

# Compartiendo experiencias en la creación de servicios teselados

Aplicación al nuevo servicio Inspire de ortofotos del PNOA

**SOTERES, Carolina; GONZÁLEZ, Julián; LÓPEZ, Emilio; TRIGO, Patricia; ABAD, Paloma; HERNÁNDEZ, Lorena; JUANATEY, Marta; RODRÍGUEZ, Antonio F.; RUIZ, Cristina; SÁNCHEZ, Alejandra; SERRA, Inmaculada; VILLENA, Antonio;**

El estándar de OGC *OpenGIS Web Map Tile Service* (WMTS 1.0.0) plantea dar respuesta a la creciente demanda de servicios de mapas por Internet que funcionen de una manera realmente eficiente. Los servicios web de mapas (WMS), que ponen al alcance del usuario la información geográfica digital de una manera interoperable y estándar, adolecen de bajo rendimiento en los tiempos de respuesta, y es aquí donde los servicios WMTS incorporan su valor añadido, sirviendo imágenes pregeneradas de antemano, denominadas teselas, que almacenadas en una caché intermedia permiten mejorar la velocidad de respuesta.

Desde el CNIG (IGN) hemos apostado por este tipo de servicios estándar y hemos publicado servicios teselados tanto de la información *raster* como de la información vectorial que producimos. En la implementación de estos servicios se han seguido una serie de criterios comunes, como por ejemplo en la definición del espacio de teselas, los sistemas de referencia o los formatos soportados. Por tanto, y puesto que estos servicios han sido desarrollados por distinto personal dentro del IGN, ha sido necesario llevar a cabo una labor de coordinación entre los diferentes proyectos.

En este artículo se describen los trabajos desarrollados para publicar este tipo de servicios, haciendo hincapié en los problemas con los que nos hemos encontrado a la hora de generar la estructura piramidal de teselas, con el objetivo de que nuestra experiencia pueda servir al resto de especialistas de la comunidad IDE en sus futuros desarrollos.

Estos servicios se han implementado mediante la librería *GeoWebCache* integrada en la aplicación *Open Source GeoServer*, aprovechando las ventajas que ofrece definir lo que se denomina en la documentación de *GeoServer* como «*metatiles*», una matriz predefinida de teselas, que posibilita reducir el número de peticiones necesarias para generar la caché de teselas.

En concreto, esta comunicación recopila los pasos dados para la creación del servicio WMTS de ortofotos del PNOA de máxima actualidad, cuyo servicio web de mapas es uno de los servicios del IGN más populares. Este servicio, cuya URL de conexión es <http://www.idee.es/wms/PNOA/PNOA>, ha evolucionado hacia su versión conforme a Inspire y desde el pasado mes de junio ya está disponible a través de esta nueva dirección: <http://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma>.

De momento, y hasta que el nuevo servicio goce de mayor popularidad, ambos WMS están operativos, pero con el tiempo sólo se publicará la versión Inspire, que no sólo ofrece la misma información, aunque adecuada a la manera que establece la especificación de datos de Inspire sobre Ortoimágenes (la capa PNOA pasa a denominarse *OI.OrtoimageCoverage*), sino que además, cumpliendo la citada especificación, aporta información adicional, como la capa *OI.MosaicElement*, que informa sobre los años de adquisición de las ortofotos.

Se describe, a modo de ejemplo, el tiempo empleado en la generación de los distintos niveles de la caché de teselas, analizando en último lugar la mejora de rendimiento de estos servicios teselados en comparación con los servicios web de mapas.

## PALABRAS CLAVE

Servicios teselados, WMTS, servicios web geoespaciales, estándar, OGC, IGN, CNIG.

## INTRODUCCIÓN

En abril de 2010 el *Open GeoSpatial Consortium* (OGC) [1], organización encargada de la definición de especificaciones abiertas e interoperables en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica y de la *World Wide Web*, publicó la versión 1.0.0 del estándar *Web Map Tile Service* (WMTS 1.0.0) [2].

El objetivo principal de este estándar es la implementación de servicios que permitan altos rendimientos en la distribución de información geográfica por Internet. Para lograrlo se restringen las imágenes que se pueden servir a un conjunto delimitado por un ámbito geográfico y a unas escalas predefinidas.

Por tanto, esta solución sacrifica la versatilidad ofrecida por la especificación OGC *Web Map Service* (WMS) [3], que permite obtener mapas personalizados y dinámicos, en aras de proporcionar servicios escalables más operativos. Como valor añadido, proporciona una definición normalizada de la estructura de imágenes o teselas que se podrán solicitar a estos servicios, lo que garantiza la interoperabilidad entre ellos.

La escalabilidad de estos servicios tiene que ver con la posibilidad de dejar o no abierta la opción de que se realice procesamiento en el lado del servidor. Se puede optar por no permitirlo y entonces será necesario generar de antemano la colección de imágenes que los clientes puedan solicitar, proceso que denominamos «precacheo»; o por el contrario, se puede requerir al servidor que procese las imágenes que se soliciten por primera vez, almacenando el resultado en una memoria intermedia (caché), para poder servir directamente esas imágenes cuándo vuelvan a pedirse. Una tercera opción, escogida en las implementaciones del CNIG, es la combinación de las dos anteriores, «precacheando» una parte y dejando que se procese otra según la demanda del usuario.

En cualquier caso, la considerable mejora de rendimiento que aporta esta implementación se basa en la discretización del espacio según la geometría definida por los denominados *Tile Matrix Sets*, que especifican una teselación normalizada para cada Sistema de Referencia de Coordenadas (SRC), tal como muestra la figura 1.

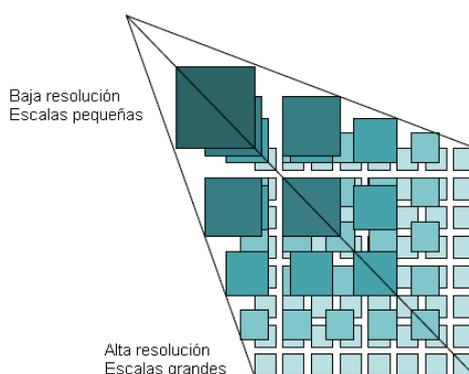


Figura 1: Representación de la teselación de un *Tile Matrix Set*

Cada *Tile Matrix Set* se compone de una colección de matrices de imágenes (*Tile Matrix*) cada una de ellas con una resolución determinada, de manera que a escalas pequeñas la resolución es menor que a escalas grandes, donde se encuentran las imágenes de mayor resolución. Los parámetros que definen cada matriz de teselas son:

- La escala de las teselas, definida por el valor de su denominador. Se fija un valor normalizado para el tamaño del píxel (cuadrado) de 0.28 mm
- El ancho y alto de cada tesela en píxeles
- Las coordenadas de la esquina superior izquierda del rectángulo envolvente que define la extensión del *Tile Matrix*.
- El ancho y alto del *Tile Matrix* en unidades de tesela.

