

## Servicio interoperable (WPS) de procesamiento de imágenes Landsat

L. Pesquer<sup>1</sup>, J. Masó<sup>1</sup>, G. Moré<sup>1</sup>, X. Pons<sup>2</sup>, J. Peces<sup>3</sup> y E. Doménech<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CREAM, Cerdanyola del Vallès 08193, Spain.

<sup>2</sup> Dept. Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona.

<sup>3</sup> Servicio de teledetección, Instituto Geográfico Nacional.

---

### Resumen

Este trabajo describe las características, metodologías y potencialidades de un servicio interoperable según el estándar Web Processing Service (WPS) del Open Geospatial Consortium (OGC) para el procesamiento de imágenes Landsat. En el marco del Plan Nacional de Teledetección (PNT) de media resolución, impulsado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) de España, se ha desarrollado la presente prueba piloto. El servicio implementado es totalmente automático y parametrizable por el usuario; consta de dos fases diferenciadas: la corrección geométrica y la corrección radiométrica. La principal aportación de este trabajo consiste en permitir, también a un usuario no especializado en herramientas de procesamiento de imágenes de teledetección, la ejecución de estos procesos bajo demanda invocándolos desde un cliente web sin la instalación de ningún software adicional. Finalmente, debe destacarse la integración de estas operaciones con otros servicios de procesamiento, análisis o clasificación de imágenes realizado por terceros que sigan el mismo estándar.

**Palabras clave:** corrección geométrica y radiométrica, Landsat, WPS, OGC, PNT.

### Abstract

#### Interoperable service (WPS) of Landsat image processing

This paper describes the characteristics, methodologies and potentialities of an interoperable service following the Web Processing Service standard (WPS) from the Open Geospatial Consortium (OGC) for Landsat imagery. Under the Plan Nacional de Teledetección (PNT) of medium resolution, the Instituto Geográfico Nacional (IGN) from Spain has promoted a pilot case for this service. The implemented service is fully automated and customizable by the user. It consists of two different sections: the geometric correction and the radiometric correction. Main contribution of this work is to allow the execution of these processes on demand from a web client without installing any additional software, even for a non specialist user of image processing remote sensing tools. Finally, the integration of these operations to another image processing, analytics or classification by other users following same standard protocols should be noted.

**Keywords:** geometric and radiometric correction, Landsat, WPS, OGC, PNT.

---

### Introducción

La directiva por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE 2007, Vandembroucke *et al.* 2008) tiene entre sus prin-

cipales objetivos, la difusión de datos espaciales desde un punto de vista interoperable. Siguiendo este mandato y en el marco del Plan Nacional de Teledetección (PNT) (Villa *et al.*, 2005), el Instituto Geográfico Nacional (IGN) de España se marcó el objetivo de facilitar co-

---

\* Autor para la correspondencia: l.pesquer@creaf.uab.cat  
Recibido: 15-03-12; Aceptado: 25-05-12

berturas de imágenes satelitales de alta, media y baja resolución espacial para todo su territorio y con el mayor alcance temporal posible. En la media resolución espacial, la serie Landsat (NASA, 2011) iniciada en 1972 es la más adecuada para alcanzar dichos objetivos. Sin embargo, tal como suministran las imágenes de teledetección la mayoría de agencias y, concretamente la NASA para Landsat, las imágenes necesitan un procesado, a ser posible siguiendo procedimientos estandarizados, para determinadas utilidades a los usuarios finales (Gutman y Justice, 2010). En función de las aplicaciones en los distintos ámbitos de la teledetección que puedan tener estas imágenes, necesitarán un nivel u otro de procesado, pero además debe tenerse en cuenta que para usos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) es necesario que el usuario pueda disponer de un control adecuado sobre algunos parámetros del procesado. Por consiguiente, no basta con ofrecer los productos ya procesados; la solución que ofrece una mayor flexibilidad y control es aquella que permite al usuario elegir el nivel y las características del procesado. Una posibilidad sería ofrecer las imágenes tal como las suministran las agencias acompañadas por un paquete de herramientas o utilidades para que el usuario realice en su ordenador personal el procesado. Esta solución va ligada a formatos, plataformas y software concretos, y por tanto, está alejada de los mandatos de interoperabilidad de la directiva INSPIRE. Adicionalmente, el uso de un software necesita de un previo aprendizaje y aleja una parte de los usuarios potenciales. En este contexto, la solución que adopta el IGN y que en este trabajo se presenta, un Web Processing Service WPS (Schut, 2007) encaja con los requisitos anteriormente expuestos: accesibilidad, flexibilidad e interoperabilidad. De esta forma, el usuario no únicamente selecciona las escenas para la descarga, sino que selecciona los procesos bajo demanda, especificando sus características si lo desea o manteniendo las opciones habilitadas por defecto. Estas opciones son enviadas al servidor según el protocolo interoperable (WPS), de forma que el propio servidor ejecuta las tareas adecuadas y genera el producto final.

