



II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

GENERACIÓN DE UNA CAPA ASTRONÓMICA PARA LA IDE ARQUEOLÓGICA. ARQUEOASTRONOMÍA EN EL SUR DE PORTUGAL

Gómez Castaño, José ⁽¹⁾; Rodríguez Caderot, Gracia ⁽²⁾; Mejuto, Javier ⁽²⁾.

⁽¹⁾ ADIF; ⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid.

Gómez Cataño, José¹, Mejuto Javier², Rodríguez Caderot, Gracia³

¹Dirección de Gestión de Red e Innovación
ADIF
jgomezc@adif.es

² Departamento de Matemática Aplicada de la Facultad de Matemáticas
Universidad Complutense de Madrid
jmejugon@fis.ucm.es

³Sección Departamental de Astronomía y Geodesia de la Facultad de matemáticas
Universidad Complutense de Madrid
grc@mat.ucm.es

Resumen

El objetivo es poner a disposición de los arqueólogos, una metodología que sea fácil de usar, contrastable y objetiva, y en este trabajo se muestran un conjunto de herramientas destinadas a la generación de una capa con información astronómica, que se pone a disposición por medio de estándares OGC.

A partir de la ubicación del yacimiento, se calculan fenómenos astronómicos que a lo largo de la historia se han utilizado por las diversas culturas, como los puntos de salida y puesta del sol y algunas estrellas representativas. En todas las culturas, la observación del cielo ha estado presente en mayor o menor medida. Este interés en la astronomía se ha reflejado en sus construcciones, hallándose en la organización de los poblados y en la orientación de edificios. De esta forma, es posible encontrar en los yacimientos arqueológicos que los puntos de salida y puesta de ciertos astros, están alineados con algún elemento característico del terreno, o que alguna edificación presenta esta misma alineación teniendo en cuenta algún elemento arquitectónico.

Para la posición del sol se ha utilizado la teoría DE406 del JPL (Jet Propulsion Laboratory) y los elementos de la teoría IAU2000 para los cálculos de precesión. El procedimiento permite hacer los cálculos para cualquier fecha desde el 5000 a.c., con la suficiente precisión.



II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

GENERACIÓN DE UNA CAPA ASTRONÓMICA PARA LA IDE ARQUEOLÓGICA. ARQUEOASTRONOMÍA EN EL SUR DE PORTUGAL

Gómez Castaño, José ⁽¹⁾; Rodríguez Caderot, Gracia ⁽²⁾; Mejuto, Javier ⁽²⁾.
ADIF; ⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid

Adicionalmente se generan los gráficos del perfil del horizonte a partir de la posición del yacimiento y un MDT. Sobre este perfil, se localizan los puntos calculados para permitir el estudio de alineaciones.

Se muestra también una aplicación de estos procedimientos a los yacimientos localizados en Perdigoes y Moreiros, en Portugal, en los que se han detectado alineaciones en las construcciones con ciertos fenómenos hacia el 4000 a.c.

Los cálculos astronómicos se traducen en una capa que se integra en cualquier IDE arqueológica

Palabras clave: Arqueología, Astronomía, Arqueoastronomía, IDE

1 Arqueoastronomía

Desde el principio, la Arqueoastronomía ha sido desarrollada por especialistas de diferentes disciplinas. Esto, junto al hecho de que es una rama desarrollada recientemente, ha causado cierto desorden conceptual y metodológico. Se puede ver, por ejemplo, en la variedad de definiciones existentes para Arqueoastronomía: "Disciplina que estudia la forma en que las sociedades antiguas se conectan con el cosmos, teniendo en cuenta datos arqueológicos e históricos".[1]. "Disciplina que estudia el grado de conocimiento astronómico de las sociedades antiguas, en conexión con su visión del cosmos" [2], y "Disciplina que estudia el desarrollo de la astronomía de las sociedades prehistóricas en su contexto cultural" [3]. De acuerdo a esto, quizás la mejor definición sería la Ciencia que estudia el escenario celeste en el pasado, teniendo en cuenta cualquier fuente de datos como la arqueología, antropología, etnografía, datos históricos y otros.

Para llegar a entender la situación actual deberíamos echar la vista atrás a los inicios. Los comienzos de esta disciplina se llevaron a cabo por algunas personas interesada en la orientación de varios monumentos megalíticos. Estos estudios se hicieron en el siglo XVIII por el arquitecto JohnWood [4] y el anticuario William Stukeley [5] relacionadas con Stonehenge, Callanish, el Castillo de Rigg y el Círculo Sarsen. Con estos dos primeros estudios comienzan también dos tendencias que siguen estando vigentes hasta hoy día. La primera de ellas es la predominante, destacando la importancia de los estudios megalíticos de Arqueoastronomía en contra de cualquier otra época arqueológica. La segunda tendencia está relacionado con el papel principal que los investigadores británicos tuvieron en este tipo de obras.



