

UBICACIÓN PRECISA DE EVENTOS PUNTUALES MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, APLICACIÓN A LOS INCENDIOS FORESTALES

Autores:

Javier de Vicente López*, Cecilia Poyatos Hernández*, M^a Carmen Roig Requena*, Javier Selva Serrano**

* VAERSA, C/ Francisco Cubells, 7. 46011 Valencia. Tlf.: 961971999, Correo electrónico: sigincendios@vaersa.org

** Desarrollos Digitales para el Medio Ambiente C/ Arriaza, nº 14, 28008 Madrid. Tlf.:915470162. Correo electrónico: info@dedima.com

Resumen

Las consecuencias ante determinados eventos puntuales en el territorio, como incendios forestales, dependen del tiempo de respuesta. En éste destacan dos componentes: El tiempo de ubicarlos con precisión y el tiempo de análisis del entorno y los recursos disponibles para responder al evento. La Comunidad Valenciana ha desarrollado una aplicación destinada a la gestión de los focos de incendios forestales, localizados desde los observatorios de vigilancia. Consta de dos módulos encargados de la ubicación precisa del foco y del análisis del entorno. La ubicación se realiza a partir de fotografías panorámicas digitales de alta resolución tomadas desde cada observatorio. Estas fotografías se corrigen mediante técnicas fotogramétricas, de modo que se le asigna a cada píxel sus correspondientes coordenadas geográficas. El modelo digital resultante permite posicionar un punto de la fotografía sobre el terreno, obteniéndose unos errores medios cuadráticos inferiores a 3 metros. Finalmente se ha integrado en un servidor de mapas a través de Internet permitiendo contextualizar el foco de incendio en el conjunto de características geográficas y de infraestructuras de extinción que lo rodean, y el acceso descentralizado al sistema.

Palabras Clave: Fotografía panorámica, Visibilidad, Georreferencia, Servidor de Mapas, Colinealidad

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales arrasan cada año cerca de medio millón de hectáreas en el sur de Europa (SAN MIGUEL AYANZ, 2002), con las consiguientes pérdidas económicas y ecológicas. En la Comunidad Valenciana este fenómeno es muy acusado. De hecho, durante el periodo 1988 – 2003, se produjeron un promedio de 569 incendios cada año, que afectaron como media a 19.651 ha, de las que más del 53% eran arboladas. El abandono del entorno rural, el uso del fuego como herramienta para el manejo de la vegetación, o el incremento de las actividades de ocio en el entorno del monte, han incrementado el riesgo de incendios de origen natural y antrópico. Aunque la superficie incendiada y el número de incendios muestran una tendencia a disminuir, presentando más del 60% de los incendios menos de 1 ha., los grandes incendios son responsables de más del 90% de la superficie total incendiada (G.V., 2004a). Este hecho pone de manifiesto la importancia que tiene la rapidez y precisión en la detección y ubicación del inicio de un incendio forestal, la cual condiciona todo el operativo de extinción consiguiendo que un conato no se convierta en un gran incendio (NICOLÁS y PALACIOS, 2004)

Actualmente, la detección de focos de incendio forestal en la Comunidad Valenciana se basa en una red de 71 observatorios de vigilancia desde los que se comunica a los centros provinciales de coordinación de emergencias la aparición de un humo y su localización

aproximada. Este procedimiento tiene la ventaja de su sencillez pero, no permite posicionar de forma precisa el foco (a excepción de las veces que es visto desde dos observatorios y se pueden cruzar los acimut), no aporta información añadida de valor para la toma de decisiones (comunicaciones, vegetación...) y, si el operario del observatorio no conoce de la toponimia del lugar, puede retrasar la transmisión de la información básica para ubicar el conato. A partir de esta red de observatorios se ha diseñado un sistema con las siguientes condiciones previas: que permita ubicar de forma precisa los humos avistados, que sea fácil e intuitivo de interpretar, cuyo resultado se pueda integrar en un Sistema de Información Geográfica (en adelante SIG) permitiendo aumentar la cantidad y calidad de información aportada y, finalmente, que sea accesible a través de Internet y por múltiples usuarios. Para ello se han empleado herramientas de fotogrametría terrestre y de Servidores de cartografía en Internet o *Web Mapping Server* (en adelante, WMS).