## WPS

WPS es un servicio interoperable que permite al usuario demandar los procesos habilitados por el servidor según sus preferencias (Michaelis, 2009). La estandarización de su protocolo ha sido realizada por el Open Geospatial Consortium (OGC) organismo internacional que impulsa y regula la interoperabilidad en los datos y procesos geospaciales.

De la misma forma que otros servicios estándar, WPS tiene definidas unas operaciones elementales que el cliente puede solicitar al servidor:

— *GetCapabilities*: Descripción de las posibilidades del servicio y lista de operaciones disponibles.

— *DescribeProcess*: Detalle de los parámetros de entrada y salida de las operaciones del servicio.

— *Execute*: Orden de ejecución de un proceso.

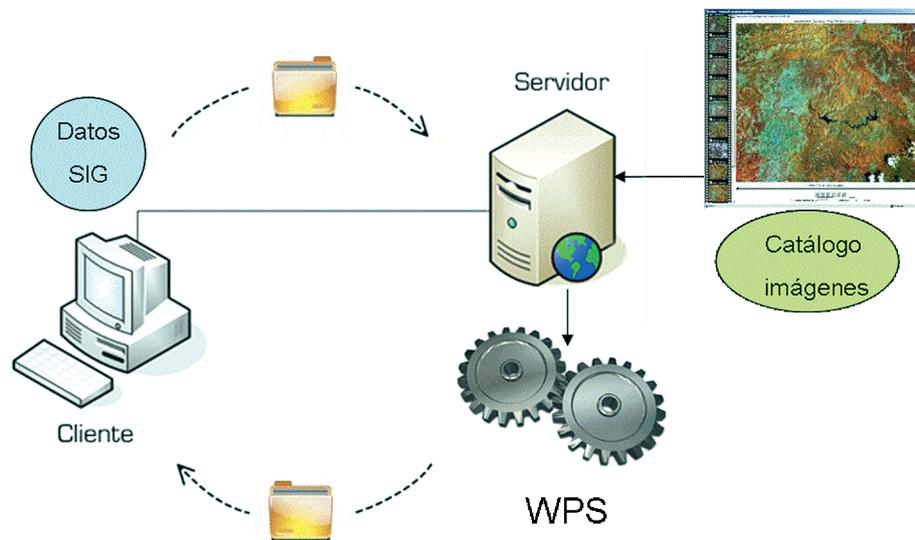
Si bien la ejecución se realizará en el servidor, los datos necesarios para dicha ejecución pueden residir en el propio servidor, o bien necesitar de transferencia entre el cliente y servidor, así como para la recepción del resultado por parte del cliente, tal como se ilustra en la Figura 1.

## Metodología

### WPS de corrección geométrica

Las imágenes Landsat con nivel de procesamiento L1G suministradas por la NASA tienen una corrección geométrica aproximada que utiliza datos orbitales para orientar y georeferenciar aproximadamente la escena a una proyección UTM con datum WGS-84. Los errores geométricos de dicha corrección pueden superar el centenar de metros y, consecuentemente, debe corregirse con una mayor exactitud planimétrica utilizando puntos de control y un modelo digital del terreno.

El algoritmo de corrección geométrica, necesariamente automática en un contexto WPS que sustituya la habitual identificación y digitalización manual de puntos de control (Tou-



**Figura 1.** Esquema de transferencia de datos y solicitud de procesos entre el cliente y el servidor.

tin, 2004), se basa esencialmente en la identificación de puntos de la imagen de satélite no-georeferenciada sobre una ortofotografía de alta resolución. Estos puntos identificados son puntos de control que determinan una transformación polinómica  $z$ -dependiente (sólo en  $x$ ) de primer grado que responde a la Ecuación 1 (Palà y Pons 1995):