II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

GENERACIÓN DE UNA CAPA ASTRONÓMICA PARA LA IDE ARQUEOLÓGICA. ARQUEOASTRONOMÍA EN EL SUR DE PORTUGAL

Gómez Castaño, José ⁽¹⁾; Rodríguez Caderot, Gracia ⁽²⁾; Mejuto, Javier ⁽²⁾.

⁽¹⁾ ADIF; ⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid

Después de Wood y las contribuciones de Stukeley, el notable trabajo siguiente fue hecho a partir del cambio de siglo por otro anticuario, A. L. Lewis. Era una recopilación de sitios arqueológicos con cierto significado astronómico, que fue utilizado y ampliado por el capitán del ejército británico H.B. Sommerville y Sir Joseph Norman Lockyer [6]. Alexander Thom es considerado como el padre de la Arqueoastronomía moderna. Sus publicaciones más importantes "The solar observatories of Megalithic Man" [7], y "Megalithic sites in Britain"[8], son obras esenciales en la bibliografía. La principal contribución de este ingeniero es la aplicación de técnicas topográficas y matemáticas al estudio de los diferentes yacimientos arqueológicos. Thom no solo basó sus investigaciones en yacimientos tradicionales, sino que dirigió sus estudios hacia los megalíticos.

Con esta nueva aproximación, la disciplina llegó a la década de los años 80 del siglo XX. En este periodo, la Arqueoastronomía se desarrolló en muchos países europeos de la mano de investigadores como Michael Hoskin y Carlos Jascheck, quien fundó en 1992 la SEAC (Société Européenne pour l'Astronomie dans la Culture/European Society for Astronomy in Culture) con el objetivo de estimular nuevos conceptos y métodos que sirvieran para entender de una forma nueva las profundas interacciones que existen entre astronomía y cultura. Este fue casi el único esfuerzo para llevar a cabo trabajos interdisciplinarios en Arqueoastronomía, en contra de lo que tradicionalmente se venía haciendo por parte de los arqueólogos.

1.1 Arqueoastronomía y Arqueología

La enorme brecha existente entre ciencias sociales y naturales ha sido un problema que ha afectado tradicionalmente a la investigación arqueoastronómica. A menudo esto ha producido una reacción negativa entre los arqueólogos y en muchos casos ha llevado al rechazo de conclusiones astronómicas. Afortunadamente parece, al menos en los últimos años, que se está produciendo un cambio con la aparición de nuevos proyectos bien diseñados que tienen en cuenta cuestiones interdisciplinarias.

La Arqueoastronomía puede verse como otra arqueometría. La aplicación de las ciencias naturales al análisis del contexto arqueológico. En este caso, la Arqueoastronomía puede manejar registros arqueológicos inmateriales, creencias y rituales que no tendrían una interpretación desde otro punto de vista. El arqueólogo necesitará de un especialista para interpretar un registro astronómico. Pero, obviamente, las interpretaciones culturales necesitan un arqueólogo que discernirá entre las posibles interpretaciones astronómicas. De esta manera, ambos aspectos son necesarios y esenciales.



II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

GENERACIÓN DE UNA CAPA ASTRONÓMICA PARA LA IDE ARQUEOLÓGICA. ARQUEOASTRONOMÍA EN EL SUR DE PORTUGAL

Gómez Castaño, José ⁽¹⁾; Rodríguez Caderot, Gracia ⁽²⁾; Mejuto, Javier ⁽²⁾.

⁽¹⁾ ADIF; ⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid

En cualquier otro caso, las interpretaciones arqueoastronómicas serían inexactas o falsas; medidas sin sentido o mal interpretadas en un contexto arqueológico.

Por lo tanto, necesitamos proyectos interdisciplinarios e investigaciones que se retroalimenten entre sí para evitar esta situación.

1.2 IDEs en Arqueología y aprovechamiento de datos astronómicos

Desde hace algún tiempo cada vez con mayor frecuencia, de forma sistemática sobre cada yacimiento, se lleva a cabo una labor de reconstrucción topográfica usando técnicas GIS bien conocidas. Esta consiste en hacer un inventario de todos los elementos que aparecen en el yacimiento, junto con la ubicación que ocupa cada uno. El uso de una IDE, permite publicar este inventario digital de la información, a partir de formatos estándares, permite que se puedan compartir.

