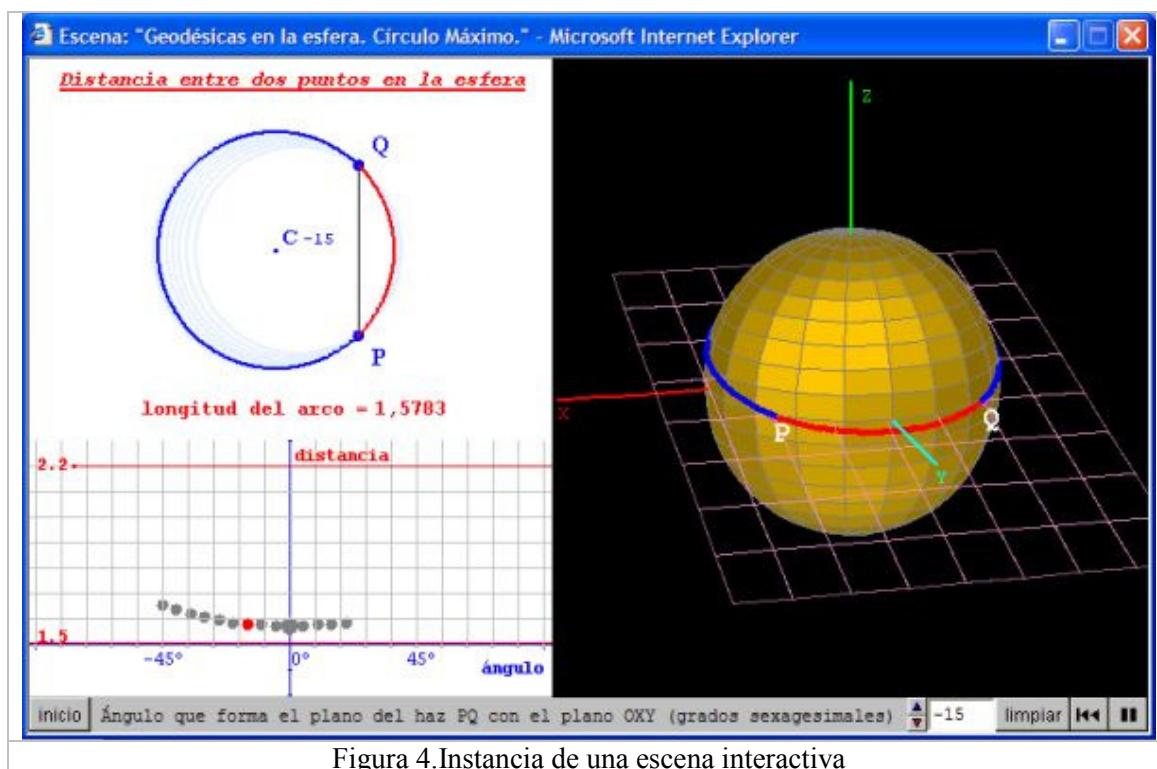


Figura 4. Instancia de una escena interactiva

- Ejercicios relativos a la escena: En este apartado se recogen tipos de ejercicios relacionados con el concepto tratado o con los elementos auxiliares que en él se manejan. No es una relación con enunciados cerrados, sino propuestas o ideas que pueden ser elaboradas en detalle por el profesor.
- Contenidos relacionados con la escena: De manera análoga al punto anterior aquí se incluye un índice de contenidos necesarios o relacionados con los conceptos tratados en el objeto. De nuevo sólo se configura como una ubicación contextual para el profesorado, que será quién marcará los aspectos necesarios en el desarrollo o el necesario apoyo curricular.
- Guía didáctica de la escena: Refleja un resumen de posibles niveles en los que puede ubicarse el uso del objeto, e indicaciones que ayuden y complementen en la planificación y organización de la labor docente.
- Créditos: Recoge la información relativa a los promotores y desarrolladores, al organismo que lo ha subvencionado y la herramienta utilizada y su promotor.
- Ayuda: Recoge la información relativa al proyecto, su organización en objetos de aprendizaje, la composición de estos, su descripción conceptual y manejo, los requisitos técnico-informáticos para su adecuado uso, las indicaciones específicas relativas al manejo de las escenas interactivas y a la herramienta usada en el desarrollo.