El sistema planteado se basa en la obtención de una serie de fotogramas que cubran todo el campo visual desde cada observatorio de vigilancia. Estas fotografías se mosaican, corrigen y proyectan de modo que se evitan distorsiones y duplicidades. Mediante técnicas de fotogrametría, y empleando el Modelo Digital del Terreno (en adelante MDT) a escala 1:10.000 como referencia, se georreferencia la proyección obtenida. De este modo se genera una panorámica sintética de cada observatorio en la que cada punto de la misma tiene sus correspondientes coordenadas geográficas. Las técnicas de fotogrametría permiten georreferenciar imágenes, estableciendo una relación biunívoca entre el plano imagen y el objeto. En este sentido, la fotogrametría terrestre se ha hecho más eficiente y económica debido al avance de la tecnología digital, al desarrollo de los programas de procesamiento de datos, y a la posibilidad de emplear cámaras no métricas en múltiples aplicaciones fotogramétricas sin pérdida de rigurosidad (LERMA, 2004).

Una vez implementada la herramienta para ubicar sobre el terreno, con suficiente precisión, un punto del campo visual del observatorio, el siguiente paso consiste en enmarcar dicha ubicación en una realidad geográfica concreta. Si bien los SIG aparecen como herramientas óptimas para este propósito, el servicio ofrecido deberá estar disponible en modo distribuido puesto que los usuarios finales serán los técnicos de los centros de coordinación de emergencias, los desplazados en el Puesto de Mando Avanzado del incendio o los técnicos de guardia en las oficinas territoriales de la Conselleria de Territorio y Vivienda (G.V., 2004b). En este sentido, los WMS reúnen las posibilidades de los SIG para visualizar y analizar información geográfica con formatos y fuentes muy diversas, con las posibilidades de Internet para la distribución e intercambio de información constituyendo, de hecho, un SIG a través de Internet (SERRA, 2002). Se ha diseñado un servidor de mapas en Internet en el que los usuarios pueden visualizar la ubicación de los posibles focos de incendio junto con el resto de información relevante para la toma de decisiones respecto a los trabajos de pre-extinción y extinción (comunicaciones, red de cortafuegos, vegetación, pendientes, depósitos de extinción, etc.). El empleo de este sistema, además contextualizar la ubicación del foco, permite a todos los usuarios acceder a los mismos recursos, tanto de datos geográficos como herramientas de análisis (OGC, 2004), ayudándoles en la interpretación y asimilación del exceso de información (McKEE, 2004) que pueden recibir y necesitar ante la eventualidad de un foco de incendio.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el desarrollo del sistema se diferencian cuatro etapas: trabajo de campo para la obtención de imágenes y puntos de control, trabajo de procesado fotogramétrico de las

imágenes, integración del modelo fotogramétrico en un WMS, elaboración de manuales y puesta en marcha del sistema.

Trabajo de campo; obtención de imágenes y puntos de control

Tal y como se ha indicado en la introducción, las técnicas de fotogrametría terrestre permiten emplear cámaras no métricas para la obtención de imágenes que, posteriormente, se proyectarán y georreferenciarán. En el proyecto se ha empleado una cámara digital Canon EOS-D60 con un objetivo canon 50 mm 1.4. La resolución de la cámara es de 6,3 Megapíxel, con una resolución alto/ancho de 31.562/2.068 píxel. El factor de corrección de la cámara es 1,6, lo que da como resultado una resolución de 21 cm. a una distancia de 1.000 metros de la cámara. La cámara se acopla sobre un cabezal panorámico manfrotto para Quicktime-VR con corrección de punto nodal. Todo ello montado sobre un trípode manfrotto con dos puntos de nivelación.

Para la toma de imágenes, puesto que en la mayoría de los observatorios resulta imposible realizar un barrido de 360° de la cámara sin desplazar la misma, se han realizado cuatro secuencias de fotogramas (tomas), una por lado o esquina del observatorio según el caso, empleando el siguiente protocolo de trabajo: La cámara se instala sobre el trípode empleando en las cuatro tomas de imágenes la misma focal y ángulo de inclinación vertical, en función del relieve de la zona. El Norte geográfico se sitúa en la parte central de alguna de las tomas para facilitar la generación de los mosaicos. En cada toma se realizan 11 fotogramas, siempre en sentido dextrógiro, con un 20% de porcentaje de solape entre tomas y con un solape entre imágenes de la misma toma suficiente para identificar puntos homólogos en cada par de fotografías.