Dentro de la IDEE ya existe un Grupo de Trabajo, el SGT12, dedicado a Patrimonio Histórico, que está llevando a cabo diversas iniciativas para normalizar y aprovechar al máximo esta nueva vía de intercambio de información. [9].

Toda la IDE está disponible a través de internet, lo que permite que diversos grupos de trabajo, puedan acceder a la información. ¿Cómo aplicar esto en común con datos astronómicos?. La solución proviene de utilizar los datos publicados por medio de la IDE arqueológica, por medio de clientes.

Los servicios más útiles son el WMS y el WFS. Los datos astronómicos, los podemos publicar en dos formatos. Lo más sencillo es ofrecerlos en formato GML o geoRSS. Este es un estándar consistente en un XML en el que cada elemento está asociado a su posición geográfica. Esta opción es la mejor a la hora de quererlos utilizar en un cliente ligero, como OpenLayers o Google Maps. Lo más representable en este caso, son elementos aislados, como la línea del orto helíaco de una estrella o si queremos combinar nuestra capa arqueológica con otros capas procedentes de otros IDE, por ejemplo las de geología, modelo de elevaciones, etc.

La otra opción es generar una capa cartográfica completa, que se puede almacenar en la base de datos y es publicada como una capa más dentro de la IDE. Esta solución es válida para representar líneas como la de los límites norte y sur de un eclipse de sol o la zona de visibilidad de un tránsito.



II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

GENERACIÓN DE UNA CAPA ASTRONÓMICA PARA LA IDE ARQUEOLÓGICA. ARQUEOASTRONOMÍA EN EL SUR DE PORTUGAL

Gómez Castaño, José ⁽¹⁾; Rodríguez Caderot, Gracia ⁽²⁾; Mejuto, Javier ⁽²⁾.

⁽¹⁾ ADIF; ⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid

Como objetivo de utilizar la IDE para la distribución de este tipo de información nos hemos planteado los siguientes:

- Proporcionar una forma sencilla de acceder a información astronómica
- Encapsular la complejidad de los cálculos astronómicos
- Proporcionar una capa de información adicional para los estudios arqueológicos

2 Datos arqueológicos. El yacimiento de recintos en el sur de Portugal

Los datos utilizados en este trabajo se han obtenido en el contexto del proyecto "*Ditched Enclosures plans and Neolithic Cosmologies: A Landscape, Archaeoastronomical and Geophysical Point of View*". Este fue fundado por la Fundación Calouste Gulbenkian y científicamente liderado por Antonio C. Valera, desde Era Arqueología. La parte geofísica fué llevada a cabo por Helmut Becker, de Becker Archaeological Prospections. La parte arqueoastronómica fue comenzada por los autores (Valera & Becker, 2010; 2011).

El trabajo recorre los periodos Neolítico y Calcolítico, los cuales son muy interesantes tanto desde un punto de visto arqueológico como arqueoastronómico. El Neolítico es un periodo de cambios, muy profundos e importantes en muchos casos, como la transición a poblaciones sedentarias y el desarrollo de la agricultura. Fue también una época de revolución tecnológica y mental. El ritualismo, simbolismo y complejidad social, aparecen con fuerza.

Recintos de fosos son monumentos con una tendencia circular en su forma con varios recintos concéntricos, desde unos pocos de metros a varios centenares de diámetro. Los primeros descubrimientos se distribuyen a lo largo de una gran parte de Europa (especialmente en Alemania, Austria, y sur de Gran Bretaña), pero en la actualidad tenemos un incremento de este tipo de monumentos a lo largo de la Península Ibérica, generalmente porque las obras civiles las dejan al descubierto y por el aumento de investigaciones.



II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

GENERACIÓN DE UNA CAPA ASTRONÓMICA PARA LA IDE ARQUEOLÓGICA. ARQUEOASTRONOMÍA EN EL SUR DE PORTUGAL

Gómez Castaño, José ⁽¹⁾; Rodríguez Caderot, Gracia ⁽²⁾; Mejuto, Javier ⁽²⁾.

⁽¹⁾ ADIF; ⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid

Tomaremos como ejemplo el yacimiento de Moreiros localizado en Arronches, Évora, con varias de estas construcciones, algunas de ellas llamadas recintos ondulados. Generalmente, las explicaciones de este tipo de yacimientos se han referido más a la gestión de la identidad grupal o a la distribución mundo simbólico, poniendo énfasis en el proceso de construcción en sí mismo, como un estimulante social. Otros han visto en estos yacimientos un reflejo de los asentamientos de grupos sedentarios en el que nos habla de su jerarquía en el territorio.