Dado que son numerosos los elementos que constituyen cada objeto puede ocasionarse una acumulación de ventanas abiertas cuyo cierre podría ser cansino. Para mitigar esto se ha incluido el botón etiquetado con "Cerrar ventanas del objeto" que clausurará todas ellas dejando exclusivamente el menú del objeto. La pulsación del botón de cierre de la ventana del objeto produce también el efecto anterior, pero obviamente tampoco se dispondrá del menú de dicho objeto.

Las escenas interactivas han sido desarrolladas con la herramienta, promovida por el Ministerio de Educación, denominada "**Descartes**", la cual es la base material sobre la que se

fundamenta un proyecto educativo TIC con igual nombre —[Proyecto Descartes](#) (1999)—, cuyos objetivos principales se pueden resumir comentando que busca la innovación en el aprendizaje de las Matemáticas, fomenta la práctica TIC en el aula, promueve la innovación —podemos citar que en colaboración con la CEJA se abordó en el curso 2005/06 la “Experimentación Descartes Andalucía” ([EDA](#) 2006)—, desarrolla recursos educativos interactivos, a través de los cursos del CNICE forma en la herramienta, en su uso y en la adecuada integración didáctica, y desarrolla y mantiene la herramienta en sí. Todo ello mediante un equipo de trabajo, desarrollo e innovación constituido por un grupo de profesores de toda España, en el que están integrados los autores de esta comunicación.

La herramienta Descartes es un “applet” —programa escrito en lenguaje Java que se difunde a través de la red y se ejecuta en el navegador—. Los “applet” se incluyen en las páginas web para ofrecer funciones o utilidades que no se pueden realizar con el lenguaje HTML que es el que permite la definición y diseño de las páginas web. En concreto, en los recursos aquí presentados se ha usado exclusivamente el “applet” denominado Descarte3.jar, correspondiente a la tercera versión de dicha herramienta. A diferencia de otros “applets”, éste, se ha diseñado no sólo para permitir la interactividad en la presentación y visualización de las escenas, sino que se establece como un núcleo interactivo para páginas educativas (nippe), permitiendo al usuario final que también pueda editar y modificar las escenas previamente elaboradas o producir otras.

Los recursos al haber sido elaborados en lenguaje “html”, "JavaScript" y "Descartes" son portables a otros entornos con lo que se garantiza la “independencia” del sistema operativo y del navegador considerado (con los matices que introduzca la máquina virtual Java instalada en dicho sistema operativo, pues esta plataforma es la que permite dicha portabilidad).



Los objetos no están asociados a un tipo de actividad, sino que suman una variedad de ellas en el objetivo educativo final. El planteamiento de todas estas actividades siempre busca el aprendizaje significativo, pero la que contribuye de manera esencial a que éste sea así son las escenas interactivas. En esta actividad la modificación de elementos gráficos, según el deseo del alumno, permite una simulación que ayuda a que la experiencia y conocimiento previo se aúnen a la experimentación en ese momento y establezca las relaciones cognitivas necesarias para la conformación de un nuevo conocimiento. Se promueve el trabajo cooperativo y de búsqueda crítica de información, persiguiendo la resolución comprensiva y analítica de problemas.

Un esquema por niveles de la dependencia conceptual y funcional entre los elementos reseñados podemos observarlo en la Figura 5. Según lo descrito el producto final es abierto, encuadrado dentro del concepto de software libre, y es adaptable y modificable a cualquier nivel de manera asequible e interactivamente.

El trabajo es accesible vía Internet mediante enlace con el servidor de páginas web donde está alojado. Las páginas web se han optimizado para una resolución de 1024×768 y 16 o más bits de color. Su acceso es adecuado para los navegadores usuales.

Al estar desarrollado en documentos hipertextuales con uso de "applets" en Java es necesario disponer de un sistema informático con un navegador en el que esté activa la opción del "plug-in" Java (en Guadalinux v3, Java viene preinstalado según se indica en la página educativa de este sistema —Guadapedia— en "[Receta: Plugins del navegador \(Guadalinux V3\)](#)", la instalación de Java en versiones anteriores pueden consultarse en la misma Guadapedia mediante el enlace "[Receta: Java en Guadalinux \(Guadalinux 2004\)](#)").

