

---

---

## XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica 25, 26 y 27 de Junio de 2014. Alicante.

---

---

### Transformación de una representación cartográfica convencional en una imagen oblicua semejante a la percepción visual humana sobre el terreno: desarrollo de un visor de doble ventana Mapa-Panorama. REDIAM.

Fernando Giménez de Azcárate<sup>(1)\*</sup>, Daniel Romero<sup>(2)</sup>, Juan José Guerrero<sup>(1)</sup>, Michela Ghislanzoni<sup>(3)</sup>, Luis Cuenca<sup>(4)</sup>, Francisco Cáceres<sup>(5)</sup>, José Manuel Moreira<sup>(5)</sup>.

<sup>(1)</sup> Agencia de Medio Ambiente y Agua de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía - REDIAM<sup>1</sup>

<sup>(2)</sup> RqueR tecnología y sistemas SL – REDIAM

<sup>(3)</sup> Territoria, análisis y gestión del medio SL - REDIAM<sup>1</sup>

<sup>(4)</sup> Outboxcode SL – REDIAM

<sup>(5)</sup> Viceconsejería. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía - REDIAM

---

#### Resumen

La cartografía convencional nos ofrece, a través de una proyección geográfica ortogonal (cenital), una visión del territorio que resulta tan práctica desde el punto de vista técnico como alejada de nuestra percepción habitual del mismo. En sus orígenes, las representaciones cartográficas procuraban asemejarse más a la percepción humana del territorio, representando panorámicas, o las formas más significativas del relieve desde una perspectiva oblicua o intermedia. Aunque actualmente estamos habituados a leer e interpretar mapas elaborados a través de proyecciones ortogonales, muchas personas tienen dificultades para orientarse con un mapa, y más aún para localizar las referencias de éste sobre el territorio que perciben a través de su visión.

---

\* E-mail: [fgimenezdeazcarate@agenciamedioambienteyagua.es](mailto:fgimenezdeazcarate@agenciamedioambienteyagua.es)

El Sistema de Visibilidad de Andalucía (SVA), desarrollado recientemente en el seno de la REDIAM, contiene datos que determinan cuantitativamente las relaciones visuales existentes o potenciales entre los distintos puntos del territorio andaluz. Haciendo uso de estos datos, se ha desarrollado un conjunto de algoritmos que permiten transformar la proyección panorámica tal y como es captada por la visión humana, en una proyección geográfica cenital y viceversa. De este modo, y partiendo de un punto de observación conocido, es posible obtener las coordenadas de cualquier otro punto que sea visible (o fotografiable) desde el primero, pudiendo representarse con precisión en un mapa. Asimismo estos algoritmos permiten trabajar en sentido contrario, localizando en una fotografía convencional cualquier punto que señalemos sobre un mapa de la zona, conociendo simplemente las coordenadas GPS desde donde la fotografía haya sido captada, información que cada vez más dispositivos fotográficos insertan de forma automática (geotagging).

Utilizando estos algoritmos, se ha desarrollado un visor geográfico de doble pantalla (HTML5), donde partiendo de cualquier cartografía, y fijando un punto de observación, puede representarse una imagen panorámica esquemática de tal y como sería percibida visualmente por un observador o captada por una fotografía convencional. Dado que cada punto del plano cartográfico tiene correspondencia conocida en la representación panorámica oblicua, se puede representar en dicha imagen cualquier atributo contenido en la cartografía. El mismo visualizador sirve para localizar en un plano la situación de cualquier punto que señalemos en una fotografía oblicua convencional, tras corregir ciertas deformaciones. De este modo se consigue, de manera automatizada y con gran precisión, simplificar sustancialmente la interpretación de cartografías sobre el terreno, y facilitar con ello la propia interpretación del territorio a los usuarios del paisaje.

Palabras clave: Visibilidad; Visor; Proyección; HTML5Visibilidad, visor, proyección, HTML5

## 1. Introducción

Con la información que nos proporciona el SVA hemos venido desarrollando las metodologías que permiten trasladar al plano y con gran precisión lo que un observador percibe, "tal y como lo ve" y viceversa, es decir señalar exactamente en una reproducción de nuestro entorno de visión (por ejemplo: una fotografía panorámica), cualquier punto del plano afectado por el mismo. De forma más concreta, el SVA puede decirnos la situación en el plano de un evento visto desde un punto de vista conocido, si le suministramos cierta información de la forma adecuada. De la misma manera, información determinada por sus coordenadas en el plano puede ser situada en la panorámica de un observador, si conocemos su posición (Fig.1).