La especificación [2] plantea que el origen de teselas (0,0) en cada *Tile Matrix* se encuentra en la esquina superior izquierda y se incrementa hacia la derecha y hacia abajo, identificándose cada tesela por sus índices *TileCol* y *TileRow*, como se aprecia en la figura 2.

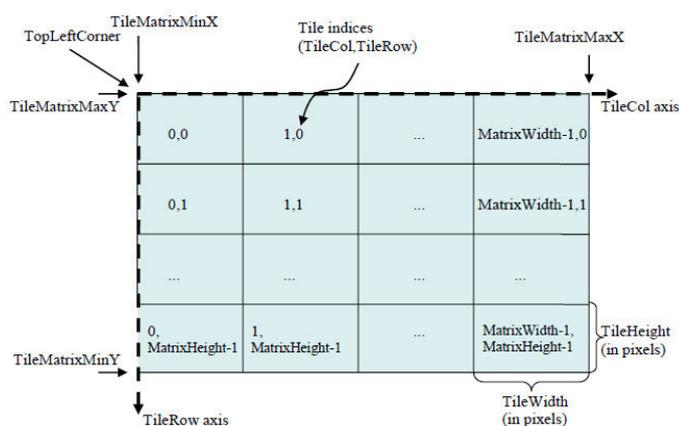


Figura 2: Estructura de *Tile Matrix*

A partir de estas premisas y con los parámetros anteriormente citados es posible determinar la posición de cualquier tesela a partir de sus coordenadas, calculando lo que mide una tesela en unidades terreno y teniendo en cuenta la distancia en X y en Y desde la esquina superior izquierda.

Cada capa de información de un servicio WMTS podrá tener una extensión geográfica coincidente con la extensión del *Tile Matrix Set*, o por el contrario, ser diferente, como se muestra en la figura 3. En este último caso, los clientes pueden conocer los rangos válidos de los índices *TileCol* y *TileRow* a través de la sección *tileMatrixSetLimits* declarada en el documento de capacidades del servicio.

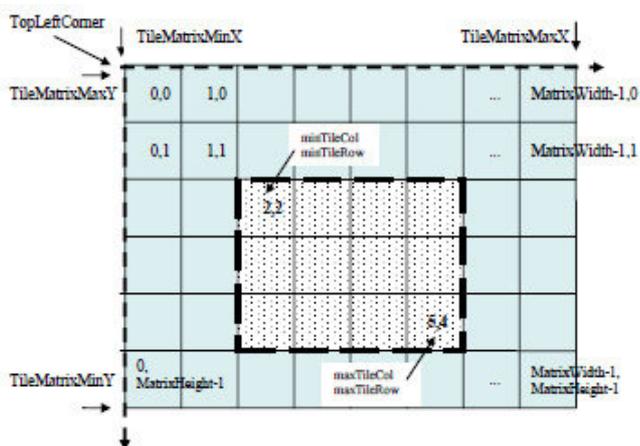


Figura 3: Definición de límites opcionales de *Tile Matrix*

Un servidor WMTS debe ser capaz de proporcionar información relacionada con el servicio mediante metadatos que describan las operaciones que ofrece, información sobre el proveedor del servicio o información sobre las capas que sirve y los *Tile Matrix Sets* soportados, por ejemplo. Además, el servidor debe ofrecer las teselas de imágenes a partir de peticiones válidas formuladas por clientes a partir de la información proporcionada por el documento de capacidades del servicio. Opcionalmente este tipo de servidores pueden permitir conocer información asociada a un punto seleccionado interactivamente por el usuario.

La especificación WMTS plantea diferentes protocolos de intercambio de información entre cliente y servidor, basados en dos estilos arquitectónicos diferentes: orientado a procedimiento, mediante codificaciones de tipo KVP (pares clave-valor) o SOAP y orientado a recursos, mediante el protocolo RESTful, que constituye una novedad en las implementaciones OGC.

Posteriormente a la publicación de la especificación de OGC [2] y con el objetivo de establecer las pautas que deben cumplir los servicios web de visualización para ser conformes a la Directiva Inspire [4] se ha publicado la Guía Técnica Inspire sobre Servicios de Visualización [5], que en su sección 5 establece el perfil Inspire WMTS 1.0.0. En esta guía técnica se especifican las operaciones que debe soportar el servicio, la forma en que se puede ofrecer soporte a varios idiomas y por último establece la definición de un *Tile Matrix Set* específico denominado *InspireCRS84Quad*.

## SERVICIOS WMTS DEL IGN

Desde el CNIG (IGN) hemos apostado por el desarrollo de servicios teselados, que lejos de sustituir a sus homólogos servicios web de mapas WMS, vienen a complementarlos, de manera que puedan aprovecharse las ventajas de cada uno: los mejores tiempos de respuesta de los primeros junto con la versatilidad y potencialidad de los segundos.

