

INEGI-Móvil:

desarrollo de un SIG móvil en código libre para levantamiento de datos en campo

INEGI-Mobile: **Development of a Free Software Mobile GIS for Field Data Surveys**

Alonso Morilla Meneses,* Alejandra Albert Tejera* y Silvia Franceschi**

*GeoAlternativa, AC, alonsomorilla@geoalternativa.com, alejandraalbert@geoalternativa.com, respectivamente.

**HydroGIS, silvia.franceschi@hydrologis.eu



Arturo López Jiménez.

El artículo aborda el proceso de desarrollo de una *app* para el Instituto Nacional de Estadística y Geografía consistente en un sistema de información geográfica para dispositivos móviles integrado en una infraestructura de datos espaciales. Se explica cómo se llevó a cabo el diagnóstico de necesidades del equipo técnico del Instituto, la metodología elegida para desarrollar y testear la aplicación y los resultados obtenidos durante el proyecto. Su desarrollo ha sido liderado por GeoAlternativa, AC gracias al apoyo del Fondo Sectorial CONACYT-INEGI.

Palabras clave: *software* libre; SIG móvil; infraestructura de datos espaciales.

Recibido: 25 de marzo de 2019.
Aceptado: 18 de diciembre de 2019.

1. Introducción

Los entes de la administración pública federal, como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), suelen realizar multitud de trabajos en campo y de diversa naturaleza. Actualmente, lo más habitual es que se utilicen métodos analógicos para el registro de información en el terreno, como: peritajes, encuestas, censos, etcétera.

El uso del papel y herramientas analógicas para este tipo de labores puede conllevar a errores humanos durante su cumplimentación, provocando problemas en la futura gestión de la información. Esta metodología obliga a una fase posterior de digitalización, lo cual puede sumar nuevos fallos, registros duplicados y valores erróneos, entre otros, todo ello ocupando recursos humanos y económicos. Además, sería necesario georreferenciar esta información para poder gestionarla de manera óptima, sumando una fase más de trabajo y ralentizando la gestión de los datos por parte de la administración pública.

INEGI-Móvil, la aplicación para dispositivos móviles desarrollada gracias al proyecto 267963 del Fondo Sectorial CONACYT-INEGI, permite obtener datos en el terreno a través de formularios personalizados, editarlos y sincronizarlos con una futura infraestructura de datos espaciales (IDE), práctica-

This article discusses the process of developing an app for the *National Institute of Statistics and Geography* consisting of a geographic information system for mobile devices integrated into a spatial data infrastructure. It explains how the needs assesment of the Institute's technical team was carried out, the methodology chosen to develop and test the application and the results obtained during the project. Its development has been led by GeoAlternativa, AC thanks to the support of the CONACYT-INEGI Sectorial Fund.

Key words: free software; mobile GIS; Spatial Data Infrastructure.

mente en tiempo real. De esta forma, conseguimos un ahorro considerable en tiempo y recursos económicos.

Por lo tanto, además del desarrollo de la aplicación móvil que se solicitaba en este proyecto, GeoAlternativa, AC¹ propuso conectar esta herramienta con un sistema de información geográfica (SIG) de escritorio y uno web, creando una *suite* completa que pueda gestionar toda la información geográfica desde un punto de vista interoperable (ver figura 1).