Los requisitos mínimos del sistema vendrán determinados exclusivamente por la exigencia que establezca el navegador elegido y Java. Obviamente la disponibilidad de una mayor cantidad de memoria, una mayor velocidad del microprocesador y el uso de tarjetas gráficas con memoria y gestión dedicada permite una mayor velocidad en la carga de los documentos y en la ejecución de los "applets", mejorando la simpatía del usuario frente a la página.

Mapa conceptual del recurso educativo

En esta sección abordamos una breve descripción del esquema conceptual que describe los cincuenta objetos de aprendizaje que conforman el recurso educativo de "El metro". Este tema queda reflejado en la imagen central de la Figura 6 y se desglosa en cuatro apartados o líneas de trabajo:

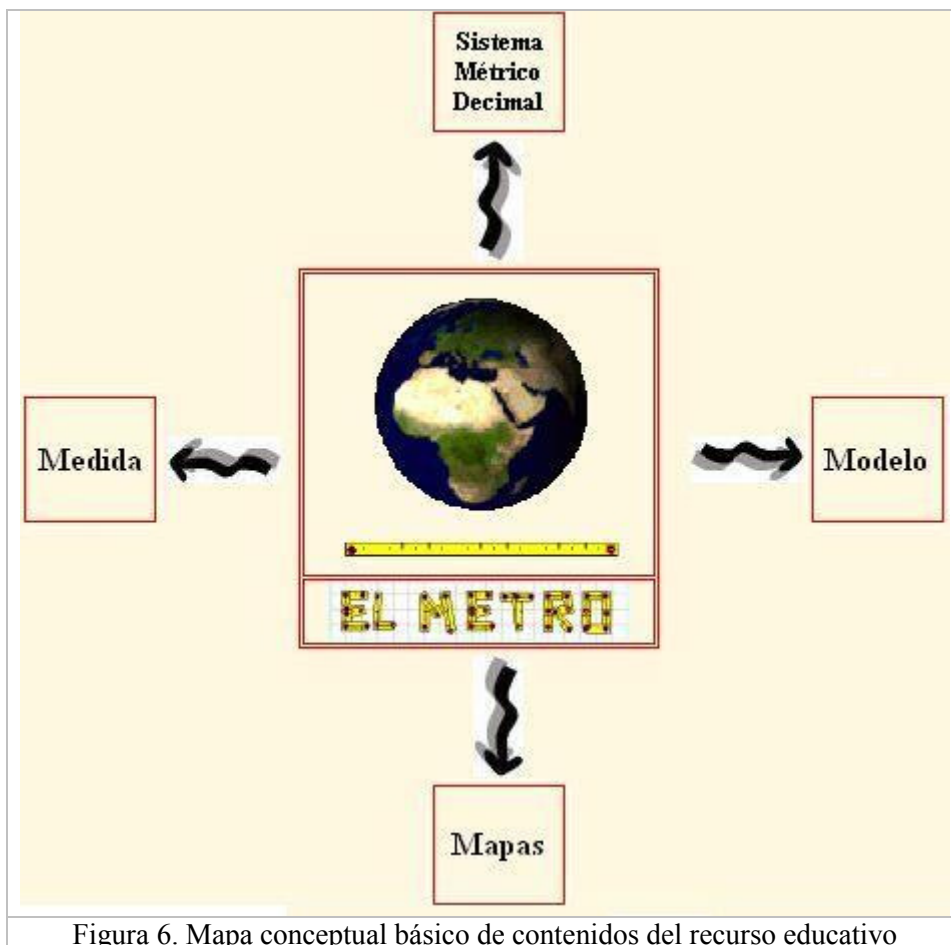


Figura 6. Mapa conceptual básico de contenidos del recurso educativo

- A. La necesidad de establecer patrones comunes de medida para el intercambio y ágil comunicación internacional condujo al **Sistema Métrico Decimal** (SMD), que se refleja mediante ocho objetos (imagen central de las Figuras 7 y 8) en los que:
- Se desarrolla la evolución de la definición del metro desde su nacimiento hasta la actualidad, presentando la alternativa de la definición primigenia a partir del péndulo y la correspondiente al cuadrante del meridiano terrestre
 - Se trabaja con las diferentes unidades del SMD correspondientes a longitud, superficie, volumen, capacidad y masa.
- B. Medir requiere un aprendizaje y práctica en el uso de los patrones y unidades de medida. Adicionalmente, toda medida lleva implícita diferentes errores que son necesarios controlar. El bloque de **Medida** (imagen izquierda de las Figuras 7 y 8) recoge actividades en 13 objetos de aprendizaje que desglosan:
- Medida de longitudes, superficies, volúmenes y perfiles topográficos.
 - Problemas de extremos condicionados en áreas y volúmenes.
 - Proporcionalidad.
 - La paradoja entre superficie y volumen reflejada mediante la Trompeta de Gabriel.
 - Tratamiento de errores: regresión lineal mediante mínimos cuadrados, transmisión de errores de elementos "outlier".
 - Sensibilidad o variabilidad de las medidas estadísticas según los datos obtenidos.