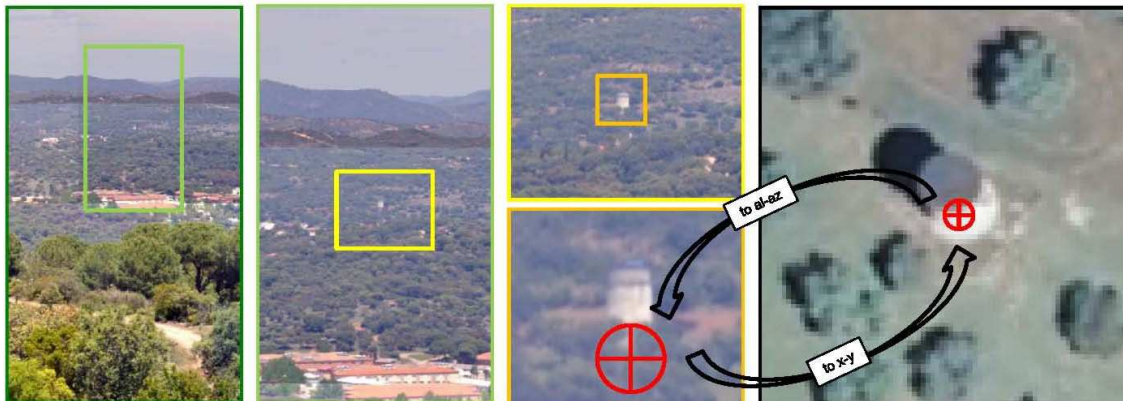


Fig. 1

## 2. El diseño del espacio.

Del SVA podemos obtener información acerca de los puntos no visibles respecto a cualquier punto de observación. Utilizando el parámetro de altura complementaria podremos saber qué superficies tienen baja accesibilidad visual desde un punto de observación. O usando el parámetro de altura de torre podríamos saber a qué altura situarnos para cubrir mayor superficie de territorio (dentro de nuestra distancia máxima de visibilidad) con nuestra visión. Lógicamente estos parámetros deben ser ponderados por otros como la accesibilidad, etc. El uso de esta información contenida en el SVA nos ayudará en una fase previa a nuestro desarrollo, para la elección adecuada de una red de puntos de observación atendiendo a los criterios que establezcamos (mayor visibilidad, Tomko et al., 2009).

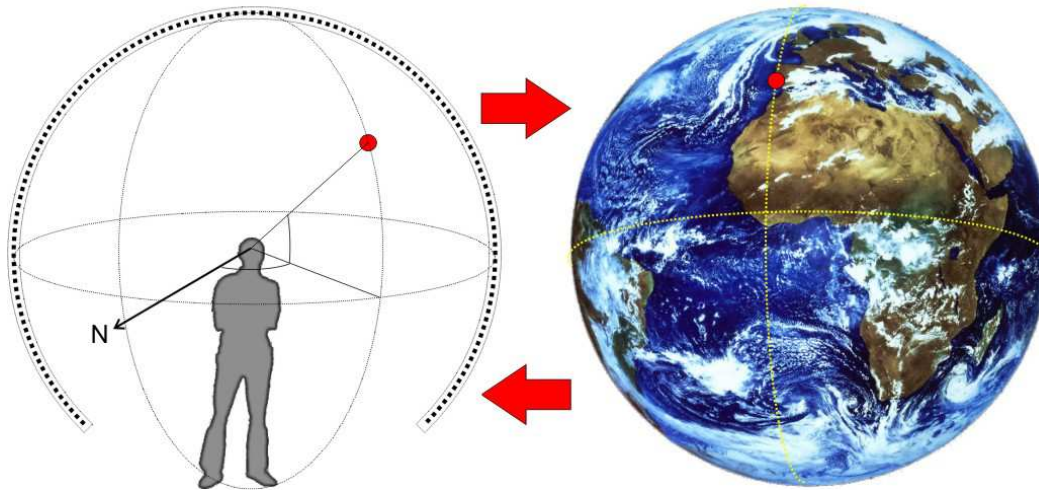


Fig. 2

A partir de aquí fijaremos como objetivo la creación de un mosaico regular que "simulará" nuestro campo de visión, pero calibrado y ampliado a los 360° (Fig.2). Llamaremos calibración o conversión en una cartografía exacta a la tarea de trazar las relaciones de todos los puntos que no son cielo de la misma, con su posición o posiciones posibles en una cartografía al uso; esto es entre sus coordenadas altazimutales, que son las que tendríamos en una vista panorámica calibrada correctamente, y sus coordenadas X e Y en el plano, y de forma automática e inmediata. Esto nos permite que cada punto de esta panorámica pueda ser llevado a plano sin dificultad, y con una elevada precisión. La aplicación más directa es el metadato de las fotografías con su contenido de forma automática, y la difusión de este contenido de forma interactiva (imagen con puntos calientes) (Batz et al., 2012).