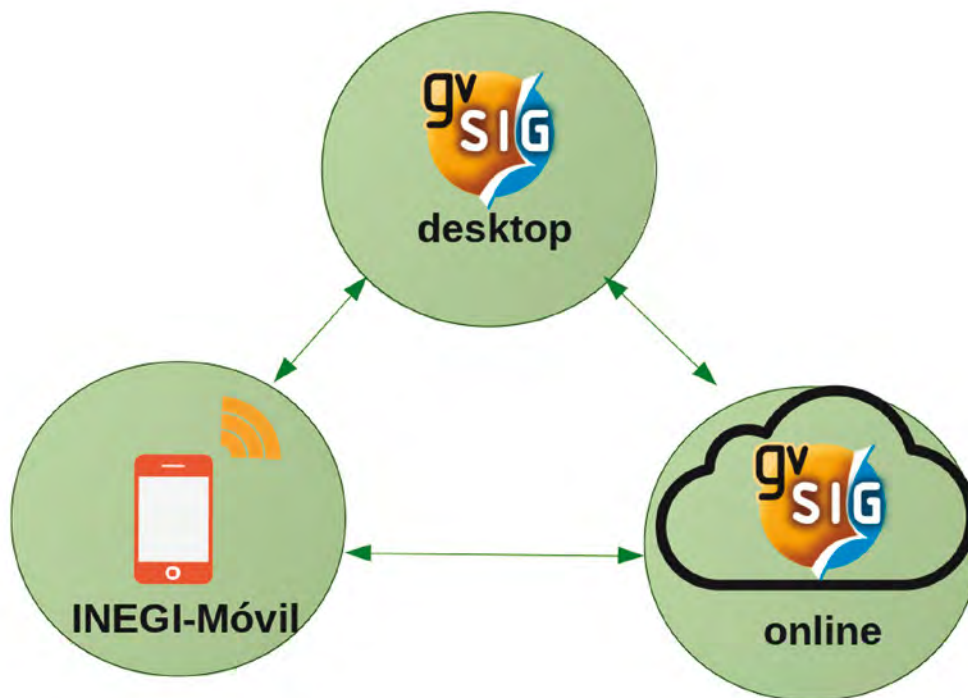
Las aplicaciones prácticas más notables en las que se puede utilizar esta *suite* son:

- Gestión tanto de infraestructuras urbanas y rurales como del catastro.
- Censos y peritajes.
- Encuestas y estudios sociales.
- Gestión de recursos naturales, del patrimonio histórico y arqueológico, así como de emergencias y actuaciones de protección civil.

Este proyecto ha sido liderado por GeoAlternativa. En el proceso han apoyado en el desarrollo de sof-

¹ Organización de la sociedad civil especializada en geomática, educación y ordenamiento ambiental que forma parte de la Asociación gvSIG.

Esquema de la propuesta de *suite* interoperable



ware otros miembros de la Asociación gvSIG, como HydroloGIS o Scolab y parte del equipo técnico del INEGI, ayudando en el diagnóstico de necesidades y en mejorar la experiencia de usuario.

2. Fase 1: diagnóstico de necesidades de los usuarios

2.1 Métodos y técnicas

Para llevar a cabo esta fase, se tuvieron en cuenta tanto los requerimientos propuestos en la convocatoria del Fondo Sectorial como los particulares del grupo que sirvió de enlace entre el INEGI y GeoAlternativa.

Además, se realizó un estudio exhaustivo de todas las aplicaciones SIG móviles libres del mercado para revisar las funcionalidades, opciones y librerías que mejor se podían ajustar a estas necesidades.

2.2 Resultados

Gracias a la fase de diagnóstico de requerimientos, se observó que el equipo técnico del INEGI encargado de recopilar datos en campo necesita superar el uso de métodos analógicos tradicionales, ya que se han convertido en un factor limitante en el desarrollo de sus proyectos. La necesidad de manipular diferentes instrumentos (como papel y lápiz, además de otros materiales, por ejemplo, brújulas, planos cartográficos y agenda de notas, entre otros) complican esta labor. Si le sumamos la incorporación de aparatos tecnológicos (dispositivos con GPS o sensores de variables biométricas), la atención y calidad de su trabajo pueden verse seriamente mermadas.

En esta convocatoria se planteó la implementación de herramientas de SIG móviles para dispositivos (como tabletas o *smartphones*) que permitieran

adquirir, editar y almacenar datos georreferenciados. Además, se aconsejaba la comunicación con un servidor que permitiera compartir, visualizar y administrar la información geográfica en un ambiente distribuido a nivel de intranet y/o internet, de cara a la posible incorporación del SIG móvil a una futura IDE. Por medio de este canal, por lo tanto, se podrá enviar información desde el dispositivo móvil hacia el servidor, en el cual un cliente usuario podrá hacer consultas a bases de datos actualizadas.

Durante esta fase de diagnóstico también se tomaron en cuenta aspectos secundarios, pero asimismo muy importantes de cara a asegurar su uso generalizado en la administración pública federal, como: la compatibilidad con estándares académicos y comerciales, la disponibilidad de cartografía digital actualizada y la recomendación de reducir costos asociados a licencias de *software* propietario. Por eso, desde un inicio, se tomó la decisión de desarrollar herramientas basadas en *software* libre y apegadas a estándares OGC (*Open Geospatial Consortium*).