3 Datos astronómicos a representar

Una vez hecho un breve repaso a la situación actual de la Arqueoastronomía y su relación con la arqueología, vamos centrarnos en los datos astronómicos que tenemos disponibles y cuáles son susceptibles de ser útiles en estudios históricos

En una primera aproximación, los datos más utilizados son:

- Orto Helíaco de las estrellas brillantes y los planetas, para la determinación de coincidencias con las alineaciones presentes en la cartografía.
- Datos de las circunstancias locales en eclipses de sol y luna, para la datación de fenómenos históricos
- Azimut sobre el horizonte de orto, ocaso y paso por el meridiano del Sol durante los Solsticios y Equinoccios

Vamos a detenernos en cada uno de ellos y cómo hemos desarrollado una metodología de trabajo que nos permite obtener los datos astronómicos que son útiles al arqueólogo.

3.1 Ortos Helíacos

Este fenómeno consiste en la primera aparición de un objeto, una estrella brillante por ejemplo, por el horizonte este, después de su periodo de invisibilidad por haber estado cercano al Sol y el brillo de este no permite verlo. En el caso de los Ortos Helíacos, hemos tenido en cuenta la geometría descrita por Robert Purrington[11].



GENERACIÓN DE UNA CAPA ASTRONÓMICA PARA LA IDE ARQUEOLÓGICA. ARQUEOASTRONOMÍA EN EL SUR DE PORTUGAL

Gómez Castaño, José ⁽¹⁾; Rodríguez Caderot, Gracia ⁽²⁾; Mejuto, Javier ⁽²⁾.

⁽¹⁾ ADIF; ⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid

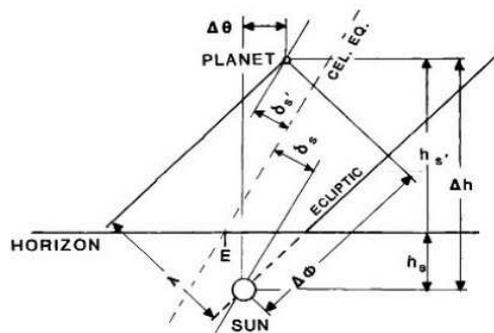
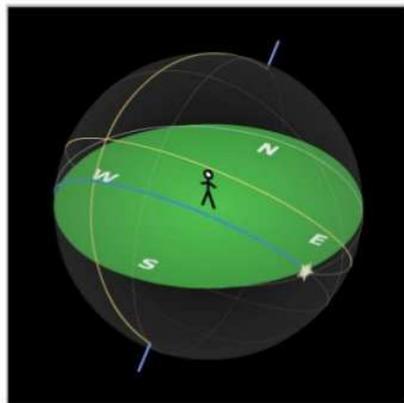


Figura 1. Geometría de la salida de un objeto celeste sobre el horizonte

Como punto de partida, necesitamos tener cierto conocimiento sobre el perfil que se observa desde una posición determinada, en nuestro caso, el yacimiento. Para reconstruirlo, hemos utilizado un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) como base de la topografía. Para España estamos utilizando los productos MDT25 y MDT50 del IGN, y para el ejemplo que nos ocupa en este trabajo, la zona sur de Portugal, utilizamos el producto SRTM de la NASA [12]. Este proporciona modelos para todo el planeta, y se acaba de publicar hace unos días, la versión 2 del mismo. Ambos productos proporcionan libre acceso a sus datos. A partir de estos modelos, se reconstruye el horizonte visible desde el lugar del yacimiento usando software como gvSIG junto a la extensión SEXTANTE. Para corregir este perfil geométrico debido a la distancia al observador e integrar los datos astronómicos, hemos desarrollado varios programas auxiliares.

El siguiente paso consiste en determinar los puntos de salida y puesta del astro objeto de estudio. Esto implica a todos los cálculos astronómicos por lo que se hemos seguido el siguiente procedimiento:

- Aplicar la corrección por movimiento propio de la estrella. Las estrellas tienen un movimiento en el cielo



II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

GENERACIÓN DE UNA CAPA ASTRONÓMICA PARA LA IDE ARQUEOLÓGICA. ARQUEOASTRONOMÍA EN EL SUR DE PORTUGAL

Gómez Castaño, José ⁽¹⁾; Rodríguez Caderot, Gracia ⁽²⁾; Mejuto, Javier ⁽²⁾.

⁽¹⁾ ADIF; ⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid

- Aplicar una corrección por precesión de la estrella. La precesión es debida al movimiento de cabeceo de la Tierra debido al fenómeno de Precesión de los Equinoccios, con un periodo de unos 25000 años. Este movimiento introduce variaciones en la posición de las estrellas, en función del momento de la observación.
- Determinar el momento del Orto Heliaco. Esto teniendo en cuenta el brillo de la estrella, su distancia angular al Sol
- Aplicar una corrección debida a la refracción atmosférica. Se produce un desplazamiento de la posición observada respecto a la real, debido a las condiciones atmosféricas del lugar. Estas no son conocidas en épocas remotas, pero se puede hacer una estimación aproximada.
- Calcular el Azimut del punto calculado.