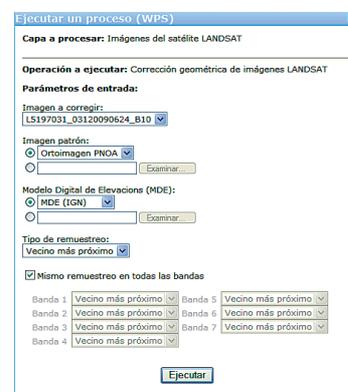
$$\begin{aligned} X'(x,y,z) &= A+B \cdot x+C \cdot y+D \cdot z+E \cdot z \cdot x+F \cdot z \cdot y \\ Y'(x,y) &= G+H \cdot x+I \cdot y+J \cdot z \end{aligned} \quad [1]$$

**Ecuación 1:** parámetros y variables:  $x, y$ : coordenadas planimétricas y  $z$  altimétrica en el espacio georeferenciado.  $X', Y'$ : coordenadas en espacio no-georeferenciado.  $A, B, C, D, E, F, G, H, I, J$ , coeficientes que definen la transformación.

La automatización del proceso se aborda en el trabajo de Pons *et al.* (2010a) donde los puntos de control se buscan por máxima correlación entre ambas imágenes y se busca una distribución que abarque todo el rango  $X, Y$  y  $Z$  de la escena a corregir.

En la implementación WPS, se ha generado un proceso preliminar que crea un índice de las posibles escenas a corregir y va actualizándose con las nuevas adquisiciones del IGN. De este listado de posibles escenas a corregir el usuario elige la de su interés, así como el criterio de interpolación deseado en el remues-

treo (vecino más próximo, bilineal o bicúbico) y decide si aplicar el mismo criterio a todas las bandas o bien especificar un criterio para cada banda (por ejemplo, puede resultar aplicar vecino más próximo a las bandas multispectrales para preservar su radiometría original y remuestrear bicúbicamente la banda pancromática para una mejor visualización). Por defecto la ortofotografía patrón y el modelo digital de elevaciones son los suministrados por el IGN, pero se ha contemplado la posibilidad que el usuario pueda suministrarlos. En la Figura 2 se muestra la interfaz de este proceso y en la Figura 3 se ilustra un fragmento de la respuesta a una operación *DescribeProcess*.