En las diferentes reuniones presenciales y virtuales con el equipo del INEGI en Aguascalientes se desarrollaron y complementaron las necesidades citadas más arriba e incorporando otras de carácter práctico con el objetivo de mejorar la experiencia del usuario y el desempeño de la aplicación en los trabajos de campo.

Estas nuevas necesidades podemos agruparlas en diferentes rubros:

- Técnicas:
 - ✓ Trabajo con formularios personalizables. Uno de los mayores obstáculos a la hora de tomar datos con un dispositivo móvil es la introducción de texto a través de teclado que, además, puede conllevar a gazapos gramaticales. Esto puede producir fallos graves en los registros de las bases de datos. Si creamos formularios personalizados con respuestas preconfiguradas ganaremos tiempo y facilidad de uso, además de que evitaremos posibles errores humanos.

- ✓ Combinar fotografías con información georreferenciada. Dependiendo del tipo de levantamiento de datos que estemos llevando a cabo, puede ser necesario incorporar a nuestro registro una imagen que ilustre mejor la información.
- ✓ Posibilidad de más de una fotografía georreferenciada por registro. Especialmente necesario para censos de viviendas, inventarios de flora y otros trabajos similares.
- ✓ Importación de WMS e imágenes *raster*. La disponibilidad de servicios web del INEGI y otras imágenes *raster* en la aplicación SIG móvil permitirá mejorar el contexto y, por lo tanto, la precisión en los registros.
- ✓ Diseño intuitivo y alta usabilidad. Por lo normal, los equipos humanos que levantan datos en campo no desean una curva de aprendizaje larga, ya que es necesario primar la efectividad a corto plazo. Por eso, la interfaz de INEGI-Móvil es simple y puede utilizarse correctamente desde el primer momento.
- Logísticas:
 - ✓ Sustituir los formularios de papel por digitales. Como se mencionaba con anterioridad, el proceso de digitalización de la información analógica supone un esfuerzo y un riesgo real de errores de transcripción, por lo que introducir los datos directamente en formato digital mejora mucho el proceso.
 - ✓ Disminuir los tiempos de postprocesado de la información de campo. De la misma manera, al sustituir los formularios de papel por digitales, el tiempo de postprocesado prácticamente desaparece, optimizando el proceso completo.
- Administrativas:
 - ✓ Exportación de formularios de formato SIG a PDF o HTML para su consulta y revisión por personal no especializado en SIG. No todos en el equipo que revisa los datos obtenidos en campo son especialistas en SIG o tienen nociones de geomática, por lo que es necesario que la información obtenida pueda ser vista y comprendida por todo el mundo en la toma de decisiones.

2.3 Comparativa de soluciones SIG libres

Entre las muchas aplicaciones para dispositivos móviles revisadas (ver figura 2), finalmente se analizaron en profundidad las *app Qfield*, *gvSIG Mobile* (para Windows Mobile), *gvSIG Mini* y *Geopaparazzi*, es decir, las relativas a los dos proyectos más importantes de SIG libre: *QGIS* y *gvSIG*. La razón de elegir las, además de que son las más completas, es por ser muy estables y soportadas por una comunidad de usuarios mundial, lo cual otorga fiabilidad a sus propuestas.

La comparativa que se realizó de todas las soluciones SIG libres tuvo en cuenta, sobre todo, que cumplieran con las siguientes características y funcionalidades:

- Licencia libre.
- Sujetas a estándares OGC.
- Visualización de archivos *raster* y vectoriales.
- Visualización de servicios OGC.
- Conexión a BBDD.

- Herramientas tanto de geoposicionamiento, navegación y consulta como de edición de información vectorial.
- Toma de fotografías georreferenciadas.
- Trabajo en modalidad *offline* y *online*.
- Importación y exportación de la información desde diferentes formatos.
- Trabajo con formularios.

De todas ellas, *Geopaparazzi* y *Qfield* fueron las que cumplieron con la mayoría de los requisitos y, por lo tanto, objeto de un testeo en profundidad para observar las mejores funcionalidades y librerías de código susceptibles de desarrollarse para INEGI-Móvil.