Una vez tomadas las imágenes se identifican en el campo los puntos de control que servirán para ajustar la georreferenciación de la imagen completa. Para cada observatorio se han medido un mínimo de 15 puntos de control distribuidos en tres anillos concéntricos alrededor del observatorio y a unas distancias medias de 1, 5 y 20 km. respectivamente. En cada uno de los anillos se localizaron 5 puntos claramente visibles e identificables en las fotografías. Se midieron sus coordenadas XYZ mediante GPS de precisión métrica.

Trabajo de procesamiento fotogramétrico

Se han procesado las imágenes para conseguir una imagen panorámica continua de 360°. La orientación de las imágenes se realiza mediante un ajuste simultáneo por mínimos cuadrados en el que entran tanto las ligaduras entre imágenes como con el terreno. De esta forma, no hay una división secuencial clásica entre orientación relativa y absoluta garantizando así una mejor distribución de los residuos finales (SHUM, 1998). El proceso de ajuste se ha realizado hasta una distancia de 30 Km. desde el observatorio, distancia que se considera suficiente dada la visibilidad en condiciones normales de atmósfera y la densidad de la red de observatorios de vigilancia. Se ha dividido el proceso total en cuatro etapas bien diferenciadas:

1. Identificación de puntos en las imágenes. Se han identificado dos tipos puntos. En primer lugar, se asignan las coordenadas columna/línea de los puntos de control medidos con GPS sobre todas las imágenes en las que éstos son visibles. Además se buscan no menos de 15 puntos de correspondencia entre cada par de imágenes consecutivas (Puntos de Transferencia) que proporcionan el solape relativo entre todas ellas. Por su parte, las coordenadas terreno de los puntos de control se transforman a un Sistema Local de Coordenadas que facilita la determinación de las aproximaciones iniciales a las incógnitas

que, como veremos más adelante, es necesario resolver para determinar el sistema con precisión.

2. Ajuste fotogramétrico. Los datos anteriores entran en un proceso de ajuste por mínimos cuadrados (MIKHAIL, 1976) con objeto de determinar un valor óptimo para las incógnitas ajustables del sistema. Para ello se han empleado las ecuaciones utilizadas son las de colinearidad (WONG, 1980) más las que calibran la cámara, esto es, modelizan las distorsiones ópticas de la misma y refinan ciertos parámetros sólo conocidos a nivel nominal (dado que no se trata de una cámara métrica) (SAWHNEY, 1999). En particular, para un observatorio concreto, aparecen las siguientes incógnitas a resolver:
 - a. 3 ángulos de orientación de la cámara por cada fotograma
 - b. 3 coordenadas de posición (XYZ) de captura de imagen por cada panorámica
 - c. 8 parámetros de autocalibración de la cámara: cuatro para modelizar las distorsiones radiales, dos para el punto principal, la focal calibrada y una relación de escala X/Y

A modo de ejemplo, en una torre de 4 panorámicas de 11 fotogramas cada una, las incógnitas serán: 11x4x3 ángulos de orientación, 4x3 coordenadas de posición y 8 parámetros de autocalibración que suman un total de 152 incógnitas. Además, cada Punto de Control aporta incógnitas al sistema (su posición tras el ajuste) a la vez que tres nuevas ecuaciones (su posición medida). Por último, en esta fase se controla la calidad del ajuste eliminando, si es necesario, los errores en la identificación de los puntos.