En la forma de construir esta fotografía de alta resolución de 360° (por encima del gigapíxel), se basará la primera parte de la elaboración de este nuestro nuevo espacio panorámico (Fig.3). Es importante reseñar que hoy día existen técnicas empleadas en fotografía, que además de ser capaces de reflejarnos fielmente la realidad, nos ofrece la posibilidad de introducir datos relativos a la misma, es decir metadatarlas más allá de los que aquella ya contiene por defecto (datos relativos a su posición gps, tipo de cámara, fecha y hora, etc); o que incluso nos permiten restituir "la realidad" a una proyección diédrica, a partir de una fotografía (restitución fotogramétrica) (Brabyn y Mark, 2010; Chippendale et al., 2009)..



Fig. 3

Desde este momento, definiremos la sistemática y el instrumental para la adición regular y ordenada de cada uno de los componentes del mosaico panorámico y el etiquetado (Baboud et al, 2011) de las mismas de forma automática, posibilitando la inclusión en ellas de una información basada en la variación en coordenadas polares relativas a una posición inicial, y para cada fotografía que compone el mosaico.



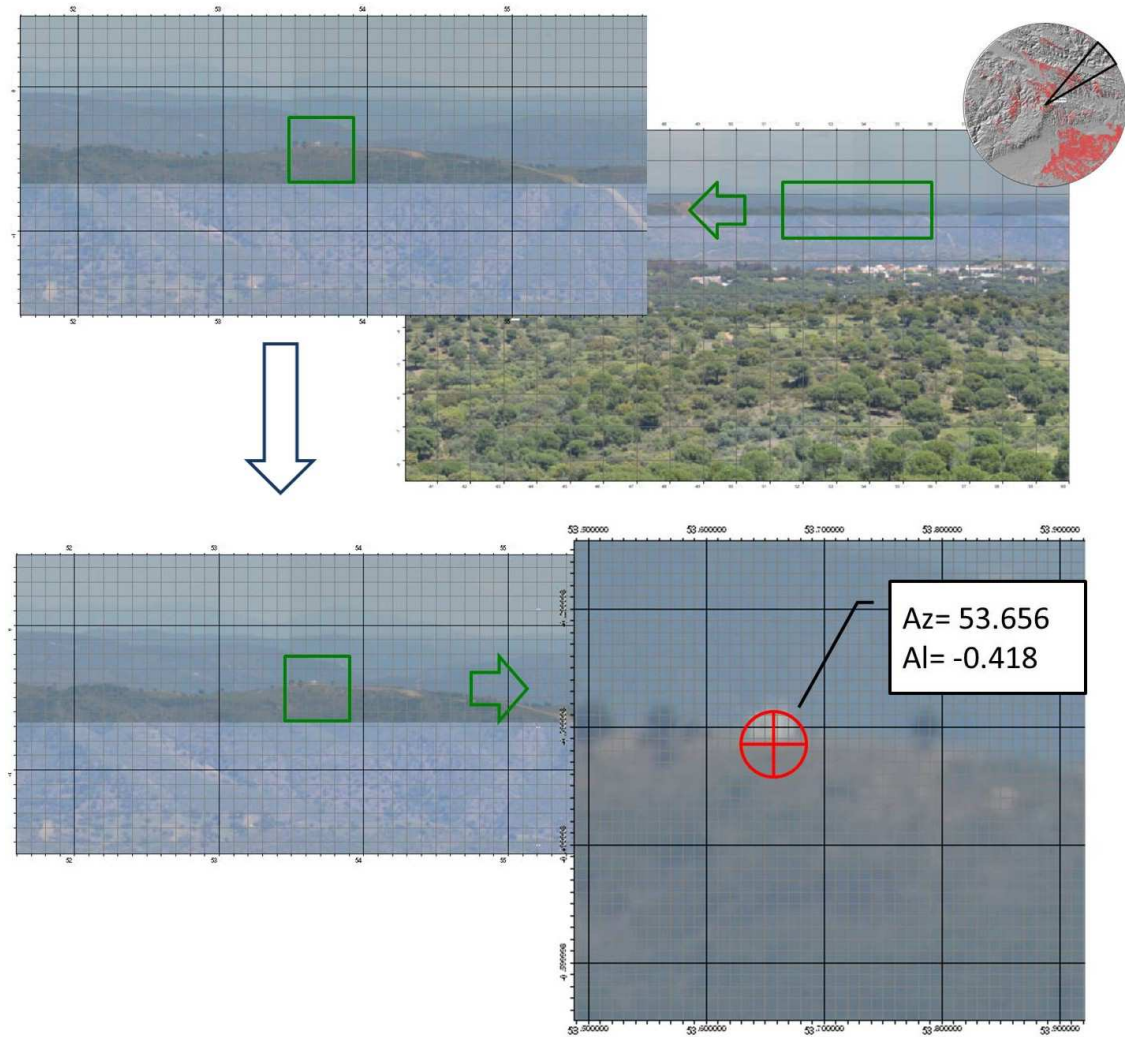


Fig. 4

Mediante la combinación de un instrumento de precisión para medición de ángulos horizontales y verticales y de un equipo fotográfico, y partiendo del modelo descrito en el que cualquier punto del territorio tiene coordenadas altazimutales referidas a otro cualquiera que es donde se sitúa el observador, estableceremos una operativa para el lanzamiento de cada una de las fotografías que formarán el mosaico, basada una serie de factores:

- La usabilidad final del mosaico. Hemos comprobado que para que sea operable, la fotografía panorámica debe tener entre 1 y 2 gigapíxeles. Su resolución nos permite hacer aproximaciones (una vez calibradas), hasta la centésima de grado (Fig.4).

- El giro horizontal y vertical del instrumental utilizado, que establecerá el número total de fotografías o tiles que componen un mosaico final que será una fotografía panorámica. Cada fotografía tendrá una posición definida por un ángulo vertical y uno horizontal (Baatz et al., 2012).
- La distancia focal del teleobjetivo. Para distancias de 200 mm hemos probado que es necesario establecer giros horizontales de no más de  $3^\circ$  y verticales de  $2^\circ$ , lo que supone un solape de alrededor del 40% por cada lado. De todas formas a mayor distancia focal del teleobjetivo, por ejemplo 500 mm más resolución tendrá el mosaico final, ya que los ángulos horizontales y verticales serán menores y habrá mayor número de unidades en el mosaico
- En todas y cada una de las fotografías que componen el mosaico, nos quedaremos con la misma porción en tamaño geometría y posición dentro de la foto, de lo que se colige que entre los tiles no habrá solape, sino que 2 tiles tendrán una línea coincidente. Elegimos esa porción de la zona central de cada foto porque es la que sufre distorsión geométrica o su distorsión es inapreciable.
- La obtención de todos los parámetros referidos al observador en cualquier punto del territorio (tenemos las coordenadas de altitud y azimut de cualquier punto referidos a cualquier observador) y su relación a la fotografía panorámica (Fig.5).



Fig. 5

La mayoría de las técnicas de ensamblaje de fotografías están basadas en la composición de múltiples fotografías o foto stitching (personalizada para cada propósito), (Gemino et al., 2001) técnicas que si bien corrigen y transforman una imagen y la armonizan desde el punto de vista del color, no hacen referencia a ningún sistema de coordenadas, relativo o absoluto. En el caso que nos ocupa hemos establecido una sistemática de composición de un lienzo para el cual podemos establecer unas reglas que permitan como resultado final referenciar cada punto de nuestra imagen a un sistema. Así previamente a la formulación o el establecimiento de cualquier algoritmo, hemos procedido de forma lógica evaluando el conjunto de tareas que nos han permitido restituir el espacio percibido convirtiéndolo en una proyección diédrica (de forma similar y análoga al proceso de restitución fotogramétrica).

En una última fase ha sido preciso dotar a la herramienta propuesta de las propiedades que nos permitan usarla dinámica e intuitivamente. Si anteriormente concretamos procesos que nos permitieron trasladar cualquier punto desde una reconstrucción parametrizada de nuestro campo de visión a un mapa común y viceversa, en esta fase el objetivo es definir y diseñar los procesos y algoritmos que caracterizan la herramienta y que nos permiten obtener respuesta simultáneamente en ambos espacios (altazimutal y cenital) y ante cualquier consulta u operación solicitada por el usuario. Éstas consistirán en:

- Diseño e implementación de un visor para imagen panorámica, con cobertura de 360 grados, continuo tileable, cuya imagen está completamente georeferenciada y parametrizada para su integración con el resto de módulos que componen la herramienta (Ida y Fleuriot, 2013).
- Diseño independiente e implementación del visor plano para localización XY. Consiste en el desarrollo de un espacio plano donde se muestran los puntos de superficie proyectados dentro de la zona de visión correspondiente y donde cada uno de los puntos XY tiene una localización asociada dentro del visor panorámico, resolviendo así la relación plano-panorámica entre los puntos de localización (Okabe et al., 1992)
- Implementación de las conexiones entre los visores que dan a la herramienta una experiencia de usuario adecuada y una metodología de consulta eficiente.
- Implementación de los algoritmos de cálculo para las operaciones en vivo y la integración de datos precalculados desde el servidor externo (De Berg et al., 1997)
- La implementación de la herramienta y todos sus módulos se ha realizado sobre tecnología web HTML5 y ha sido programada en Javascript. (Holdener III, 2011; Gerthausen et al, 2010)