Las que se probaron para el trabajo de campo se dividieron en tres bloques:

- Preparación del proyecto de campo:
 - ✓ Carga de información base (*raster*).
 - ✓ Importación de información vectorial.
 - ✓ Carga de un mismo proyecto en varios dispositivos.

Figura 2

Muestra de las aplicaciones de SIG móvil analizadas de cara a establecer la base del futuro desarrollo de INEGI-Móvil



- Desempeño en campo:
 - √ Tiempo de captación de satélites y de plena operatividad.
 - √ Carga del proyecto.
 - √ Grabación de *track* y *waypoint*.
 - √ Consulta de la información vectorial.
 - √ Creación de nuevas capas vectoriales.
 - √ Edición de capas vectoriales existentes.
 - √ Inclusión de fotografías al proyecto.
 - √ Integración de nueva información a la tabla de atributos.
 - √ Trabajo con formularios.
 - √ Sincronización con 3G/4G y wifi.
- Interoperabilidad:
 - √ Visualización de la información obtenida por otros usuarios.
 - √ Descarga de la información a SIG de escritorio.
 - √ Visualización de la información obtenida en la IDE.
 - √ Precisión de los datos obtenidos en campo.

2.4 Propuesta de GeoAlternativa

Con toda esta información previa y analizando las funcionalidades que mejor desempeño obtenían en el trabajo de campo, se sugirió un SIG móvil integrable en una futura IDE basada en *software* libre y estándares OGC/ISO garantizando tanto la independencia tecnológica de la solución como su interoperabilidad con el resto de la *suite* recomendada.

La aplicación se desarrolló en Java para Android, el sistema operativo más extendido en los dispositivos móviles, lo cual posibilita una mayor implantación en los entes de la administración pública federal.

Dadas las características de uso de este tipo de herramientas, que principalmente se orientan a las actividades de toma de datos en campo, la aplicación trabajaría tanto en modalidad *online* como *offline*. En este último caso se garantiza su operatividad sin acceso a datos de internet para, en el momento de conseguir conexión, alimentar una base de datos.

Al formar parte de una plataforma o *suite* integral, no solo existiría comunicación con un servidor, sino también se permitiría que los ficheros de proyecto del SIG móvil pudieran leerse automáticamente por uno web libre y visualizarse también en otro de escritorio. En ambos casos, el resto de componentes reconocerían de manera automática los distintos datos tomados en campo (elementos vectoriales de capas de puntos, líneas o polígonos, fotografías, notas, etcétera).

El sistema, para las tareas de geoposicionamiento, utilizaría el GPS interno del dispositivo, que funcionaría no solo para permitir la ubicación del usuario, sino también para poder editar e introducir nuevos datos vectoriales.

La solución móvil se pensó también para soportar, además de servicios estándar WMS o WMTS (servicios web de información *raster*), bases de datos de teselas como *Mapforge* o *MBTiles*. Esto garantiza que en zonas sin señal de datos de internet no se pierda el acceso a la cartografía necesaria para el trabajo de campo.

También se eligió, para almacenar la información geográfica vectorial, la base de datos *SpatialLite*, lo cual significa que puede soportar todo tipo de información (geometrías, datos alfanuméricos, etc.) con un peso mucho menor y con la posibilidad de guardar, en un mismo archivo, multitud de capas vectoriales.

Además, se propuso implementar características de importación y exportación a distintos formatos, como KMZ y GPX, así como la importación y exportación de datos en tiempo real a un SIG web (*gvSIG Online*) y de proyectos a uno de escritorio libre (*gvSIG Desktop*). Se garantizaría, de este modo, la posibilidad de distribuir de múltiples formas la información y en todas direcciones (hacia y desde la aplicación SIG móvil).

El equipo técnico del INEGI consideró una parte fundamental del proyecto —pensando en el trabajo de campo— el desarrollar la capacidad de la herramienta para diseñar formularios de forma ágil y sencilla. Con una interfaz clara y simple se podrían

generar aquellos que permitieran la toma de datos tanto gráficos como alfanuméricos. Durante la fase de diagnóstico se realizaron varias reuniones con el equipo técnico para anotar sus necesidades en este sentido y se realizó una salida a campo para probar dicha funcionalidad.