En la actualidad, desde el nodo IDE del IGN, se encuentran operativos seis servicios web de mapas teselados conforme al perfil Inspire de WMTS 1.0.0, que ofrecen tanto información de tipo vectorial:

- **Mapa Teselado de CartoCiudad** que integra y armoniza los datos aportados por diferentes organismos públicos estatales. A través de cinco capas muestra una red viaria urbana e interurbana continua, además de la cartografía urbana e información censal y postal de los municipios de España, <http://www.cartociudad.es/wmts/CARTOCIUDAD/CARTOCIUDAD>
- **Mapa base de España del IGN** que permite, a través de una sola capa, acceder a cartografía procedente de diversas bases de datos geográficas del IGN a diferentes escalas, <http://www.ign.es/wmts/ign-base>
- **Ocupación de suelo de España** que ofrece en una única capa, los datos de los proyectos SIOSE 2005 y *Corine Land Cover*, <http://www.ign.es/wmts/siose>

como información de tipo *raster*:

- **Cartografía *raster* del IGN**, que ofrece en una única capa, los mapas rasterizados que produce el IGN a distintas escalas (1:1 250 000, 1:500 000, 1:200 000, 1:50 000 y 1:25 000), <http://www.ign.es/wmts/mapa-raster>
- **Modelo digital de elevaciones de España** que muestra en una capa el MDE con paso de malla de 25 metros, visible para escalas menores a 1:60 000, <http://www.ign.es/wmts/mdt>
- **Ortofotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)** que muestra las imágenes de satélite Spot y las ortofotos PNOA según la escala de visualización, <http://www.ign.es/wmts/pnoa-ma>

La tecnología empleada en la implementación de todos estos servicios WMTS ha sido la librería *GeoWebCache*, integrada en el *software* de código abierto *GeoServer*.

Se ha dado especial relevancia a la labor de coordinación entre los equipos encargados de la creación de estos servicios. El hecho de que los servicios publicados por una misma institución sigan unos criterios comunes debería ser una obviedad, sin embargo la experiencia nos indica que en ocasiones esto no siempre es así. Para evitarlo se han tenido en cuenta varias consideraciones, como por ejemplo que los servicios ofrezcan la misma colección de *Tile Matrix Sets* y que además, la definición de éstos sea idéntica, es decir, cubran la misma extensión geográfica (misma definición de *bounding box*), coincidan los identificadores de cada *Tile Matrix* que la componen, el mismo tamaño de tesela, fijado en 256x256 píxeles, se ofrezcan los mismos formatos, etc.

Por ejemplo, para los *Tile Matrix Sets* correspondientes a SRC proyectados (EPSG:25830 y EPSG:25828) se han definido los denominadores de escala de cada nivel o *Tile Matrix* coincidentes con los correspondientes a los SRC geográficos, haciendo coincidir además los identificadores de estos *Tile Matrix*. Ésta es la razón por la que el primero de los niveles de los *Tile Matrix Sets* proyectados tiene el identificador 10, ya que coincide con el nivel 10 de los *Tile Matrix Sets* geográficos.

Algunos de los servicios anteriormente citados también tienen su correspondiente implementación como servicio *Web Mapping Service-Cached* (WMS-C) [6], es decir, como servicios web de mapas acordes con la especificación definida por el *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) [7]. Sin embargo, OSGeo recomienda que las nuevas implementaciones sean conformes a la especificación *Tile Map Service* (TMS) [8] de OSGeo (que sustituye a WMS-C) y a la especificación OGC WMTS.

A partir de aquí se detallan los pasos dados en la creación del servicio WMTS de ortofotos del PNOA, cuyo servicio web de mapas es uno de los servicios del IGN más populares. Este servicio, cuya URL de conexión es <http://www.ideo.es/wms/PNOA/PNOA>, ha evolucionado hacia su versión Inspire y desde el pasado mes de junio ya está disponible a través de esta nueva dirección: <http://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma>.

En el siguiente apartado se explican las causas que han motivado estos cambios en el servicio de visualización de las ortofotografías PNOA.

## EVOLUCIÓN DEL SERVICIO WMS DEL PNOA A UN SERVICIO INSPIRE

Dentro de los trabajos que está desarrollando el IGN, encaminados al cumplimiento de la Directiva Inspire [4], y de su correspondiente transposición a la legislación española (LISIGE) [9], en concreto en la labor de transformación de sus servicios WMS en servicios de visualización conformes a Inspire, le ha tocado el turno al servicio que muestra las imágenes de satélite Spot y las ortofotos de máxima actualidad (MA) del proyecto PNOA.

Este servicio se ha definido con arreglo al Reglamento sobre Servicios de Red, al Reglamento sobre la interoperabilidad de datos espaciales y servicios y al Reglamento sobre metadatos y a sus guías técnicas, concretamente a la Guía Técnica de Servicios de Visualización. Se basa en la Norma Internacional ISO19128 y en la especificación OGC WMS 1.3.0.

La información que ofrece este servicio de visualización se encuadra en el Tema 3 del Anexo II de la Directiva Inspire y en el Anexo I, Tema 7 de LISIGE: Ortoimágenes, que engloba a las imágenes georreferenciadas de la superficie de la Tierra, obtenidas por satélite o por sensores aerotransportados. Por tanto para la definición de la nueva versión Inspire del servicio se han tenido en cuenta las consideraciones de la Especificación de Datos sobre Ortoimágenes [10] versión 3.0rc3.

Se mencionan a continuación las principales novedades del servicio con respecto a la versión anterior, operativa desde febrero de 2008, como resultado de su adaptación a las directrices europeas:

- El nuevo servicio ofrece 4 capas de información:

- **Mosaicos:** Áreas de delimitación de las imágenes que contribuyen en la creación de los mosaicos de ortofotos del mismo año de adquisición. Se incorpora para cumplir la especificación de datos de Ortoimágenes.
- **Cobertura de ortoimágenes:** Cobertura *raster* opaca de imágenes de satélite y ortofotos PNOA de máxima actualidad (MA). Rangos de visualización: Imagen Spot5 de 20 m de resolución hasta la escala aproximada 1:70 000; a partir de aquí ortofotografías PNOA MA de 0.25 m o 0.50 m de resolución, según la zona. Se corresponde con la capa PNOA de la versión inicial, pero se ha cambiado el *Name* para adaptarse a la especificación de datos
- **Resoluciones:** Capa que muestra gráficamente la resolución de las ortofotos PNOA. Esta capa y la siguiente no están incluidas en el modelo de datos Inspire, pero se ha considerado adecuado mantenerlas.
- **Fechas:** Capa que muestra gráficamente el año de vuelo de las ortofotos PNOA

La tabla 1 muestra la correspondencia de capas entre las dos versiones del servicio:

Tabla 1: Comparación de capas en las dos versiones del servicio de ortofotos PNOA

Servicio de visualización, WMS versión Inspire		WMS, versión anterior
Capa ( <i>Name</i> )	Leyenda	Capa ( <i>Name</i> )
OI.MosaicElement	 Mosaicos de ortofotos Año de adquisición	No existe
OI.OrthoimageCoverage	Cobertura de ortoimágenes	PNOA
resoluciones	0.50 m  0.25 m 	resoluciones
fechas	2004-2006  2007  2008  2009  2010  2011  2012 	fechas

- Se han ampliado los SRC en los que pueden ofrecerse las imágenes, gracias a la incorporación de la librería proj.4 en el servidor de mapas. Se incluye la proyección *Spherical Mercator* o Pseudo Mercator, de código EPSG:3857, que ofrece el desarrollo esférico de las coordenadas elipsoidales referidas al elipsoide WGS84. En ocasiones se referencia con el código no oficial 900913.