### 3. Aplicaciones principales

#### 3.1. Localización precisa y temprana de focos de incendio

Del mismo modo el SVA es capaz de decirnos la situación en el plano de un suceso visto desde un punto de vista conocido, si le suministramos cierta información de la forma adecuada. Análogamente. La funcionalidad del SVA, mencionada al principio de este artículo (información determinada por sus coordenadas en el plano puede ser situada en la panorámica de un observador, si conocemos su posición), la podemos aplicar a la localización precisa de focos de incendio a través de la implementación de un sencillo sistema basado en dos partes:

- La primera de ellas es dotar a la torre de vigilancia del instrumento apropiado para la obtención de la localización altazimutal del evento que es detectado por el vigía. El propio vigía puede comunicar, a través de la radio convencional de la torre, si no se quieren implementar sistemas más sofisticados, estas coordenadas al Centro de Operaciones (COP).
- La segunda parte se encontrará en el COP y se compone de los sistemas informáticos necesarios para la traslación de las coordenadas altazimutales recibidas de la torre a coordenadas en el plano, junto con una estimación de la fiabilidad de esta traslación, y de representar el evento sobre una fotografía panorámica de alta resolución tomada previamente desde la torre desde la que se ha detectado o sobre otras tomadas desde el resto de torres del sistema, de manera que el técnico del COP pueda hacerse una idea de conjunto sobre la peligrosidad objetiva del incendio a través del análisis visual (tanto en plano como en panorámica) del área desde diferentes puntos de vista, incluso cruzando información con capas existentes como modelos de combustible, especies protegidas, etc..

Además, el sistema permitiría el flujo de información en sentido contrario, esto es, un evento cuya localización en plano nos es conocida (sea por medio del procedimiento anterior o por otro cualquiera, como una alerta de campo) puede ser trasladado a la visión panorámica desde cualquiera de las torres incluidas en el sistema, lo que permite un seguimiento del evento mucho más afinado, hasta la llegada de los activos que se destaquen.

La operativa propuesta es sencilla; en caso de visión directa del incendio, mediante el uso de instrumentos de medida como el teodolito, se miden los ángulos de azimut y altitud hacia la base de la llama, datos que se comunican al COP. Es allí donde el software traslada estas coordenadas a una situación en plano. Sencillo y con una alta precisión (Fig.6). Para este caso no es necesario ningún tipo de triangulación, siendo suficiente con la lectura desde una sola torre.

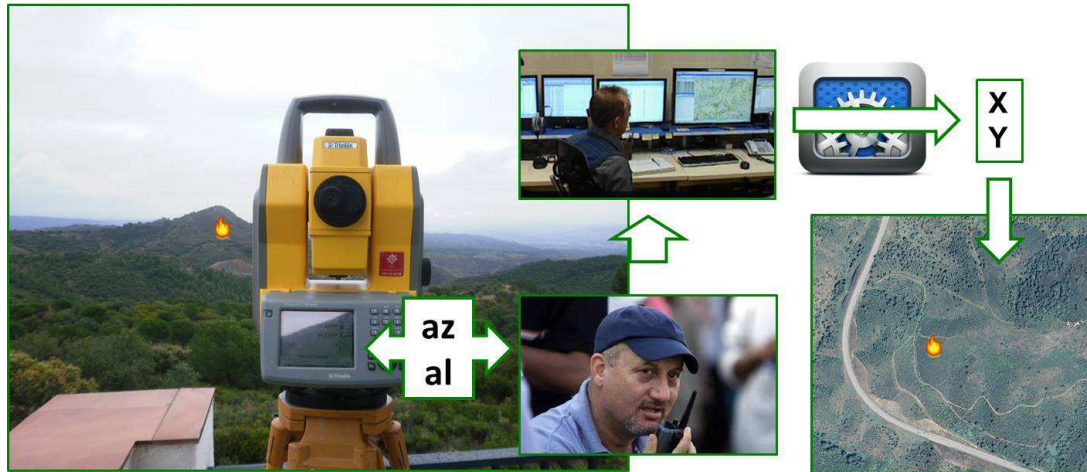


Fig. 6

Si lo que se avista es humo y no fuego, la operativa se complica un poco pero se resuelve fácilmente. Al introducir los datos de azimut y altitud de la base de la columna de humo en el sistema, éste detectará que se encuentra sobre una 'línea de horizonte', y dará como salida un polígono alargado, que comprende todas las posiciones del fuego. Con esta información, ya podemos comparar estas posiciones con el mapa de alturas complementarias de la torre vigía, estimando así el tiempo máximo que lleva activo. Si este polígono es lo suficientemente corto, el fuego puede darse por localizado.