3. Generación de la Panorámica Real. El siguiente paso es llevar todos los fotogramas a una geometría común que permita un buen mosaico entre ellas. Si escogiéramos el plano como superficie de referencia, haciéndolo coincidir con el plano focal de uno de los fotogramas, las imágenes se deformarían a medida que se alejaran de éste (figura 1). Para evitar estas importantes deformaciones de una geometría de película plana y, al mismo tiempo, generar una imagen lo más parecida posible a la observación real, se ha elegido una geometría esférica. Así pues, se re proyecta cada fotograma sobre una esfera de radio constante, mosaicando cada porción de imagen así obtenida para formar la panorámica real.
4. Generación de la Panorámica Virtual: Llegados a este punto sólo queda simular, desde cada punto de captura de imagen ajustado, la panorámica virtual que se obtendría mediante la proyección del territorio sobre una esfera de radio igual a la focal ajustada para la cámara. La posición de un punto sobre esta esfera vendrá determinada por sus coordenadas terreno (MDT) mientras que su aspecto (valor radiométrico o color) se obtendrá de la ortofoto. Durante el proceso es necesario calcular las ocultaciones producidas por el MDT y anotar las coordenadas XYZ del punto visible más cercano al punto de vista. Al final del proceso obtendremos una panorámica de igual tamaño y resolución a la real más una matriz auxiliar que nos da la coordenada XYZ asociada a cada uno de sus píxeles.

Generación de la malla de ubicación

La imagen panorámica virtual, una vez orientada, dispone de capacidad de apuntamiento o localización. Es decir, podemos conocer las coordenadas en el terreno para cada píxel de la imagen. No obstante, puesto que la ubicación del humo la debe transmitir, un observador a partir de una fotografía impresa, vía radio; para facilitar la identificación de puntos en la imagen se ha superpuesto una malla rectangular que divide la imagen en cuadrículas. Para conservar el grado de precisión del sistema, el tamaño de la cuadrícula es variable, reduciéndose conforme se aleja del punto de toma, ya que el área abarcada en el terreno es mayor en las filas superiores de la malla, que en las inferiores. El resultado de la

superposición de la malla es una imagen panorámica virtual reticulada con los códigos de identificación de cada celda (figura 2), más una base de datos en el que hay un registro por cuadrícula. Cada cuadrícula se identifica mediante un código único compuesto por *nombre del observatorio, número de foto, fila, columna, cuadrante*. Como campos anexos se le añaden las coordenadas UTM de cada uno de los vértices de la celda más las coordenadas del centro de la misma y su distancia y azimut desde el observatorio de referencia.

Integración del modelo en un WMS

El software empleado para la implementación del servidor cartográfico en Internet es ArcIMS[®] 9., que opera distribuido en un entorno Cliente/Servidor, siendo compatible con las fuentes cartográficas disponibles. Sobre esta plataforma se ha desarrollado un visor HTML, que permite interactuar con la imagen del mapa, utilizando un conjunto de herramientas de SIG, sin necesidad de instalaciones y ejecuciones en el cliente. El visor se ha programado ajustándose a las necesidades del servicio, incluyendo como funcionalidad el acceso a la cartografía temática disponible en la Conselleria de Territorio y Vivienda; diversas herramientas de navegación y visualización; herramientas personalizadas para la gestión de las actuaciones de prevención de incendios (calculadora para transformar coordenadas, localización de un punto por sus coordenadas, planimetración, acceso a información de bases de datos -depósitos, observatorios-, generación de áreas de influencia, etc.) y las herramientas creadas para la localización de focos, que permiten tanto la visualización en el mapa de una cuadrícula concreta, como calcular desde qué observatorios se puede ver una cuadrícula.

Elaboración de manuales y puesta en marcha

Para la puesta en marcha del sistema, además de implementar la aplicación WMS, se ha distribuido un manual por observatorio. Dicho manual tiene toda la serie de fotogramas que componen la vista panorámica del observatorio, con la proyección corregida y la cuadrícula superpuesta (figura 3). Cada fotograma y cada celda de las mismas están numeradas, de modo que el usuario puede identificarlas rápidamente. Una vez localizado un posible conato de incendio, el observador comunica a la central de emergencias el código de la celda donde se ubica el evento. El operario de la central accede al sistema WMS introduciendo el código comunicado por el observador y la aplicación dibuja, a partir del código de cuadrícula y consultando a la Base de Datos creada, sobre el mapa el trapecio correspondiente a la cuadrícula seleccionada, junto con las coordenadas UTM de los vértices y del centroide del mismo así como la distancia y azimut desde el observatorio (figura 4). Desde la misma interfaz el operario puede acceder a una imagen digital idéntica a la que tiene el observador en el manual, facilitando el intercambio de información acerca de la ubicación del evento. Por último, el operario podrá complementar la ubicación del foco mediante la visualización de información accesoria (vegetación, fotografía aérea, vías de comunicación, depósitos, etc.) o consultando sobre visibilidad de un punto, desde el resto de observatorios de vigilancia.