Entendemos que se trata de una considerable mejora que viene a satisfacer una demanda cada vez más creciente debido a la popularidad alcanzada por este sistema de referencia al ser empleado por muchas de las aplicaciones web más difundidas, como los globos virtuales u *OpenStreetMap*

- El servicio soporta el parámetro *language* a la hora de solicitar la información relativa al servicio, mediante la operación *GetCapabilities*. Actualmente se ofrece esta información en dos idiomas: español e inglés.

- Siguiendo las directrices marcadas por la guía técnica para la implementación de servicios de visualización Inspire [5], se han ampliado los elementos de metadatos de servicio mediante la incorporación del elemento *extended capabilities*.
- Por último se ha definido una nueva URL para la versión Inspire del servicio de ortofotos análoga a la dirección de conexión del resto de servicios de visualización Inspire del IGN. La nueva URL de conexión es <http://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma>. Somos conscientes del perjuicio que supone para los usuarios cambios de tanta relevancia como este, que conllevan la adaptación de los clientes que hacen uso en la actualidad de la versión anterior de servicio WMS del PNOA. Para facilitar la transición entre ambos servicios, se mantendrán los dos operativos durante un tiempo y en cualquier caso la desaparición de la versión inicial se comunicará a través de los habituales canales de información de los que disponen el IGN y el CNIG (canal RSS del directorio de servicios del proyecto IDEE [11], canal de noticias del IGN [12], etc.).

La tecnología empleada para la publicación de este servicio ha evolucionado para cumplir con todos los requisitos mencionados y actualmente se sirve la versión 5 del servidor *StereoWebMap 2D* desarrollado por la empresa Sigrid S.L., que se ejecuta sobre el servidor web *Internet Information Services* (IIS) bajo el sistema operativo *Microsoft Windows*.

## SERVICIO WMTS DE ORTOFOTOGRAFÍAS DEL PNOA

En la actualidad el CNIG publica dos tipos de servicios teselados para ofrecer las ortofotografías PNOA de máxima actualidad. El primero de ellos está desarrollado conforme a la recomendación WMS-C de OSGeo, su URL <http://www.ign.es/wms-c/PNOA/PNOA>. Recientemente, desde el pasado mes de junio, está disponible otra versión implementada conforme al estándar OGC WMTS 1.0.0 y cuya dirección de acceso es <http://www.ign.es/wmts/pnoa-ma>.

Ambos servicios se publican a través del servidor java de código abierto *GeoServer* a través de la librería *GeoWebCache*. Se trata de aplicaciones en constante desarrollo por lo que han sido varias las versiones de estas aplicaciones con las que se ha trabajado. En el momento de redactar este artículo los servicios se ofrecen bajo la versión 2.3.4 de *GeoServer* que integra la versión 1.4 de *GeoWebCache*.

*GeoServer* se ejecuta bajo un servidor de aplicaciones *Tomcat* 6.0 que corre sobre Linux (distribución *centOS*).

*GeoWebCache* actúa a modo de *proxy* entre el cliente y el servidor, como representa el esquema de la figura 4, almacenando en una cache intermedia las imágenes devueltas por el servidor con el objetivo de volver a servir las cuando otro cliente las solicite, sin necesidad de procesamiento en el lado servidor.

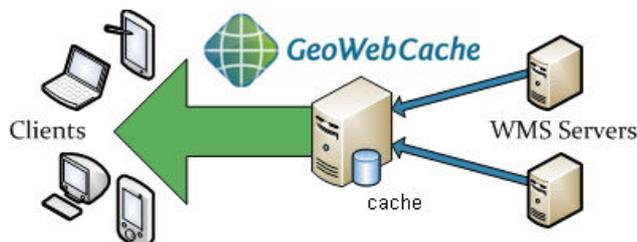


Figura 4: Esquema de *GeoWebCache*

Nos centraremos a partir de aquí en la descripción del servicio WMTS desarrollado, el cual se nutre del servicio de visualización implementado con el *software* de Sigrid, mediante un almacén de datos de *GeoServer* de tipo conexión WMS. De esta forma, el servicio WMTS consta de una única capa cuyo identificador es *OI.OrthoimageCoverage*, que constituye una conexión en cadena al servicio de visualización Inspire de ortofotos PNOA.

### Características del servicio

En primer lugar se ha definido la geometría del espacio de teselas para cada uno de los SRC, es decir, los denominados *Tile Matrix Sets*, de manera consensuada para todos los servicios WMTS del CNIG, como se ha mencionado más arriba.

La guía técnica para la implementación de servicios de visualización Inspire [5], establece el perfil Inspire de WMTS 1.0.0., y en concreto en el apartado 5.2.7 define el *Tile Matrix Set InspireCRS84Quad* (véase la tabla 2) y recomienda que toda capa de un servicio WMTS Inspire lo emplee para garantizar así la interoperabilidad entre ellos, al compartir una misma definición del espacio de teselas, con las mismas resoluciones de píxel en cada *Tile Matrix*.

Tabla 2: Definición del *Tile Matrix Set InspireCRS84Quad*

InspireCRS84Quad	Nivel	Tamaño de píxel	Denominador de escala
Datum: WGS84 BBOX: (-180, -90) (180, 90) Origen: (-180, 90) Teselas: 256x256 px	0	0,703125000000000000	2,79541132014358E8
	1	0,351562500000000000	1,39770566007179E8
	2	0,175781250000000000	6,98852830035897E7
	3	0,087890625000000000	3,49426415017948E7
	4	0,043945312500000000	1,74713207508974E7
	5	0,021972656250000000	8735660,37544871
	6	0,010986328125000000	4367830,18772435
	7	0,005493164062500000	2183915,09386217
	8	0,002746582031250000	1091957,54693108
	9	0,001373291015625000	545978,773465544
	10	0,000686645507812500	272989,386732772
	11	0,000343322753906250	136494,693366386
	12	0,000171661376953125	68247,346683193
	13	0,000085830688476563	34123,6733415964
	14	0,000042915344238281	17061,8366707982
	15	0,000021457672119141	8530,91833539913
	16	0,000010728836059570	4265,45916769956
17	0,000005364418029785	2132,72958384978	

La definición resumida en la tabla 2 está basada en el tercero de los conjuntos de escala bien conocida (*Well Known Scale Sets*) que define la especificación OGC WMTS 1.0.0 [2], al cual denomina *GoogleCRS84Quad*. Se trata de una pirámide de imágenes que emplea los mismos denominadores de escala que *Google Maps*.