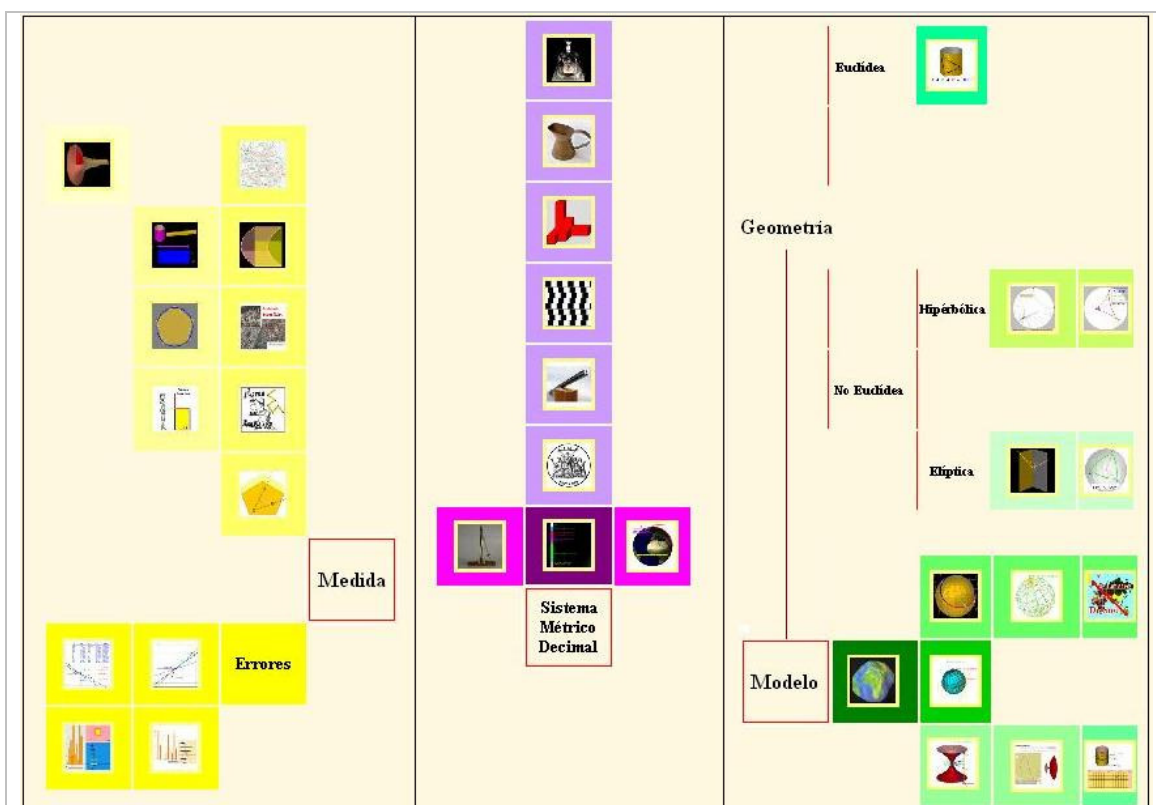


Figura 7. Representación mediante los iconos asociados a los objetos de aprendizaje de los Mapas conceptuales relativos a los bloques de Medida, Sistema Métrico Decimal y Modelo Matemático

- C. La medición del cuadrante de la Tierra presupone un diverso conocimiento que se agrupa en el apartado de "**Modelo**" (imagen derecha de las Figuras 7 y 8), que comprende dos subapartados: **La Tierra** como superficie de revolución y el estudio de las Geometría euclídea y las no euclídeas:

- **La Tierra** como superficie de revolución, con ocho objetos, que dirige al estudio de la esfera o esferoide en particular y a los sólidos de revolución en general, al estudio de las geodésicas o líneas de distancia mínima (base de la medición) y a las loxódromas o líneas de rumbo de gran utilidad en la navegación.
- Geometrías euclídeas y no euclídeas (elíptica e hiperbólica), con cinco objetos, donde se pone de manifiesto como la verificación o no verificación del quinto postulado de Euclides conduce a alternativas geométricas diferenciadas. En particular se muestra la suma de los ángulos de un triángulo en cada una de ellas.