RESULTADOS

Estado de desarrollo e implantación del proyecto

El proyecto se inició en el año 2002 con diversas pruebas piloto para la toma de imágenes y su posterior corrección en uno de los observatorios de vigilancia. Una vez ajustado el modelo, se comenzó a implantar hasta alcanzar, en marzo de 2005, la cifra de 22 observatorios en los que se ha generado la imagen panorámica georreferenciada y su correspondiente manual impreso. En junio de 2004 se programó la aplicación WMS de modo que los operarios de las centrales de emergencia pudieran comenzar a familiarizarse con el sistema, a la vez que detectar posibles errores y puntos de mejora. Después de introducir

mejoras en la programación y realizar pruebas, el sistema entró en funcionamiento en abril de 2005, incorporándose progresivamente la totalidad de observatorios. La fecha prevista para la finalización de la fase de implantación en los 71 observatorios es diciembre de 2006.

Resultados del ajuste de las imágenes

Con objeto de generar un mosaico correcto entre fotogramas se ha de garantizar, en el espacio imagen, un error RMS del orden de medio píxel para los puntos de registro y del orden de un píxel para los puntos de control. Con estas restricciones, en el espacio objeto el error es razonable y compatible con la precisión de los datos de entrada (puntos GPS) en dentro del radio de 30 km. En el que se ha trabajado. En la tabla 1 se muestran los errores RMS para los 23 observatorios en los que ya se ha implantado el proyecto. Se observa que se consigue el objetivo deseado en el espacio imagen y unos errores adecuados en el espacio objeto (del orden de la precisión de entrada de los Puntos GPS). Por otro lado, no se ha encontrado ninguna tendencia significativa en cuanto a la variación del error según la distancia al observatorio (figura 5).

DISCUSIÓN

En relación con los resultados obtenidos en el ajuste fotogramétrico, el hecho de obtener un error algo más alto en el eje que coincide con las alturas cartográficas se debe, a nuestro juicio, a la inevitable distribución de los puntos medidos sobre un estrecho disco según el plano XY, así como a las imprecisiones del Modelo Digital de Terreno. Estas imprecisiones pueden ser debidas a las diferencias de resolución (fuera de la comunidad autónoma se ha utilizado el MDT global generado a partir de la misión SRTM (BAMLER, 1999), de 90 m. de paso de malla mientras que el de la comunidad es de 10 m) o a errores locales del MDT que, aún en el caso de ser pequeños, tienen gran impacto cuando aparecen en el campo cercano del fotograma. En cuanto a la escasa variación del error en función de la distancia al observatorio, probablemente se deba a que el mayor la menor resolución del píxel según se aleja del observatorio implica que el error en XYZ es mucho menos significativo.

En cuanto al sistema en su globalidad, aunque es temprano para valorar el impacto sobre la detección y extinción de los incendios se ha podido comprobar una reducción en los tiempos de aprendizaje por los operarios, en comparación con otros métodos (cuadrícula UTM, intersección angular) así como de los tiempos de transmisión y, sobre todo, en la cantidad y calidad de la información suministrada en el mismo tiempo, frente a los sistemas tradicionales.

Agradecimientos

Los autores agradecen la inestimable colaboración prestada por D. Alberto Solana López, técnico de prevención de incendios forestales, D. Jorge Suárez Torres, Jefe de sección de incendios forestales y D. Luis Velasco García, Jefe de Servicio de Prevención de Incendios y Sanidad Forestal. Todos ellos adscritos a la Dirección General de Gestión del Medio Natural de la Conselleria de Territorio y Vivienda de la Generalitat Valenciana. A D. Carlos Galarza, técnico de la Unidad Técnica de seguimiento de incendios forestales por su búsqueda de las mejores condiciones para tomar las fotografías. A D. Jose Luis Soriano, técnico de la misma unidad, por su trabajo con la toponimia de los manuales y, en general, a todos los coordinadores del Plan de Prevención de Incendios Forestales por su colaboración desinteresada.