**Figura 2.** Interfaz de solicitud y parametrización del WPS de corrección geométrica.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<wps:ProcessDescription xmlns:wps="http://www.opengis.net/wps/1.0.0">
<ProcessDescription wps:processVersion="1" storeSupported="true" sta
<ows:Identifier>LandsatGeometricCorrection</ows:Identifier>
<ows:Title xml:lang="es">Corrección geométrica de imágenes LANDSAT</ows:Title>
<ows:Abstract xml:lang="es">Corrección geométrica automática de im
<ows:Metadata xlink:title="Landsat"/>
<ows:Metadata xlink:title="Satellite"/>
<ows:Metadata xlink:title="Correction"/>
<ows:Metadata xlink:title="Geometric"/>
<DataInput>
<Input minOccurs="1" maxOccurs="1">
<ows:Identifier>InputImage</ows:Identifier>
<ows:Title xml:lang="es">Imagen a corregir</ows:Title>
<ows:Abstract xml:lang="es">Identificador la de imagen a corre
<ComplexData maximumMegabytes="500">
<Default><Format><MimeType>image/tiff</MimeType></Format></D
<Supported>
<Format><MimeType>image/tiff</MimeType></Format>
<Format><MimeType>application/x-nmz</MimeType></Format>
</Supported></ComplexData></Input>
<Input minOccurs="1" maxOccurs="1">
<ows:Identifier>ImageTemplate</ows:Identifier>
<ows:Title xml:lang="es">Ortoimagen patrón</ows:Title>
<ows:Abstract xml:lang="es">Ortoimagen patrón sobre la que el
<ComplexData maximumMegabytes="500">
<Default><Format><MimeType>image/tiff</MimeType></Format></D
<Supported>
<Format><MimeType>image/tiff</MimeType></Format>
<Format><MimeType>application/x-nmz</MimeType></Format>
</Supported></ComplexData></Input>
<Input minOccurs="1" maxOccurs="1">
<ows:Identifier>DEM</ows:Identifier>
<ows:Title xml:lang="es">Modelo Digital de Elevaciones</ows:Ti
<ows:Abstract xml:lang="es">Modelo digital de elevaciones del
<ComplexData maximumMegabytes="500">
<Default><Format><MimeType>image/tiff</MimeType></Format></D
<Supported>
<Format><MimeType>image/tiff</MimeType></Format>
<Format><MimeType>application/x-nmz</MimeType></Format>

```

**Figura 3.** Documento (fragmento) XML correspondiente a la respuesta a una petición *DescribeProcess* del WPS de corrección geométrica.

## WPS de corrección radiométrica

La transformación de los valores digitales de la imagen a reflectividades se realiza mediante una corrección topográfica y atmosférica basada en el modelo que se expone en la Ecuación 2 de Pons y Solé (1994):

$$\rho = \frac{\pi \cdot (L - L_a) \cdot d^2}{\cos \theta \cdot E_0 \cdot \tau_1 \cdot \tau_2} \quad [2]$$

**Ecuación 2:** parámetros y variables: reflectividad a nivel de suelo,

$\rho$ : reflectividad a nivel de suelo.

$\tau_1, \tau_2$ : transmitancia atmosférica ascendente y descendente.

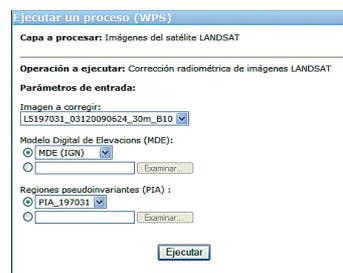
$E_0$ : radiancia solar exoatmosférica.

$L, L_a$ : radiancias a nivel de sensor: total y recibida únicamente por contribuciones atmosféricas.

$\theta$ : ángulo entre dirección solar-zenital y normal superficie topográfica.

$d$ : distancia Tierra-Sol.

El ajuste de los parámetros del modelo a partir de valores de referencia determinados en áreas pseudoinvariantes (PIA) permite el procesado automático que se detalla en Pons *et al.* (2010b). Estos valores de referencia pueden provenir de medidas sobre el terreno o valores radiométricos casi-constantes en series coherentes de algunas imágenes corregidas manualmente o pueden ser obtenidos a partir de



**Figura 4.** Interfaz de solicitud y parametrización del WPS de corrección radiométrica.

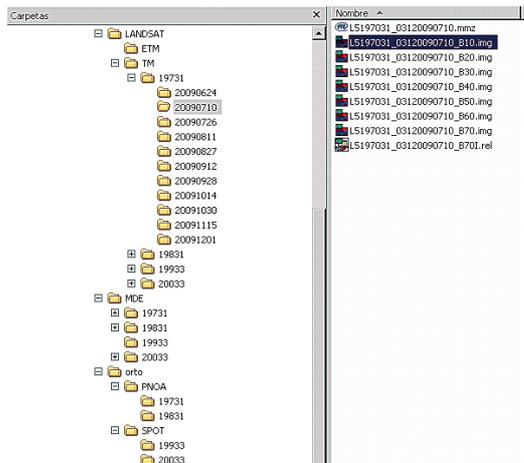
productos de otros sensores con bandas espectrales asimilables (p.ej MODIS).

En el cliente WPS implementado, tal como muestra la interfaz de la Figura 4, se selecciona una de las imágenes ya georeferenciadas, el modelo digital de elevaciones de la región y un conjunto de zonas pseudoinvariantes con valores de reflectividad de referencia, pertenecientes al repositorio del servidor o suministrado por el usuario en las zonas donde no existan datos previos. En este segundo caso, las zonas pseudoinvariantes proporcionadas constituirán un fichero de polígonos en formato GML, estándar para capas vectoriales (Lu *et al.*, 2007) con atributos de reflectividades para cada canal espectral.

Como cualquier servicio interoperable, es importante remarcar que las Figuras 2 y 4 sólo corresponden a una implementación concreta del cliente, en este caso MiraMon (Pons 2000); pero la estandarización del protocolo permite que cualquier otro cliente WPS pueda invocar los procesos que se presentan en este estudio y, de esta forma, la solución adoptada garantiza la independencia respecto a cualquier software libre o propietario permitiendo el acceso a un gran número de usuarios potenciales.