Para implementar este procedimiento de forma que sea posible llevar a cabo los cálculos astronómicos y representar estos puntos sobre un mapa, hemos desarrollado un conjunto de librería de software. Estas permiten llevar a cabo cálculos para fechas remotas, hasta el 5000 a.c., con una precisión cercana 1 minuto de arco, más que suficiente para contrastarlo con observaciones visuales, que son las que podemos esperar en esas épocas.

Para los cálculos de precesión, hemos aplicado el procedimiento descrito por Gómez 2006, y los posteriormente descritos por Vondrák et al., 2011 [13]. Para las correcciones por refracción hemos utilizado el método descrito en Explanatory Supplement [14]. Como referencia para las posiciones estelares y movimientos propios, hemos utilizado el catálogo FK5 [15]. También se puede utilizar el Bright Star Catalogue [16], para posiciones referidas al sistema de referencia J2000.0.

Hay ocasiones en las que los objetos no son estrellas, sino planetas. En estos casos la forma más sencilla de tener efemérides con alta precisión, es el programa JPL Horizons, que tiene una versión online. Nosotros en este momento hemos pasado a desarrollar programas propios utilizando la teoría planetaria DE406. Esta nos permite obtener resultados referidos al International Celestial Reference Frame [17] y cubre el periodo desde el año 3000 a.c. Al 3000 d.c. Con la precisión suficiente descrita arriba.



II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

GENERACIÓN DE UNA CAPA ASTRONÓMICA PARA LA IDE ARQUEOLÓGICA. ARQUEOASTRONOMÍA EN EL SUR DE PORTUGAL

Gómez Castaño, José ⁽¹⁾; Rodríguez Caderot, Gracia ⁽²⁾; Mejuto, Javier ⁽²⁾.

⁽¹⁾ ADIF; ⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid

Por último, se calcula la posición geocéntrica del objeto, se transforma en posición horizontal, para obtener el azimut del punto sobre el horizonte. En el caso del Sol, además de determinan los instantes de los equinoccios y solsticios, ya que estos han sido utilizados por diferentes culturas como marcadores de ciertos eventos en sus tradiciones.

Los programas devuelven, por lo general, datos tabulares, pero para nuestro trabajo necesitamos que estos tuvieran una traducción en la vertiente geográfica. Para ello hemos desarrollado un procedimiento para generar ficheros un gráfico que muestre tanto el horizonte del terreno como los puntos de orto y ocaso. Además generan un fichero Shapefile con las geometrías de los puntos y orientaciones de estos. Estos ficheros son los que utilizamos como capa astronómica y superponerlos a la información arqueológica.

3.2 Alineamientos

Una vez conseguida las efemérides que proporcionan el azimut de un orto u ocaso para diferentes objetos, y en varias épocas, se pueden llevar a cabo comparaciones entre estas y posibles alineaciones de las edificaciones entre sí o entre estas y elementos del horizonte.

Esto se lleva a cabo superponiendo la capa astronómica generada con el resto de capas creadas a partir de la información recogida en el yacimiento. Superponiendo las capas en la IDE, las líneas pueden ser alineadas y encontrar coincidencias

3.3 Eclipses

Otro fenómeno astronómico de gran interés son los eclipses. Se han utilizado tradicionalmente en la datación de eventos históricos en los que se narra la observación de estos fenómenos.

Para obtener las circunstancias locales de observación de un eclipse, instantes de comienzo y fin así como de su magnitud, utilizamos los Elementos Besselianos publicados para cada eclipse. Una solución más sencilla es utilizar cualquiera de los programas disponibles o el catálogo de Spénak y Meeus [18]



II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

GENERACIÓN DE UNA CAPA ASTRONÓMICA PARA LA IDE ARQUEOLÓGICA. ARQUEOASTRONOMÍA EN EL SUR DE PORTUGAL

Gómez Castaño, José ⁽¹⁾; Rodríguez Caderot, Gracia ⁽²⁾; Mejuto, Javier ⁽²⁾.

⁽¹⁾ *ADIF*; ⁽²⁾ *Universidad Complutense de Madrid*

4 Uso de los datos astronómicos en una IDE Arqueológica

En este punto queda claro que la principal ventaja de utilizar esta herramienta es encapsular la complejidad de los cálculos astronómicos, proporcionando al arqueólogo la información útil que necesita. La comunidad arqueológica puede acceder a ellos integrándola como una capa más dentro de su IDE. Esto la convierte en un conjunto de datos fácil de usar, proporcionando datos de gran exactitud.