BIBLIOGRAFÍA

- BAMLER R., 1999, *The SRTM Mission: A World-Wide 30m Resolution DEM from SAR Interferometry in 11 Days*. Proc. 47th Photogrammetric Week, Stuttgart, 1999.
- GENERALITAT VALENCIANA, Conselleria de Medio Ambiente, 2004a, *Plan General de Ordenación Forestal de la Comunidad Valenciana* [CD-Rom], Valencia, 2004.
- GENERALITAT VALENCIANA, Dirección General de Gestión del Medio Natural, 2004b. *Plan de Prevención de Incendios Forestales* ["en línea"] 2004b. <http://cth.gva.es>
- LERMA GARCÍA, J.L.; TORTOSA i GARCIA, R., 2004. *Desarrollo digital de superficies cilíndricas*. DATUM XXI. 2004, nº7, p. 4-9.
- McKEE L., 2004. *Digital Maps: An Essential Part of Every Citizen's Interface to the NII*. *An Open GIS Consortium White Paper*. En: "OGC's position for the National Research Council Computer Science and Telecommunication Board's "Toward an Every-Citizen Interface to the NII" workshop", ["en línea"]. Open GIS Consortium, 2004. <http://www.opengis.org>
- MIKHAIL, E.M. *Observations and Least Squares*. New York, N.Y.: IEP, 1976
- NICOLÁS ZABALA J.M. y PALACIOS ROMÁN A.; 2004. *Incendios Forestales I: detección y localización*. Foresta. num. 28, 4º trimestre de 2004, p 26-32
- OGC, 2004. *The Spatial Web. An Open GIS Consortium (OGC) White Paper*, ["en línea"]. Open GIS Consortium, 2004. <http://www.opengis.org>
- SAN MIGUEL-AYANZ, J., BARBOSA, P., SCHMUCK, G., LIBERTÀ, G. & SCHULTE, E., 2002. *Towards a coherent forest fire information system in Europe: The European Forest Fire Information System (EFFIS)*, Forest Fire Research & Wildland Fire Safety. (D.X. Viegas Ed.) Rotterdam, Millpress.2004.
- SAWHNEY, H.S. & KUMAR, R., 1999 *True multi-image alignment and its application to mosaicking and lens distortion correction*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 2, n. 3, pp 235-243
- SERRA DEL POZO, PAU, 2002. *Cinco servidores de mapas*. Mapping interactivo ["en línea"] N° 81 Especial - Octubre de 2002 <http://www.mappinginteractivo.com/>
- SHUM, H.Y. & SZELISKI, R., 1998. *Construction and Refinement of Panoramic Mosaics with Global and Local Alignment*. Proceeding of the 6th International Conference on Computer Vision. 1998
- THOMSON, S.; MATSUI, T.; ZELINSKY, A., 2000. *Localisation using Automatically Selected Landmarks from Panoramic Images*. En: *Proceedings of Australian Conference on Robotics and Automation (ACRA2000)*, (Melbourne Australia, August 2000).
- WONG, K.W., 1980. *Chapter II: Basic Mathematics of Photogrammetry* En: *Manual of Photogrammetry*. Falls Church, Virginia: American Society of Photogrammetry, 1980.