La diferencia que existe entre *GoogleCRS84Quad* e *InspireCRS84Quad* es que el nivel 1 de *GoogleCRS84Quad* representa el mundo en 4 teselas de 256x256 píxeles, y es equivalente al nivel 0 de *InspireCRS84Quad*, que usa solo 2 teselas de 256x256 píxeles para reducir el número de teselas

vacías de información, como se muestra en la figura 5.

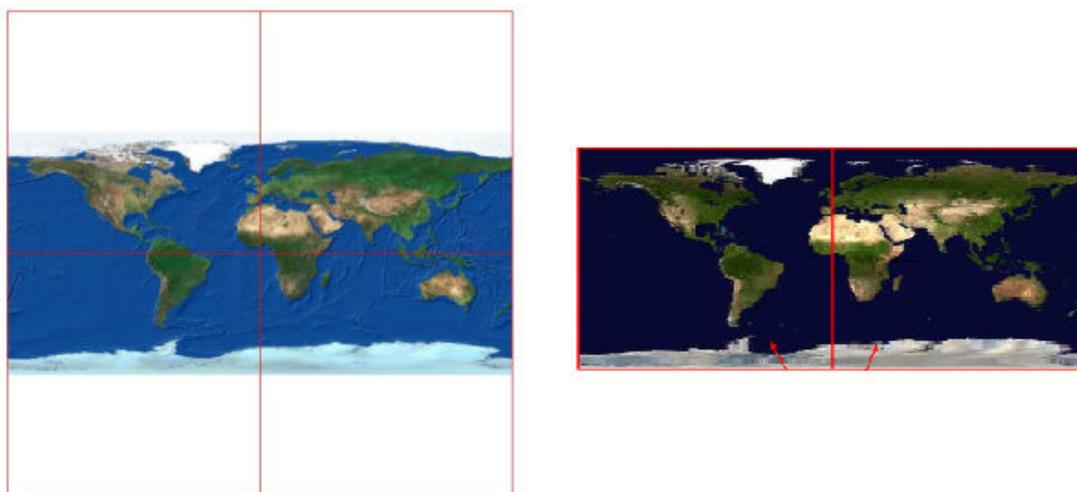


Figura 5: A la izquierda nivel 1 de *GoogleCRS84Quad*; a la derecha nivel 0 de *InspireCRS84Quad*

Por tanto, además de los dos *Tile Matrix Sets* mencionados, *InspireCRS84Quad* y *GoogleCRS84Quad* (denominado *GoogleMapsCompatible* por *GeoServer*), se han definido estos otros:

- EPSG:4326, datum WGS84 - coordenadas geográficas.
- EPSG:4258, datum ETRS89 - coordenadas geográficas
- EPSG:25830, datum ETRS89 - coordenadas UTM huso 30N
- EPSG:25828, datum ETRS89 - coordenadas UTM huso 28N

La extensión que se ha definido para todos los *Tile Matrix Sets* es mundial, excepto para los SRC proyectados, en los que se ha considerado un rectángulo envolvente que cubre la extensión de la Península y las islas Baleares, para EPSG:25830, y las islas Canarias, para EPSG:25828.

Aunque conceptualmente el datum ETRS89 sólo es aplicable a la placa euroasiática, quedando fuera por tanto las islas Canarias, se ha definido este SRC, en lugar de EPSG:32628 (datum WGS84 - coordenadas UTM huso 28), para facilitar la integración en el lado cliente, que dispondrá del datum ETRS89 para toda España, estimando que las discrepancias geométricas que se producen son asumibles para finalidades cartográficas a las escalas de visualización de este servicio.

Partiendo de las resoluciones definidas por Inspire para el *Tile Matrix Set InspireCRS84Quad*, se han definido el resto de *Tile Matrix Sets* con las mismas características. En algún caso se han definido más niveles, para cubrir escalas más grandes que la definida para el nivel 17 de Inspire.

A continuación se resumen en las siguientes tablas, los niveles, el tamaño del píxel y el denominador de la escala para cada *Tile Matrix Set* utilizado en los WMTS del nodo IDE del IGN:

Tabla 3: Definición del *Tile Matrix Set GoogleMapsCompatible*

GoogleMapsCompatible	Nivel	Tamaño de pixel	Denominador de escala
Datum: WGS84 BBOX: (-2.003750834E7, -2.0037508E7) ( 2.003750834E7, 2.0037508E7) Origen: (-2.003750834E7, 2.0037508E7) Teselas: 256x256 px	0	1,4062500000000000	5.590822639508929E8
	1	0,7031250000000000	2,79541132014358E8
	2	0,3515625000000000	1,39770566007179E8
	3	0,1757812500000000	6,98852830035897E7
	4	0,0878906250000000	3,49426415017948E7
	5	0,0439453125000000	1,74713207508974E7
	6	0,0219726562500000	8735660,37544871
	7	0,0109863281250000	4367830,18772435
	8	0,0054931640625000	2183915,09386217
	9	0,0027465820312500	1091957,54693108
	10	0,0013732910156250	545978,773465544
	11	0,0006866455078125	272989,386732772
	12	0,00034332275390625	136494,693366386
	13	0,000171661376953125	68247,346683193
	14	0,000085830688476563	34123,6733415964
	15	0,000042915344238281	17061,8366707982
	16	0,000021457672119141	8530,91833539913
17	0,000010728836059570	4265,45916769956	

Tabla 4: Definición del *Tile Matrix Set EPSG:4326*

EPSG:4326	Nivel	Tamaño de pixel	Denominador de escala
Datum: WGS84 BBOX: (-180, -90) (180, 90) Origen: (-180, 90) Teselas: 256x256 px	0	0,7031250000000000	2,79541132014358E8
	.	..	..
	.	..	..
	.	..	..
	17	0,000005364418029785	2132,72958384978