3. Fase 2: desarrollo de la solución

Una vez recopiladas las necesidades del Fondo y del equipo técnico que fungió como enlace con GeoAlternativa se procedió a elegir la base de desarrollo, las funcionalidades requeridas y el plan de trabajo para conseguir una herramienta SIG móvil robusta, sencilla de usar e interoperable con el resto de elementos de la *suite*.

3.1 Métodos y técnicas

La metodología que se propuso para acometer este proyecto fue la de Desarrollo Ágil, concretamente la de Programación Extrema, que otorga una importancia crucial a la interacción entre el equipo de desarrollo y el usuario final. De esta manera, siempre se obtendrá una solución informática a gusto del usuario y se salvan los posibles errores casi de inmediato.

Concretamente, la de Programación Extrema propone los siguientes principios:

- Desarrollo iterativo e incremental. Pequeñas mejoras, unas tras otras. En lugar de escribir grandes cantidades de código se desarrollan pequeñas partes del *software* para eliminar cuellos de botella de posibles errores.
- Pruebas unitarias continuas. Al mismo tiempo, cada desarrollo se testea continuamente, tanto en entorno virtual como en terreno, para localizar errores y *bugs* de una manera más rápida y tomar las medidas para solucionarlos.
- Integración usuario final/equipo de desarrollo. Para que el usuario final sepa en todo momento qué producto se está desarrollando y que la solución informática servirá a sus necesidades, es necesario que la comunica-

ción sea constante desde el inicio del proyecto. De esta forma, la retroalimentación efectiva estará asegurada.

- Corrección de errores antes de una nueva funcionalidad. El siguiente paso solo se realiza cuando los errores detectados hayan sido corregidos por el equipo de desarrollo.
- Entregas frecuentes. Se publican compilaciones de manera constante para que el equipo de usuarios finales pueda probar la solución y verificar, de la manera más real posible, el funcionamiento de la aplicación.
- La simplicidad conlleva transparencia. Explicar el trabajo que se está realizando con un lenguaje complicado solo provoca falta de entendimiento y problemas en la retroalimentación; por eso, se pretende mostrar el proyecto de manera simple para que cualquiera pueda entender en qué se están destinando los recursos.

Además de los beneficios que aporta esta metodología en un proyecto de este tipo, también se han aprovechado los que proporcionan otras herramientas basadas en *software* libre que nos han permitido mantener la comunicación y transparencia en todo momento con el cliente:

- Uso de repositorios. Se utilizó el servicio de *Git* para almacenar todas las compilaciones que se fueron desarrollando durante el proyecto. De esta forma, el código y la aplicación estuvieron disponibles en todo momento para revisión, uso y mejora. Para optimizar este trabajo de guardar versiones, se usó el motor de integración continua Jenkins.
- Virtualización. Antes del testeo en campo o en escritorio de los tres elementos de la *suite*, se probaron las aplicaciones en entornos virtualizados a través de *Android Studio* y *Proxmox*.
- Control y seguimiento. Como en el resto del proceso, para las labores de control y seguimiento también se emplearon herramientas *FLOSS* (por *Free/Libre and Open Source Software*). En este caso se eligió *GitHub*, una

plataforma de desarrollo colaborativo que utiliza el control de versiones *Git*. Además, se utilizó *Collabtive* como *software* de gestor de proyectos y asignación de tareas.

INEGI-Móvil se desarrolló completamente en lenguaje Java. Las únicas librerías nativas en C referenciadas en el proyecto son las de las bases de datos *Spatialite*. El proyecto usa *Gradle* como herramienta de compilación.

Las librerías más importantes de este proyecto son:

- *Inegimovil Core*. Es el módulo central (core), y contiene todo lo que es visible en la *app* móvil, es decir, todas las actividades, vistas y fragmentos, así como la lógica que hay detrás de la interacción con el usuario.
- *Inegimovil library*. El módulo *Biblioteca* contiene el código de funcionalidades que

puede ser replicado en otras aplicaciones desarrolladas en un futuro.