Como resumen, recogemos los pasos a llevar a cabo para integrar esta capa:

6. Calcular posiciones de objetos utilizando el software descrito, teniendo en cuenta factores astronómicos como la precesión, para diferentes épocas. La generación de efemérides puede ser bajo demanda en tiempo real, o almacenándolas. Estas efemérides son independientes del yacimiento al que se quieran aplicar.
7. A partir de la localización del yacimiento se hacen las correcciones incluyendo factores como la refracción atmosférica, calculándose así las circunstancias locales.
8. Las circunstancias locales son realmente líneas, polilíneas o polígonos que se almacenen en ficheros shapefile o bases de datos espaciales.
9. A partir de estos repositorios espaciales se genera una capa completa que se pone disposición mediante un servicio WMS (Web Map Service) o WFS (Web Feature Service), servicios OGC interoperables. También es posible servirlos en formato GML, geoRSS o GeoJSON.

El arqueólogo solo tiene que incluir este servicio en su IDE para tener acceso a la capa concerniente a su yacimiento. Esta habrá sido generada para la época y lugar elegidos y para los objetos astronómicos que se deseen incluir en el estudio.

Como resultado de la aplicación de estas nuevas capas a las ya existentes, arqueológicas y astronómicas, disponemos de una nueva herramienta para el análisis de los hallazgos en yacimientos arqueológicos, disponiendo de una línea de conocimiento acerca de la cultura de sus habitantes y su relación con el medio.



II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

GENERACIÓN DE UNA CAPA ASTRONÓMICA PARA LA IDE ARQUEOLÓGICA. ARQUEOASTRONOMÍA EN EL SUR DE PORTUGAL

Gómez Castaño, José ⁽¹⁾; Rodríguez Caderot, Gracia ⁽²⁾; Mejuto, Javier ⁽²⁾.

⁽¹⁾ ADIF; ⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid

5 Arqueoastronomía en el Sur de Portugal

Como ejemplo práctico de generación de esta nueva capa con información astronómica, hemos elegido el proyecto que la Fundación Gulbenkian está llevando a cabo en algunos yacimientos del sur de Portugal, y que han sido descritos en el apartado 2

Concretamente al yacimiento de Moreiros, localizado en Arronches, Évora, donde se encuentran construcciones cerradas con muros de forma ondulada. La metodología seguida ha unido técnicas GIS tradicionales, con mediciones sobre el terreno durante el mes de Agosto de 2011, junto a una prospección geofísica realizada con anterioridad, a la que hemos añadido la parte arqueoastronómica. Los elementos geofísicos fueron descritos en Mejuto et al, 2011[19]

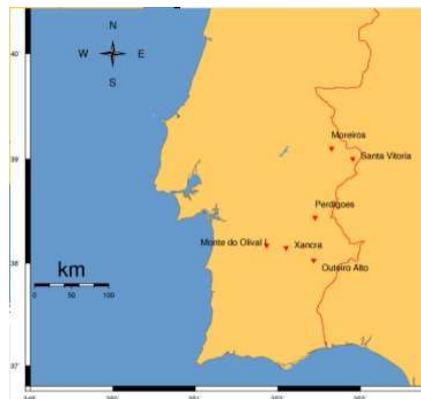
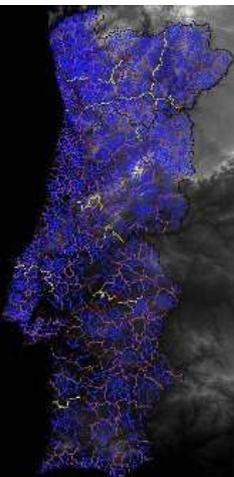


Figura 2. Ubicación de Moreiros

La primera peculiaridad de este proyecto reside en que el yacimiento no ha sido excavado, con lo que las estructuras no pueden ser orientadas sobre el terreno. Para conocer su disposición nos hemos referido a la prospección geofísica. Hemos obtenidos medidas GPS muy precisas para poder ubicarlo sobre la cartografía. A partir de estas mediciones obtuvimos las coordenadas geográficas y UTM (EPSG: 25829). Para el modelo de elevaciones hemos utilizado el proporcionado por el SRTM para la zona.



II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

GENERACIÓN DE UNA CAPA ASTRONÓMICA PARA LA IDE ARQUEOLÓGICA. ARQUEOASTRONOMÍA EN EL SUR DE PORTUGAL

Gómez Castaño, José ⁽¹⁾; Rodríguez Caderot, Gracia ⁽²⁾; Mejuto, Javier ⁽²⁾.