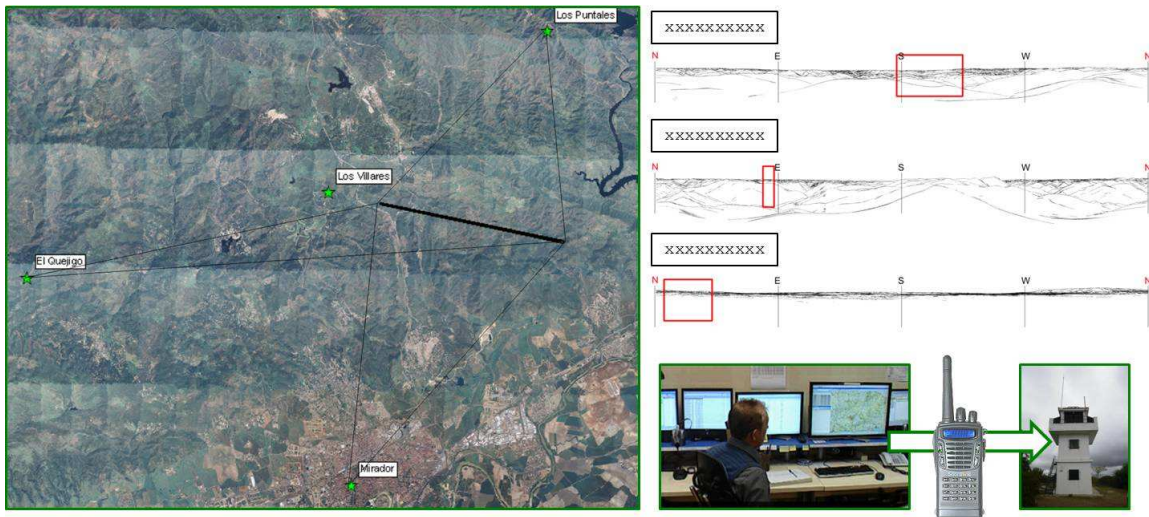


Fig. 7

En caso contrario (si el polígono calculado es demasiado largo), el operador en el COP puede pedir al sistema que le relativice este polígono a todas las posiciones del resto de torres vigía de la red. Se generan entonces unas ventanas de observación, una para cada vigía, que se comunican de forma individualizada (Fig.7). Los vigías situados en estas torres podrán pues centrarse en la observación de esta ventana. Cuando uno de los vigías avisados avista la columna de humo, se repite el proceso y se obtiene un nuevo polígono de posibilidades. En la intersección de ambos estará, con toda probabilidad, el foco del incendio (Fig.8).

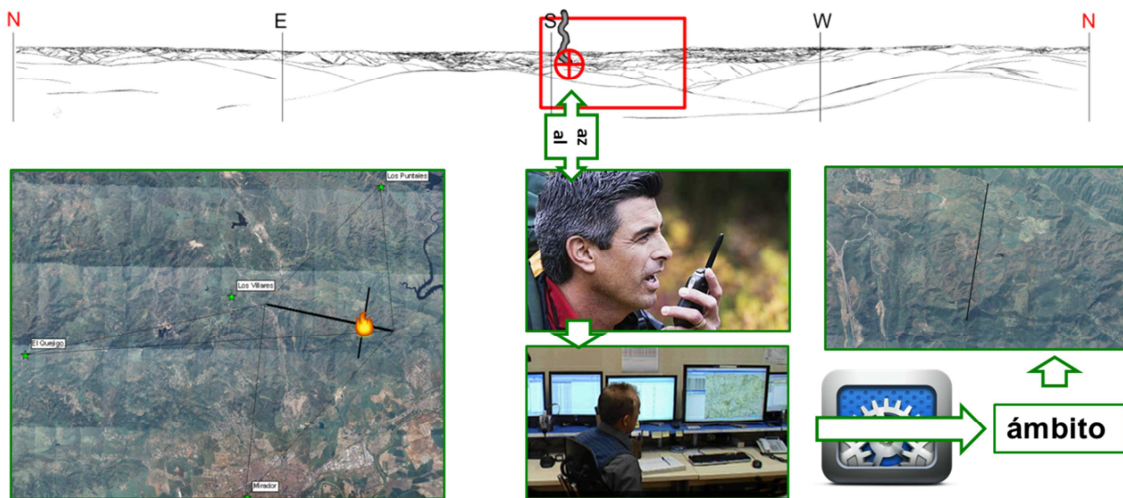


Fig. 8

El sistema está fundamentado en la preexistencia de una red de vigilancia estable (torres vigía), y en la pericia de los vigías en la labor de detección de incendios, pero puede dotar al sistema actual de localización de una precisión y velocidad mucho mayores. En particular, el SVA puede ayudar a:

- Precisar la localización de un incendio si existe visión directa desde una sola torre, sin necesidad de triangulación.
- Establecer distintos ámbitos de probabilidades de situación de un incendio detectado por su columna de humo, y relacionarlo con su peligrosidad potencial.
- Ayudar a la coordinación entre las distintas torres y el COP en caso de detección por columna de humo (triangulación necesaria).
- Precisar la localización de incendios en casos de visibilidad reducida.