## Resultados

Con el objetivo de evaluar la metodología presentada, se han seleccionado todas las imágenes del año 2009 (descartando aquellas con una cubierta de nubes mayoritaria) de los sensores TM y ETM+ correspondientes a dos zonas de test de la Península Ibérica con características de variabilidad orográfica y



**Figura 5.** Organización de las bases de referencia en el servidor WPS.

paisajística distinta: Cataluña (*path-row* 197-31 y 198-31) como relieve y paisaje más heterogéneo y Castilla-La Mancha (*path-row* 199-33 y 200-33) de mayor homogeneidad. En estas zonas de estudio, se ha realizado toda la preparación del servidor, que incluye un adecuada estructura jerárquica de la capas de referencia (figura 5), y se han completado con éxito los procesos WPS descritos en la anterior metodología.

Como resultado adicional se ha completado la interfaz correspondiente cliente que permite la invocación de los procesos WPS. Este portal posibilita una mayor accesibilidad al servicio WPS desarrollado.

## Conclusiones

El suministro, adicional a los datos, de un procesado bajo demanda para los usuarios de imágenes Landsat, proporciona un mayor control y adaptabilidad a las necesidades particulares que una simple descarga de productos cerrados.

El procesado, implementado como servicio WPS, sigue protocolos estándares impulsados por el OGC, consiguiendo una completa interoperabilidad al poder ser invocados desde cualquier cliente que interroge al servidor con las especificaciones descritas en el WPS.

La solución adoptada por el IGN en el marco del PNT sigue las normativas europeas de acceso a los datos y procesos geoespaciales.



**Figura 6.** Portal del cliente MiraMon que permite invocar las peticiones presentadas en el servicio WPS.

La validación de la metodología presentada se ha llevado a cabo con todas las imágenes disponibles de un año correspondientes a 2 zonas de estudio de características diferenciadas que comprenden 4 escenas completas de Landsat.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias al Convenio de colaboración entre la dirección general del Instituto Geográfico Nacional, la Universidad Autónoma de Barcelona, la Universidad de Castilla-La Mancha y la Universidad de Valencia para el procesado de imágenes de sensores de satélite de media resolución y su integración espectral con sensores de satélite de baja resolución.

Xavier Pons es beneficiario de un ICREA Academia Excellence in Research grant (2011-2015).

## Referencias

- GUTMAN, G. & JUSTICE, C. 2010. Land Cover and Land-Cover Change Products from Optical Coarse and Moderate Spatial Resolution Global Datasets. Proc. ESA Living Planet Symposium.
- INSPIRE. 2007. Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community.
- LU, C.T., DOS SANTOS, R.F., SRIPADA, L.N. & KOU Y. 2007. Advances in GML for Geospatial Applications, *Geoinformatica* 11: 131 -157.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA), Landsat Program <http://landsat.gsfc.nasa.gov>.

- MICHAELIS, C.D. & AMES, D.P. 2009. Evaluation and Implementation of the OGC Web Processing Service for Use in Client-Side GIS. *Geoinformatica*, 13: 109-120.
- PALÀ, V. & PONS, X. 1995. Incorporation of relief in polynomial-based geometric corrections, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 61: 935-944.
- PONS, X. & SOLÉ-SUGRAÑES, L. 1994. A Simple Radiometric Correction Model to Improve Automatic Mapping of Vegetation from Multispectral Satellite Data, Remote Sensing of Environment, 48: 191-204.
- PONS, X. 2000. MiraMon. Geographical Information System and Remote Sensing Software, CREAf, <http://www.creaf.uab.es/MiraMon>.
- PONS, X., MORÉ, G. & PESQUER, L. 2010. Automatic matching of Landsat image series to high resolution orthorectified imagery, Proc. ESA Living Planet Symposium SP-686.
- PONS, X., CRISTÓBAL, J., PESQUER, L., MORÉ, G. & GONZALEZ, Ò. 2010. Fully automated and coherent radiometric (atm+top) correction of Landsat MSS-TM-ETM images through pseudoinvariant areas, Proc. ESA Living Planet Symposium SP-686.
- SCHUT, P. 2007. OGC Web Processing Service (WPS), Version 1.0.0, OGC 05-007r7: [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=24151](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=24151).
- TOUTIN, T. 2004. Review article: Geometric processing of remote sensing images: models, algorithms and method. *International Journal of Remote Sensing*. 25.10: 1893-1924.
- VANDENBROUCKE, D., ZAMBON, M.L., CROMPVOETS, J. & DUFOURMONT, H. 2008. INSPIRE Directive: Specific requirements to monitor its implementation. Capítulo de libro A Multi-View Framework to Assess SDIs.
- VILLA, G., AROZARENA, A., DEL BOSQUE, I., VARCÁRCEL, N., GARCÍA, C. & SOLÍS, M.J. 2005. El Plan Nacional de Observación del Territorio en España. Proc. XI Congreso Nacional de Teledetección, Tomo I, 249-254.