⁽¹⁾ ADIF; ⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid

Como mapa base de la zona se ha utilizado la cartografía proporcionada por el Instituto Geográfico Portugués, que ofrece servicios OGC para ello.

En paralelo a la toma de datos sobre el terreno se eligió estudiar el orto y ocaso solar durante los solsticios y equinoccios, para compararlo con alguna posible alineación. La fecha de referencia elegida fue el 4000 a.c.

Una vez generada la capa arqueológica a partir de la información geofísica y las posiciones GPS, se procedió al levantamiento del perfil del horizonte. Para ello se desarrollaron los programas necesarios para implementar la metodología descrita en los apartados 3 y 4. Por último se obtuvieron los gráficos de perfil de horizonte y capa shapefile con las líneas sobre el terreno con la orientación de los puntos.

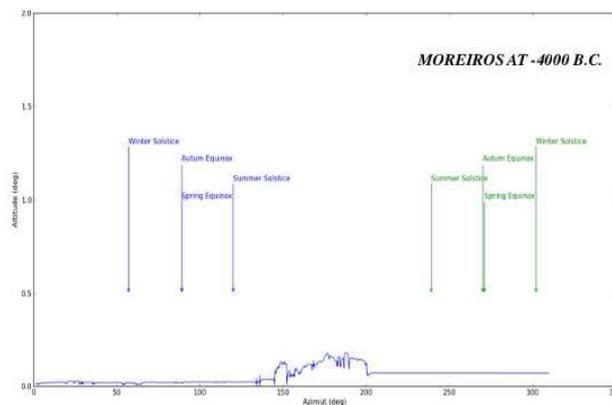


Figura 3. Perfil del horizonte y posiciones del sol



GENERACIÓN DE UNA CAPA ASTRONÓMICA PARA LA IDE ARQUEOLÓGICA. ARQUEOASTRONOMÍA EN EL SUR DE PORTUGAL

Gómez Castaño, José ⁽¹⁾; Rodríguez Caderot, Gracia ⁽²⁾; Mejuto, Javier ⁽²⁾.

⁽¹⁾ ADIF; ⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid

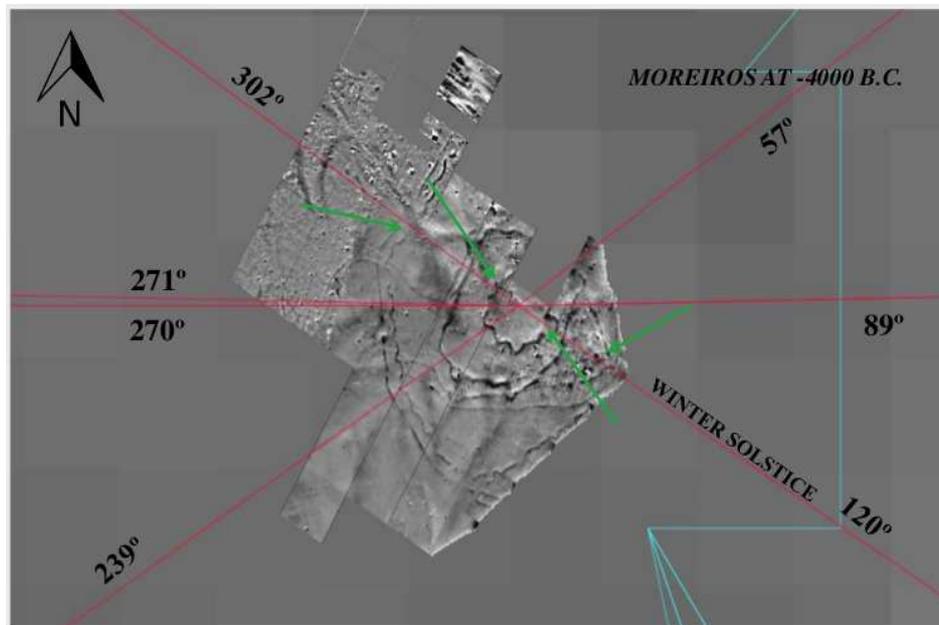


Figura 4. Capa Arqueoastronomía sobre planta arqueológica

Como se puede ver en la figura 4, se han representado en rojo las líneas que indican los puntos de orto (a la derecha) y ocaso (a la izquierda), para los momentos de los equinoccios de primavera y otoño (puntos superiores e inferiores), y los solsticios (centrales), para el año 4000 a.c.. Las flechas verdes indican la ubicación de las puertas del recinto, que coinciden con algunos de estos puntos, para un observador situado en el centro del mismo. Esto lleva a pensar que fueron construidas en esa posición con cierta intención.