Esta aplicación del SVA fue probado en una jornada en el Centro Operativo Provincial (COP) de Córdoba, donde se comprobó su validez y aportaciones.

### 3.2. Difusión y elaboración de contenidos digitales.

En las últimas décadas, las TICs han evolucionado significativamente en diversos aspectos: se consiguen mayores velocidades de cómputo, se dispone de más capacidad de transmisión, se ofrecen prestaciones más avanzadas, lo que, junto con un abaratamiento en los costes, hace posible la implantación de estas tecnologías ofreciendo un número cada vez mayor de servicios útiles. Este desarrollo tecnológico está abriendo un abanico de posibilidades en lo que creación y difusión de contenidos culturales se refiere, lo cual se refleja en la aparición de nuevos conceptos aplicados al diseño de páginas web, aplicaciones móviles, digitalización y difusión de contenidos culturales, etc.

Hasta el momento muchas de ellas se concretaron en el desarrollo de plataformas que permiten visualizar fotografías panorámicas de alta resolución. Todas ellas realizadas con gran cantidad de recursos tecnológicos permiten visualizar entornos generalmente urbanos desde un punto concreto, radicando su mayor valor en su alta definición (alguna llega a alcanzar los 100 mil millones de píxeles).

Algunas de las anteriores se complementan incluso con un visor plano que permite cierta interacción con la fotografía, incorporando elementos útiles que ayudan a navegar por la misma, como un cono de visión que de una forma más o menos exacta nos indica lo que queda dentro de nuestro campo de visión. Este visor plano (que puede ser un mapa- imagen de Google Maps) contiene gran cantidad de información, aunque la capacidad de interacción del producto sólo discurre en el sentido plano- fotografía; es decir, es posible apuntar determinados elementos en el plano y estos quedan enfocados en la fotografía. Estos recursos que utilizamos con mucha naturalidad requieren gran cantidad de medios humanos y materiales para incluir información ya que estos datos tienen que ser introducidos uno a uno y por personal que tenga cierto conocimiento del medio.

La nueva herramienta ofrecerá la posibilidad de convergencia del contenido cartográfico accesible y publicado, instantáneamente en una fotografía panorámica y viceversa, es decir la posibilidad de localización en una fotografía tomada desde un punto determinado, de cualquier elemento, o conjunto de ellos que tenemos localizados en una cartografía cualquiera (proyección cenital) de forma automática.

Además el nuevo espacio nos permitirá realizar nuestras propias cartografías con nuestros propios contenidos, es decir, a partir de una fotografía panorámica seremos capaces de elaborar mapas para esos

puntos de observación cuyos resultados se irán reflejando automáticamente en una proyección cenital o en un mapa al uso (Fig.9).