FIGURAS Y TABLAS

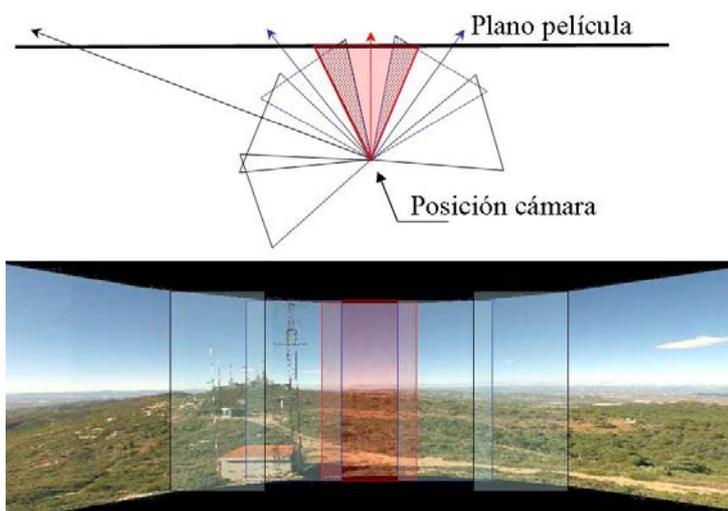


Figura 1: Geometría panorámica de película plana prolongando foto central

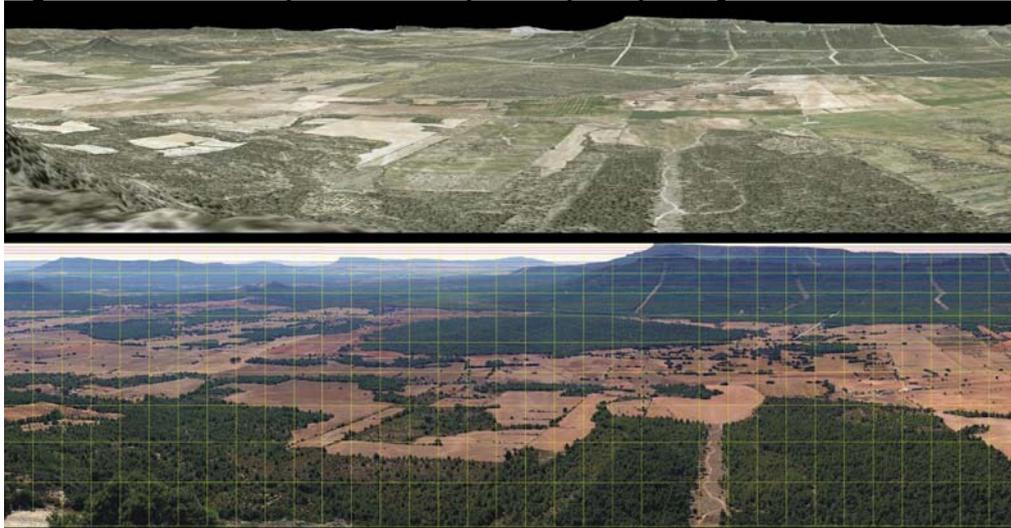


Figura 2: Vista comparada de la panorámica virtual obtenida de la proyección del MDT más la superposición de la ortofoto y la panorámica virtual georeferenciada, con la malla superpuesta.



Figura 3: Manual de localización de focos disponible en los observatorios

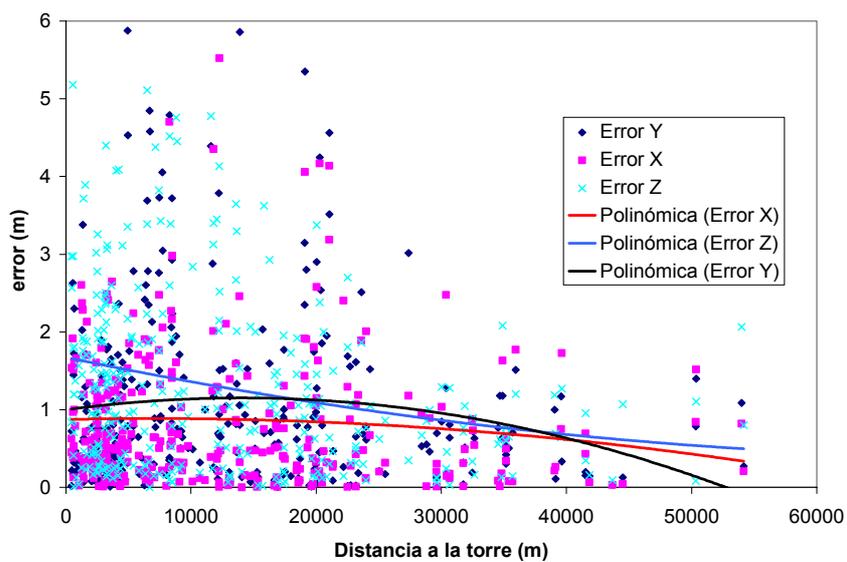


Figura 5: Distribución de los errores obtenidos en función de la distancia al observatorio.