GENERACIÓN DE UNA CAPA ASTRONÓMICA PARA LA IDE ARQUEOLÓGICA. ARQUEOASTRONOMÍA EN EL SUR DE PORTUGAL

Gómez Castaño, José ⁽¹⁾; Rodríguez Caderot, Gracia ⁽²⁾; Mejuto, Javier ⁽²⁾.



II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

⁽¹⁾ ADIF; ⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid

Como trabajo final, se publica la capa arqueoastronómica por medio de un servidor Geoserver en una intranet, para permitir a los investigadores el acceso a la información.

6 Conclusión

La aplicación de la Arqueoastronomía a los yacimientos arqueológicos supone una nueva herramienta de gran valor, al verse de forma palpable la relación entre fenómenos astronómicos y elementos de la cultura estudiada. Queremos destacar la oportunidad que ofrece la IDE como medio para la publicación de este tipo de información, permitiendo el uso de los complejos cálculos astronómicos dentro de un ámbito arqueológico.

Como trabajo futuro se abre la posibilidad de empezar a ofrecer este servicio en Internet, y pasar de efemérides calculadas para un lugar en concreto a cálculos bajo demanda y capas integrables en tiempo real en cualquier cliente IDE. Se está trabajando para crear un servicio WPS que cumpla con el estándar OGC.

Referencias

- [1] Cerdeño, M. L., Rodríguez, G., Moya, P. R., Ibarra, A. & Herrero, S. Los estudios de Arqueoastronomía en España, estado de la cuestión, Trabajos de Prehistoria 63(2): 13–34. (2006)
- [2] Belmonte, J. A. Arqueoastronomía Hispánica. Prácticas astronómicas en la Prehistoria de la Península Ibérica y los archipiélagos balear y canario, Equipo Sirius. (2000)
- [3] Esteban, C. La Arqueoastronomía en España, Anuario del Observatorio Astronómico pp. 309–322. (2003)
- [4] Wood, J. Choir Gaure, Vulgarly called Stonehenge, on Salisbury Plain.(1747)
- [5] Stukeley, W. Stonehenge, a temple restor'd to the British Druids.(1740)
- [6] Lockyer, J. N. (1909). Stonehenge and other British Stone monuments astronomically considered, Macmillan and Co., Limited. (1909)
- [7] Thom, A. (1954). The solar observatories of megalithic man, Journal of the British Astronomical Association 64: 396–404.(1954)
- [8] Thom, A. Megalithic sites in Britain, Oxford University Press. (1967)
- [9] http://www.idearqueologia.org/GTT_PAH/?q=taxonomy/term/3
- [10] Valera, A. & Becker, H. (2010). Arqueoastronomía, geofísica e recintos de fosos da prehistória recente no sul de portugal, Actas do 8 Encontro de Arqueologia do Algarve.



- [11] Purrington, R. Heliacal rising and setting: Quantitative aspects, *Archaeoastronomy* 12(1988)
- [12] <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>
- [13] Vondrák, Capitane & Wallace New precession expresions, valid for long time intervals, *Astronomy & Astrophysics manuscript* . (2011)
- [14] USNO . Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac, University Science Books.(1992)
- [15] Fricke, W., et al Fifth fundamental catalogue (FK5). part 1. the basic fundamental stars, *Astronomisches Rechen-Institut* 32.(1991)
- [16] Hoffleit, D. & Warren Jr, W. . The Bright Star Catalogue, 5th Revised, Astronomical Data Center, NSSDC/ADC. (1991)
- [17] C. Ma, et al "The International Celestial Reference Frame as Realized by Very Long Baseline Interferometry ", *The Astronomical Journal* 116 , p.516 (1998)
- [18] Spenak, F. & Meeus, J.. Five millenium catalog of solar eclipses -1999 to +3000, JPL-NASA.(2009)
- [19] Mejuto, J., Valera, A., Gómez Castaño, J., Rodríguez-Caderot, G. & Becker, H. (2011). Ditched enclosures in southern portugal: an archaeoastronomical point of view of Portuguese neolithic and chalcolithic, *Stars and Stones: Voyages in archaeoastronomy and Cultural Astronomy - A meeting of different worlds*.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado dentro del UCM910596 Research Group: "Grupo de estudios ionosféricos y técnicas de posicionamiento global por satélite (GNSS)" en el marco del proyecto Aplicación de la Interferometría Radar Satélite y los Sistemas Globales de Navegación por Satélites en Estudios sobre Control de Deformaciones de la Cordillera Bética (AYA2010-15501 (subprogram ESP)).