Tabla 5: Definición del *Tile Matrix Set EPSG:4258*

EPSG:4258	Nivel	Tamaño de pixel	Denominador de escala
Datum: ETRS89 BBOX: (-180, -90) (180, 90) Origen: (-180, 90) Teselas: 256x256 px	0	0,7031250000000000	2,79541132014358E8
	.	..	..
	17	0,000005364418029785	2132,72958384978
	18	0,0000026822090148925	1066,36479192489
	19	0,00000134110450744625	533,182395962445

Tabla 6: Definición del *Tile Matrix Set* EPSG:25830

EPSG:25830	Nivel	Tamaño de pixel	Denominador de escala
Datum: ETRS89 BBOX: (-87120, 3921002) (1089714, 4875842) Origen: (-87120, 4875842) Teselas: 256x256 px	10	0,00068664550781250	272989,386732772
	11	0,00034332275390625	136494,693366386
	12	0,000171661376953125	68247,346683193
	13	0,000085830688476563	34123,6733415964
	14	0,000042915344238281	17061,8366707982
	15	0,000021457672119141	8530,91833539913
	16	0,000010728836059570	4265,45916769956

Tabla 7: Definición del *Tile Matrix Set* EPSG:25828

EPSG:25828	Nivel	Tamaño de pixel	Denominador de escala
Datum: ETRS89 BBOX: (170000, 3060000) (673000, 3220000) Origen: (170000, 3220000) Teselas: 256x256 px	10	0,00068664550781250	272989,386732772
	11	0,00034332275390625	136494,693366386
	12	0,000171661376953125	68247,346683193
	13	0,000085830688476563	34123,6733415964
	14	0,000042915344238281	17061,8366707982
	15	0,000021457672119141	8530,91833539913
	16	0,000010728836059570	4265,45916769956

En los *Tile Matrix Sets* configurados de forma que el primer nivel no empieza en 0, como es el caso de los SRC proyectados definidos (EPSG:25830 o EPSG:25828), se debe tener en cuenta que *GeoServer* internamente siempre identifica el primer nivel como 0.

Los formatos en los que se pueden servir las imágenes son PNG, que es uno de los formatos obligatorios según Inspire, y el formato JPEG, que es el elegido a la hora de ejecutar la carga inicial de la caché del servicio de ortofotos PNOA desde el CNIG.

La aplicación *GeoWebCache* permite establecer una configuración mediante la cual se agrupan en teselas más grandes, denominadas metateselas (*metatiles*), las teselas que constituyen cada nivel del *Tile Matrix Set*, como se muestra en la figura 6.

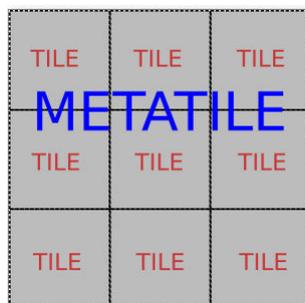


Figura 6: Metatesela formada por una matriz de 3 x 3 teselas

De esta forma, ante una petición se genera la metatesela y se divide en teselas del tamaño definido antes de ser servidas y almacenadas en caché. Esta configuración, ideada para evitar las duplicidades en el etiquetado de elementos, se traduce en un mejor rendimiento siempre que no se

definan metateselas demasiado grandes que aumenten el consumo de memoria hasta el nivel de provocar problemas.

En nuestro caso hemos definido metateselas formadas por 16 teselas (matrices de 4 x 4), lo que ha reducido los tiempos de ejecución de generación de la caché.

Por último cabe destacar que los registros de metadatos del servicio WMTS y de la capa *OI.OrthoimageCoverage* se han redactado conforme al Reglamento sobre metadatos Inspire [13], y puede accederse a ellos mediante el correspondiente enlace desde el documento de capacidades que describe al servicio a través de la operación *GetCapabilities*.

### Carga inicial de la caché del servicio

Antes de publicar el servicio WMTS de ortofotos del PNOA, se ha procedido a realizar una carga masiva de la caché de teselas, para todos *Tile Matrix Sets* definidos, en formato JPEG y hasta el nivel 14 (escala aproximada 1:17.000). Además, se han completado algunas zonas del nivel 15 (escala aproximada 1:8.500).

Somos conscientes de que la demanda de ortofotos llega a escalas mayores, sin embargo ha habido que buscar un equilibrio entre lo deseable y lo factible, teniendo en cuenta el tiempo empleado en la generación de la caché y la frecuencia con la que se actualizan las coberturas parciales de ortofotos de PNOA, con un promedio de una vez cada uno o dos meses.

Hay que tener en cuenta que aunque se ofrecen los *Tile Matrix Sets* EPSG:4326 e *InspireCRS84Quad*, ambos son equivalentes. El primero aparece por defecto en *GeoServer* y el segundo se incluye para satisfacer el requerimiento Inspire. Sin embargo esto no se traduce en una duplicidad de almacenamiento ni de tiempo de procesamiento gracias al empleo de enlaces simbólicos. Se trata de un recurso informático sobre sistemas *Unix* o *Linux*, que permiten acceder a un directorio o fichero que se encuentra físicamente en otra ubicación.

Para solventar las duplicidades que se podrían dar con los distintos nombres que admite el *Tile Matrix Set* EPSG:3857, también se han creado enlaces simbólicos entre este, EPSG:900913 y *GoogleMapsCompatible*.

Para llevar a cabo la fase de «precacheo» se han valorado distintas alternativas.

La primera que se ha planteado ha sido utilizar la interfaz gráfica que ofrece *GeoWebCache* (véase figura 7) para lanzar peticiones al servicio WMTS especificando como parámetros el número de hilos, el formato de las teselas, los niveles inicial y final y las coordenadas de la región a cachear. Esta opción permite dos tipos de operaciones, *seed* para generar teselas sin regenerarlas en caso de que ya existan, y *reseed* para generarlas también en caso de que existan, sobrescribiéndolas. Además permite la operación *truncate* para eliminar teselas.