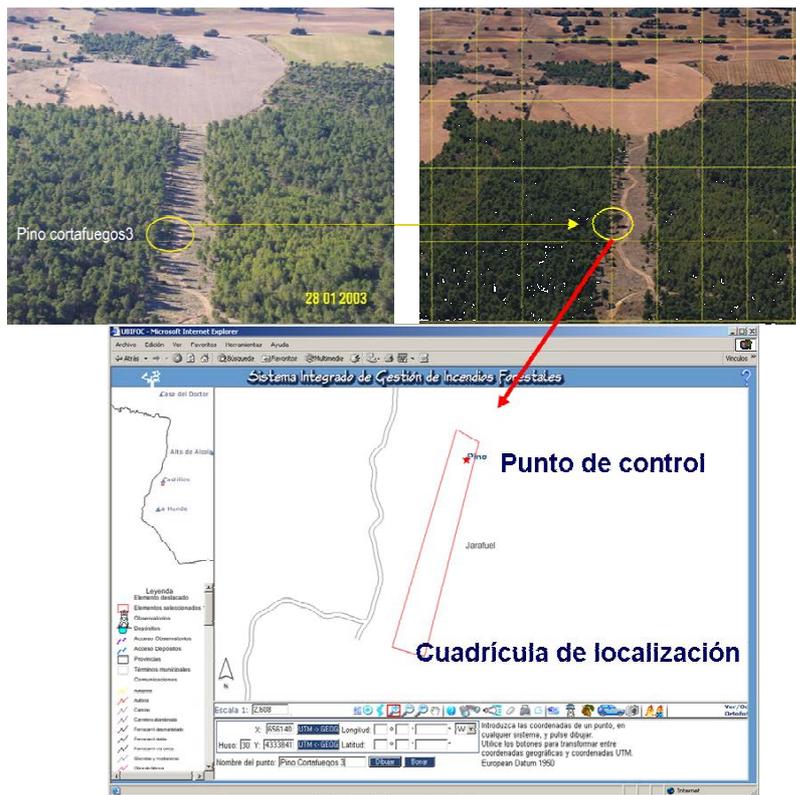


Figura 4: Punto de control en fotografía convencional, en la panorámica corregida y su posición en el WMS junto con la cuadrícula correspondiente calculada.

Tabla 1: Errores medios cuadráticos para los distintos observatorios y tipos de puntos. Los valores de XYZ están expresados en metros y los de líneas y columnas en píxeles

Observatorio	Puntos de Control			Puntos de Transferencia			
	x	y	z	columna	línea	columna	línea
Aitana	2,25	1,45	2,79	1,00	0,65	0,30	0,23
Aixorta	0,94	1,68	2,43	0,32	0,33	0,62	0,63
Ameler	1,59	1,85	2,33	0,53	0,39	0,40	0,30
Alto del Pino	1,54	1,42	2,39	0,62	0,48	0,53	0,37
Caperucho	1,03	1,81	1,63	0,49	0,32	0,15	0,12
Casa del Doctor	1,24	1,27	3,64	0,76	0,87	0,45	0,28
Castillico	1,53	1,48	2,18	0,79	0,64	0,30	0,16
Cerrillar	1,34	1,40	3,80	0,56	0,69	0,49	0,29
Cerro Carpio	1,29	1,22	3,30	0,38	0,43	0,70	0,40
Cerro de la Mata	2,31	2,00	2,69	0,73	0,57	0,20	0,15
Cocoll	2,42	2,03	3,61	0,98	0,84	0,28	0,16
Desierto de Las Palmas	5,43	2,96	1,56	1,10	0,43	0,38	0,60
La Herrada del Gallego	2,47	2,70	4,09	1,66	0,95	0,40	0,18
La Hunde	1,19	0,91	2,80	0,46	0,57	0,42	0,28
La Travina	1,18	1,36	4,12	0,46	0,70	0,44	0,29
Mariola	1,29	1,65	1,84	0,98	0,72	0,22	0,17
Moluengo	2,37	1,74	3,53	0,62	0,65	0,44	0,26
Penyagolosa	1,17	1,31	1,79	0,55	0,56	0,30	0,18
Pico del Remedio	1,16	0,99	1,80	0,57	0,46	0,31	0,19
Serrella	1,55	1,49	5,31	0,72	0,80	0,38	0,26
Sierra Negrete	3,09	3,26	2,44	1,83	1,12	0,60	0,70
Tristán	1,92	1,52	3,98	0,70	0,54	0,40	0,25
Valores Medios	1,83	1,70	2,91	0,76	0,62	0,40	0,29