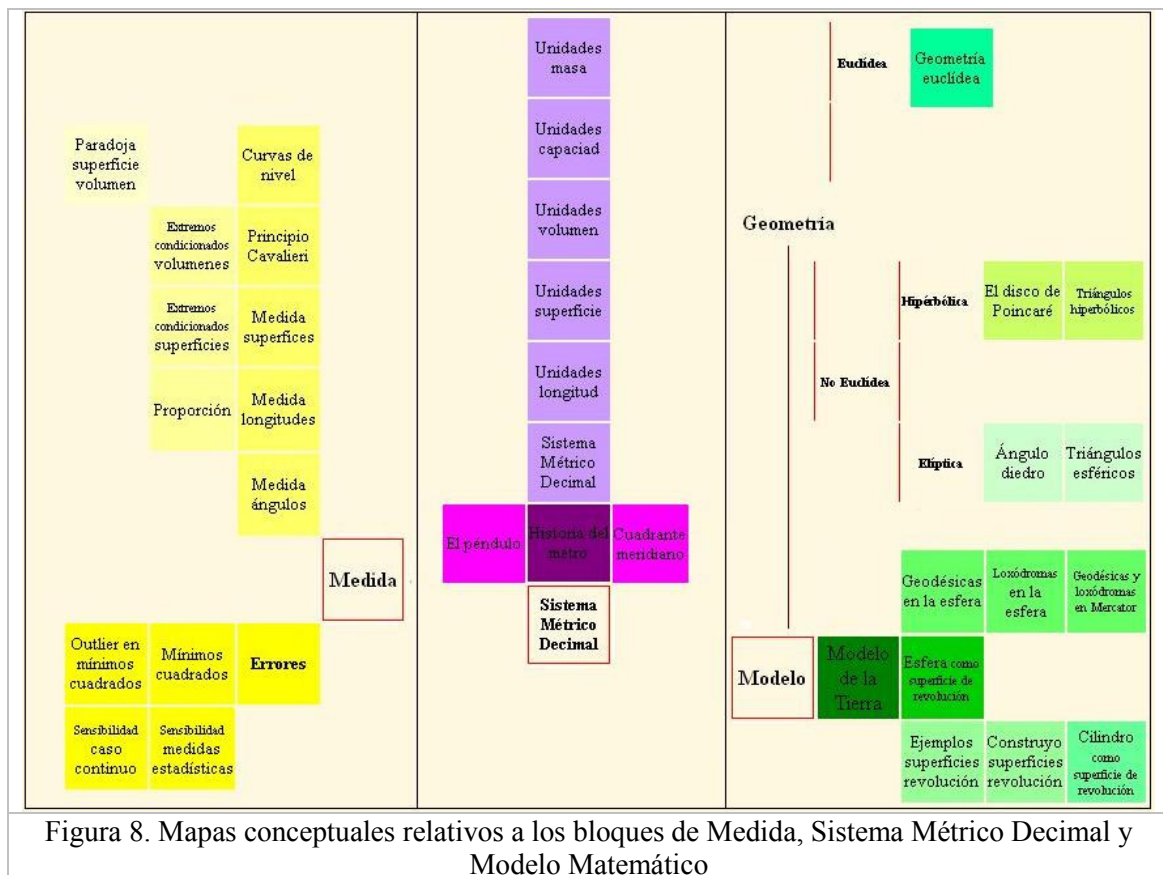


Figura 8. Mapas conceptuales relativos a los bloques de Medida, Sistema Métrico Decimal y Modelo Matemático

D. La representación de la Tierra en un plano requiere de técnicas específicas dado que la esfera no es una superficie desarrollable. La elaboración y confección de **"Mapas"** (puede consultarse el esquema conceptual de este bloque en la página web del recurso) provoca y basa el cuarto bloque de contenidos que se desglosa en tres subapartados con 1, 10 y 7 objetos de aprendizaje respectivamente:

- Orientación y navegación reflejada en la "Rosa de los vientos".
- Proyección cilíndrica (en particular la proyección de Mercator), su problemática, y el necesario conocimiento de la superficie desarrollable denominada cilindro que conduce a:
 - Su estudio como superficie desarrollable, como superficie de revolución. Determinación de geodésicas y lóxodromas (en este caso coincidentes). Determinación de las geodésicas en los prismas (superficies que aproximan al cilindro) y en particular en las caras contiguas de un cubo.
 - Generalización del concepto de cilindro.
- Proyección cónica, su problemática, y el necesario conocimiento de la superficie desarrollable denominada cono que conduce a:

- Su estudio como superficie desarrollable, como superficie de revolución. Determinación de geodésicas y loxódromas. Determinación de las geodésicas en las pirámides (superficies que aproximan al cono).
- Generalización del concepto de cono.

Y es esta diversidad dentro de la globalidad y unidad conceptual primigenia la que ha permitido obtener un recurso que desarrolla, que recoge con una creatividad diferenciada, ciertos aspectos del concepto motivador, una amplia diversidad que nos empuja a realizar las siguientes propuestas de redefinición:

El metro: patrón de medida del conocimiento.

El metro: unidad englobadora de la diversidad del conocimiento.

Referencias

- Alder, K. (2003). *La medida de todas las cosas. La odisea de siete años y el error oculto que transformaron el mundo*. Madrid: Taurus Ediciones.
- Argüelles, J. (1989). *Historia de la Matemática*. Madrid: Ed. Akal.
- Aznar, J. (1997). *La unificación de los pesos y medidas en España durante el siglo XIX. Los proyectos para la reforma e introducción del Sistema Métrico Decimal*. Tesis Doctoral. Universitat de València, Valencia.
- Bureau International des Poids et Mesures (BIMP). Consultado el 20 de enero de 2007 desde <http://www.bipm.fr/>
- Coll, C. et al. (2000). *El constructivismo en la práctica*. Barcelona: Ed. Graó.
- Coll, C., Martín, E., Mauri, T., Miras, M., Onrubia, J., Solé, I. y Zabala, A. (2002). *El constructivismo en el aula*. Barcelona: Ed. Graó.
- EDA (2006). *Experimentación Descartes en Andalucía*. Madrid (España): Ministerio de Educación y Ciencia y Consejería de Educación de la Junta de Andalucía. Consultado el 20 de enero de 2007 desde http://descartes.cnice.mecd.es/WEB_EDA/web_EDA.htm
- Lafuente, A. y Delgado, A. (1984). *La geometrización de la tierra: Observaciones y resultados de la expedición geodésica Hispano-francesa al Virreynato del Perú (1735-1744)*. Madrid: CSIC, Instituto "A.de Vilanova".
- Jorge-Juan y Ulloa, A. (1748). *"Observaciones Astronómicas y Físicas hechas de orden de S.M. en los Reynos del Perú"*. Madrid: Imp. Zuñiga.
- McLuhan, M.(1962). *The Gutenberg Galaxy: The Making of Typographic Man*. Toronto: University of Toronto Press.
- McLuhan, M. (1993). *La Galaxia Gutenberg*. Barcelona. Círculo de Lectores.
- McLuhan, M., Powers, B. R. (1995): *La aldea global*. Barcelona: Gedisa.
- Muñoz, F. (2003). *Las medidas del tiempo en la Historia. Calendarios y relojes*. Valladolid: Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial. Universidad de Valladolid.
- Pérez-Reverte, A. (2000). *La carta esférica*. Editorial Alfaguara.
- Proyecto Descartes (1999). *Página del proyecto*. Madrid (España): Ministerio de Educación y Ciencia. Consultado el 20 de enero de 2007 desde <http://descartes.cnice.mecd.es/>.
- Ten, A. (1996). *Medir el metro. La historia de la prolongación del arco de meridiano Dunkerque-Barcelona, base del Sistema Métrico Decimal*. Valencia: Universitat de València-C.S.I.C. Instituto de estudios documentales e históricos sobre la Ciencia.
- Verne, J. (1872). *Aventuras de tres rusos y tres ingleses en el África Austral*. Barcelona: edición de 1965, Ed. Ramón Sopena.
- Villena, L. (1984). El metro. *Investigación y Ciencia* 88, 42-43.