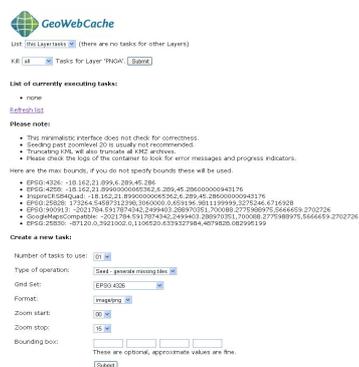


Figura 7: Interfaz gráfica de *GeoWebCache*

Esta alternativa no ha resultado adecuada para nuestro propósito ya que obligaba a introducir a mano los parámetros cada vez que se lanzaba una operación de «precacheo». Además, se ha comprobado que a partir de cierto nivel o escala no es recomendable trabajar con áreas demasiado extensas por lo que se multiplica el número de operaciones a realizar.

Por este motivo, se ha evaluado la segunda de las opciones que ofrece *GeoServer* para trabajar con *GeoWebCache* sin necesidad de usar la interfaz gráfica. Se trata de la **API REST de *GeoWebCache***, una interfaz de programación que permite, entre otras cosas, rellenar la caché de una capa a través del envío de peticiones de tipo HTTP POST mediante la herramienta CURL.

CURL es una herramienta de código abierto para transferir datos por línea de comando mediante sintaxis URL empleando distintos protocolos de comunicación. Se muestra a continuación un ejemplo de este tipo de peticiones:

```
curl -v -u usuarioGeoServer:contraseñaGeoServer -XPOST -H "Content-type: text/xml" -d
"<seedRequest><name>layers</name><srs><number>4326</number></srs><bounds><coords
><double>Xmin</double><double>Ymin</double><double>Xmax</double><double>Ymax</d
ouble></coords></bounds><zoomStart>NivelInicial</zoomStart><zoomStop>NivelFinal</zoo
mStop><format>image/jpeg</format><type>seed</type><threadCount>4</threadCount></s
eedRequest>" "http://IP-servidor:8080/geoserver/gwc/rest/seed/layers.xml"
```

En definitiva, por tanto, se están definiendo los mismos parámetros que a través de la interfaz gráfica de *GeoWebCache*. Sin embargo, la ventaja de este método es que nos permitió automatizar en parte el proceso de «precacheo» gracias a que generamos un archivo de procesamiento por lotes (*script* escrito en *java*) para lanzar las peticiones según los parámetros definidos de antemano y almacenados en un fichero de texto, reutilizable en trabajos posteriores de «precacheo».

Para lanzar la carga de la caché a partir del nivel 11 (escala aproximada 1:136.000) ha sido necesario subdividir la superficie de España en regiones más pequeñas y calcular las coordenadas de los *bounding box* de esos recintos en los distintos SRC.

Ha habido una serie de circunstancias que nos han hecho replantearnos el uso de esta segunda alternativa, que en principio habíamos dado como válida cuándo aún trabajábamos con la versión 2.1.0 de *GeoServer*.

Una de ellas es que esta metodología de trabajo no consigue completar un determinado nivel mediante una única operación. Es decir, la experiencia nos dice que son necesarias varias iteraciones para completar la tarea, y además, es necesaria una comprobación manual que lo corrobore, es decir, no se dispone de un informe automático de resultados.

Esto unido a que, tras migrar a la versión 2.2.2 de *GeoServer*, la operación *seed* no funcionaba como se esperaba, es decir, volvía a regenerar teselas ya existentes, al igual que la operación *reseed*, nos ha hecho replantearnos que esta fuera la alternativa definitiva.

Por tanto, la tercera opción planteada y que ha resultado ser la escogida, ha sido **realizar al servicio peticiones de tipo *GetTile*** para ir completando cada nivel en función de la zona que se desee cachear.

Las peticiones *GetTile*, ejecutadas sobre el entorno de desarrollo, tienen la siguiente sintaxis:

```
http://IPdesarrollo:8080/geoserver/gwc/service/wmts?FORMAT=image/jpeg&VERSION=1.0.
0&SERVICE=WMTS&REQUEST=GetTile&EXCEPTIONS=application/vnd.ogc.se_inimage&LAYER=
Ol.OrthoimageCoverage&SRS=EPSG:4326&STYLE=default&TILEMATRIXSET=InspireCRS84Quad
&TILEMATRIX=15&TILEROW=9104&TILECOL=31858
```

Por tanto, ha sido necesario calcular los mínimos y máximos *TileCol* y *TileRow* (ver figura 3) correspondientes a cada nivel (*Tile Matrix*) en función de la región que se quiera «precachear».

Se ofrecen a continuación las fórmulas empleadas en estos cálculos:

$\text{minTileCol} = \text{floor} ( (\text{XminRegion} - \text{XminTileMaTriXSet} ) / \text{tamaño tesela} )$

$\text{maxTileCol} = \text{floor} ( (\text{XmaxRegion} - \text{XminTileMaTriXSet} ) / \text{tamaño tesela} )$

$\text{minTileRow} = \text{floor} ( (\text{YmaxTileMaTriXSet} - \text{YmaxRegion} ) / \text{tamaño tesela} )$

$\text{maxTileRow} = \text{floor} ( (\text{YmaxTileMaTriXSet} - \text{YminRegion} ) / \text{tamaño tesela} )$

donde,

Tamaño tesela = resolución del nivel x 256

Función *floor*: devuelve el menor entero de la expresión

También en este caso se ha preparado un programa en *java* que permite automatizar la carga masiva de la caché. En su definición se ha tenido en cuenta el concepto anteriormente explicado de metatesela, de manera que para la configuración establecida de metateselas de 4 x 4 teselas, el *script* solicita sólo una de cada 16 peticiones consecutivas, con el consiguiente ahorro de tiempos.

Al finalizar el proceso, el *script* genera un informe de resultados, recopilando las teselas almacenadas y el tiempo empleado en generarlas.

La principal ventaja de la opción escogida es que es capaz de completar un determinado nivel en una única operación, sin necesidad de iteraciones, excepto que se produzca algún corte en la red o se produzca cualquier otra circunstancia que motive que la respuesta del servidor sea un código de error.

Esta circunstancia también está prevista y las peticiones erróneas se vuelcan a un fichero de *logs*, posibilitando que vuelvan a ser lanzadas sólo las que han fallado, mediante la ejecución de un segundo *script* basado en el anterior.