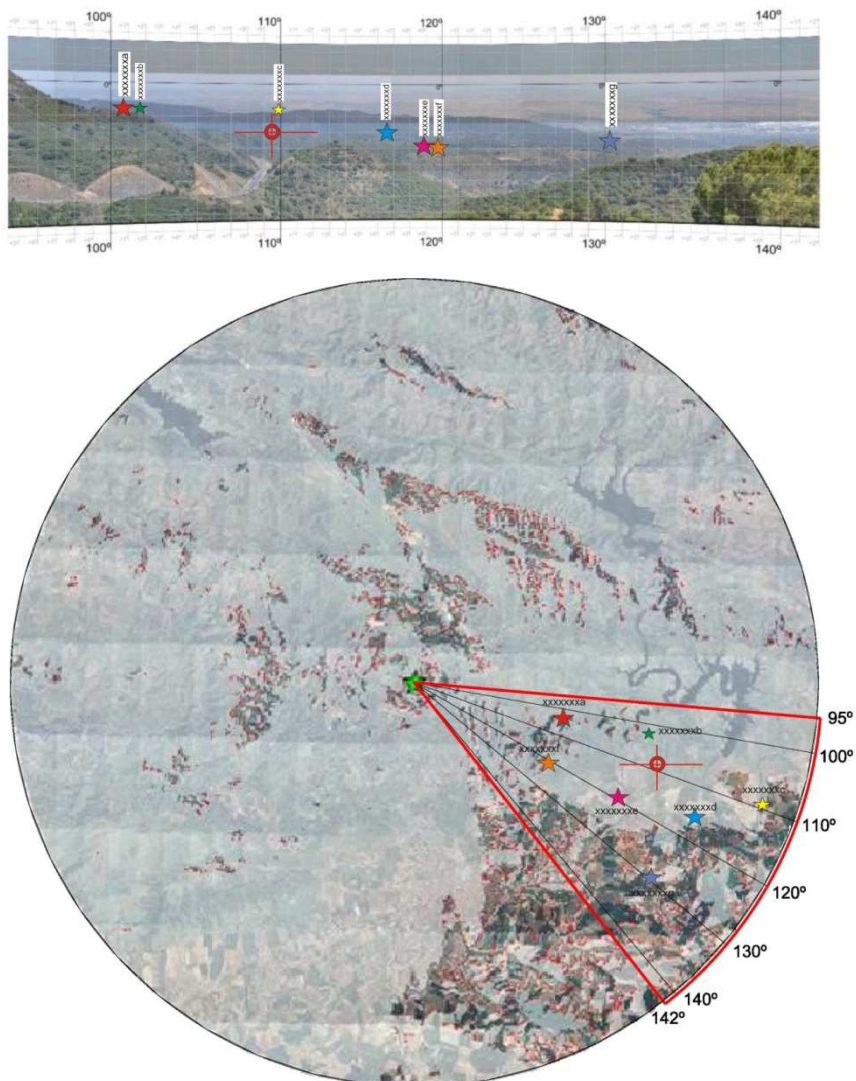


Fig. 9.

#### 4. Conclusiones.

La valoración de los distintos puntos de observación se realiza en base a los parámetros ofrecidos por el SVA para los mismos, verificando sus condiciones "in situ". Así, aunque se mantenga limitado en cuanto a extensión geográfica, debido a su ámbito de aplicación, a sus entornos operativos y a su capacidad de carga, se deben establecer las bases metodológicas que han de aplicarse para llevar a cabo las explotaciones

adecuadas de los datos, y determinar de forma más perfilada las características necesarias del sistema a los niveles físico, lógico y de mantenimiento.

El resultado de la presente investigación es el desarrollo de un nuevo paradigma de visualización basado en la interoperabilidad de dos sistemas de proyección para un mismo espacio; uno el clásico cenital y otro, el panorámico, muy intuitivo, pero hasta el día de hoy poco convergente con el primero. Ello, irá unido a una innovadora metodología de diseño, que descansa en los conceptos de simultaneidad y feedback para solventar las deficiencias inherentes a las aproximaciones de la fotografía panorámica en el aporte a la difusión, creación y proyección de contenidos digitales y en la ayuda a la localización temprana de incendios forestales.

## Referencias

- Tomko, M., Tratwein F., Purves, R.S. (2009). Identification of Practically Visible Spatial Objects in Natural Environments, *Advances in GIScience. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springe-Verlag Berlin Heidelberg* pp 1-23.
- Baatz, G., Saurer, O., Köser, K., Pollefeys, M. (2012). Large Scale Visual Geo-Localization of Images in Mountainous Terrain . *ECCV 2, Lecture Notes in Computer Science, volume 7573 Springe-Verlag Berlin Heidelberg*, pp. 517-530.
- Brabyn,L. and Mark, D.M.(2011). Using viewsheds, GIS, and a landscape classification to tag landscape photographs *Applied Geography 31*, pp. 1115-1122.
- Chippendale, P., Zanin, M., Andreatta, C. (2009) Collective Photography. 2009 *Conference for Visual Media Production, (CVMP 2009), IEEE International*, London 12-13 november 2009, pp. 188-194.
- Baboud, L., Cadik, M., Eisemann, E., Seidel, H.-P.,(2011) Automatic Photo-to-terrain Alignment for the Annotation of Mountain Pictures. *Proceedings of the 2011 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, (CVPR), 2011 IEEE Conference on Providence, Richmond, VA, USA, 20-25 July 2011*, pp. 41-48.
- Germino, M.J., Reiners, W.A., Blasko, B.J.,McLeod, D., Bastian, C.T.(2001) Estimating visual properties of Rocky Mountain landscapes using GIS. *Landscape and Urban Planning 53* , pp.71-83.
- Ida, T., Fleuriot, J.(Eds.),(2013). Automated Deduction in Geometry. *9th International Workshop, ADG 2012, Edinburgh, UK, September 17-19 2012. Revised Selected Papers. Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 193p.
- Okabe, A., Boots, B., Sugihara, K. (1992). Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams. *John Wiley \& Sons, Inc. New York, NY, USA*, 532p.
- De Berg, M., Cheong, O., Van Kreveld, M., Overmars (1997), M. Computational Geometry: Algorithms and Applications. 2008, *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. 386p.
- Holdener III, A.,(2011). HTML5 Geolocation. *O' Reilly Media Inc. Sebastopol, CA, USA*. 116p.
- Gerhäuser M., Valentin, B., Wassermann, A.(2010). JSXGraph--Dynamic Mathematics with JavaScript. *International Journal for Technology in Mathematics Education, 17(4)*,pp. 211-215.