A modo de ejemplo se resumen en la tabla 8 los tiempos empleados para el *Tile Matrix Set InspireCRS84Quad*

Tabla 8: Tiempos para la carga completa de los niveles del *Tile Matrix Set InspireCRS84Quad*

InspireCRS84Quad	Tiempo aproximado	Datos servidos
Niveles 0 a 9	7 minutos	Imagen satélite Spot
Nivel 10	7 minutos	
Nivel 11	20 minutos	
Nivel 12	1 hora 30 minutos	
Nivel 13	11 horas 30 minutos	Ortofotos PNOA
Nivel 14	40 horas	

### Mantenimiento del servicio

Puesto que las ortofotos del proyecto PNOA están en constante evolución se ha planificado un proceso de actualización para el servicio WMTS, consistente en:

- Identificar, basándose en las coordenadas de la zona actualizada, las teselas que están almacenadas en caché y que deben eliminarse. Para ello es necesario calcular los valores mínimos y máximos de los índices de las teselas, es decir, los mínimos y máximos valores de *TileCol* y *TileRow*.
- Una vez eliminadas las teselas antiguas, se vuelve a lanzar la carga de teselas

correspondiente a la zona actualizada, y se sustituye la caché del entorno de producción por la nueva caché generada con las teselas actualizadas y las teselas que no han sufrido cambios.

## CONCLUSIONES

Los servicios WMTS del nodo IDE del IGN, como el de imágenes de satélite y ortofotografías del PNOA, se han implementado de acuerdo con la especificación OGC y con el perfil Inspire de WMTS 1.0.0 que establece la guía técnica sobre servicios de visualización Inspire.

El análisis de las estadísticas de uso de los servicios WMTS del IGN revela que todavía es bastante escaso el empleo de este tipo de servicios teselados, en comparación con sus correspondientes servicios de visualización Inspire WMS 1.3.0, aún cuando cada vez son más los clientes que ofrecen la posibilidad de conexión a estos servicios WMTS.

Además, se han detectado en ocasiones consultas masivas al servicio WMS del PNOA con parámetros que serían más adecuados para servicios teselados. De hecho se está utilizando el *software Varnish* que actúa como una caché para aplicaciones web y que permite mitigar la pérdida de rendimiento debida a este tipo de consultas.

En definitiva, queremos recomendar el empleo de este tipo de servicios que vienen a dar respuesta a la creciente demanda de servicios de mapas por Internet, de una manera no solo más eficaz sino también normalizada.

Como objetivo futuro se plantea la incorporación del atributo `xml:lang` en los elementos XML del documento de capacidades del servicio para cumplir el requisito de multilingüismo. Por último, sólo nos queda recomendar a las organizaciones que estén publicando servicios de visualización que tengan mucha demanda y cuyos datos no se actualicen con excesiva frecuencia, que implementen servicios teselados WMTS-Inspire por el gran salto cualitativo que ello supone en el rendimiento del servicio, uno de los puntos más débiles de los WMS.

## REFERENCIAS

- [1] *Open GeoSpatial Consortium*, <http://www.opengeospatial.org/>
- [2] OGC 07-057r7, *OpenGIS® Web Map Tile Service Implementation Standard*
- [3] OGC 6-042, *Web Map Service WMS Implementation Specification*
- [4] Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de marzo de 2007 por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (Inspire).
- [5] *Technical Guidance for the implementation of Inspire View Services*
- [6] *Web Mapping Service - Cached*, [http://wiki.osgeo.org/wiki/WMS\\_Tile\\_Caching](http://wiki.osgeo.org/wiki/WMS_Tile_Caching)
- [7] *Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)*, <http://www.osgeo.org>
- [8] *Tile Map Service Specification (OSGeo)*,  
[http://wiki.osgeo.org/wiki/Tile\\_Map\\_Service\\_Specification](http://wiki.osgeo.org/wiki/Tile_Map_Service_Specification)
- [9] Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España (LISIGE)

- [10] D2.8.III.3 *Data Specification on Orthoimagery - Draft Technical Guidelines*
- [11] Canal RSS del directorio servicios de IDEE, <http://www.ideo.es/DirectorioServicios/rss>
- [12] Canal RSS de noticias del IGN-CNIG, <http://www.ign.es/ign/rss>
- [13] *Inspire Metadata Implementing Rules: Technical Guidelines based on EN ISO 19115 and EN ISO 19119*

## AUTORES

**Carolina Soteres Domínguez**  
*csoteres@fomento.es*  
 Instituto Geográfico Nacional -  
 Centro Nacional de Información  
 Geográfica

**Patricia Trigo Gambaro-Espuig**  
*ptrigo@fomento.es*  
 Instituto Geográfico Nacional -  
 Centro Nacional de Información  
 Geográfica

**Marta Juanatey Aguilera**  
*mjuanatey@fomento.es*  
 Instituto Geográfico Nacional -  
 Centro Nacional de Información  
 Geográfica

**Alejandra Sánchez Maganto**  
*asmaganto@fomento.es*  
 Instituto Geográfico Nacional -  
 Centro Nacional de Información  
 Geográfica

**Julián González García**  
*jgonzalezg@fomento.es*  
 Instituto Geográfico Nacional -  
 Centro Nacional de Información  
 Geográfica

**Paloma Abad Power**  
*pabad@fomento.es*  
 Instituto Geográfico Nacional -  
 Centro Nacional de Información  
 Geográfica

**Antonio F. Rodríguez**  
*afrodriguez@fomento.es*  
 Instituto Geográfico Nacional -  
 Centro Nacional de Información  
 Geográfica

**Inmaculada Serra Recasens**  
*inmaculada.serra@cnig.es*  
 Instituto Geográfico Nacional -  
 Centro Nacional de Información  
 Geográfica

**Emilio López Romero**  
*elromero@fomento.es*  
 Instituto Geográfico Nacional -  
 Centro Nacional de Información  
 Geográfica

**Lorena Hernández Quirós**  
*lhquiros@fomento.es*  
 Instituto Geográfico Nacional -  
 Centro Nacional de Información  
 Geográfica

**Cristina Ruiz Montoro**  
*cruiz@fomento.es*  
 Instituto Geográfico Nacional -  
 Centro Nacional de Información  
 Geográfica

**Antonio Villena Martín**  
*antonio.villena@cnig.es*  
 Instituto Geográfico Nacional -  
 Centro Nacional de Información  
 Geográfica