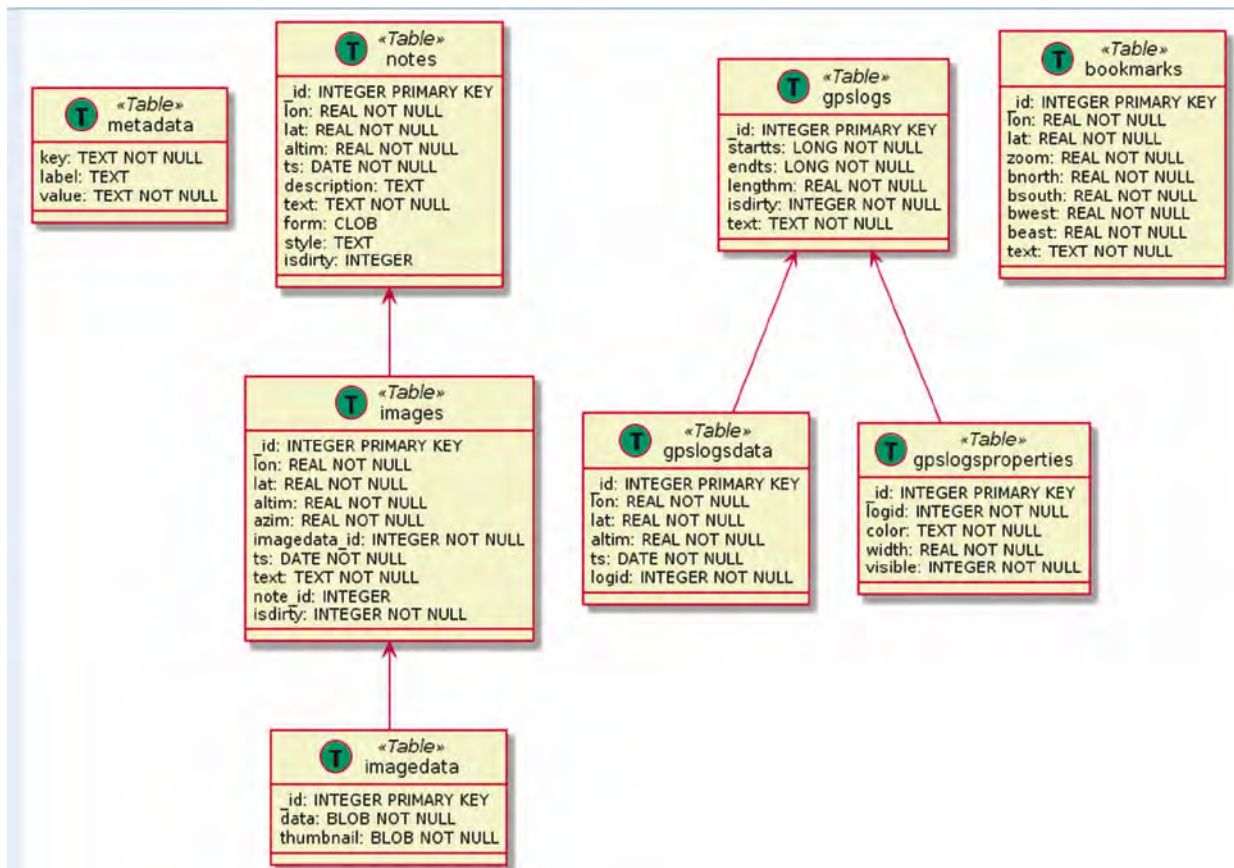
- *Inegimovil spatialite library*. El módulo *Spatialite Library* contiene elementos clave para el correcto funcionamiento de la aplicación principal. Como el propio nombre indica, contiene todas las clases que definen las tablas espaciales, sus geometrías y atributos, es decir, gestiona la parte vectorial de *Spatialite*. La base de datos del proyecto INEGI Móvil es una *sqlite* simple con la extensión *.gpap* (ver figura 3).

3.2 Resultados

Desde el punto de vista funcional y estético, INEGI-Móvil se ha desarrollado para ser una aplicación muy sencilla de utilizar y de una interfaz limpia y simple,

Figura 3

Esquema de la base de datos de los proyectos en INEGI-Móvil



diseñada en especial para el levantamiento de datos en campo con dispositivos móviles (ver figura 4).

Principalmente, consta de una pantalla inicial para acceder a todas las funcionalidades, una vista de mapa donde visualizar la capa base y los datos de trabajo, así como apartados para importar y exportar información geográfica.

La pantalla principal consiste en los accesos directos de las diferentes funcionalidades, y se diseñó predominando el espacio diáfano y sencillo para

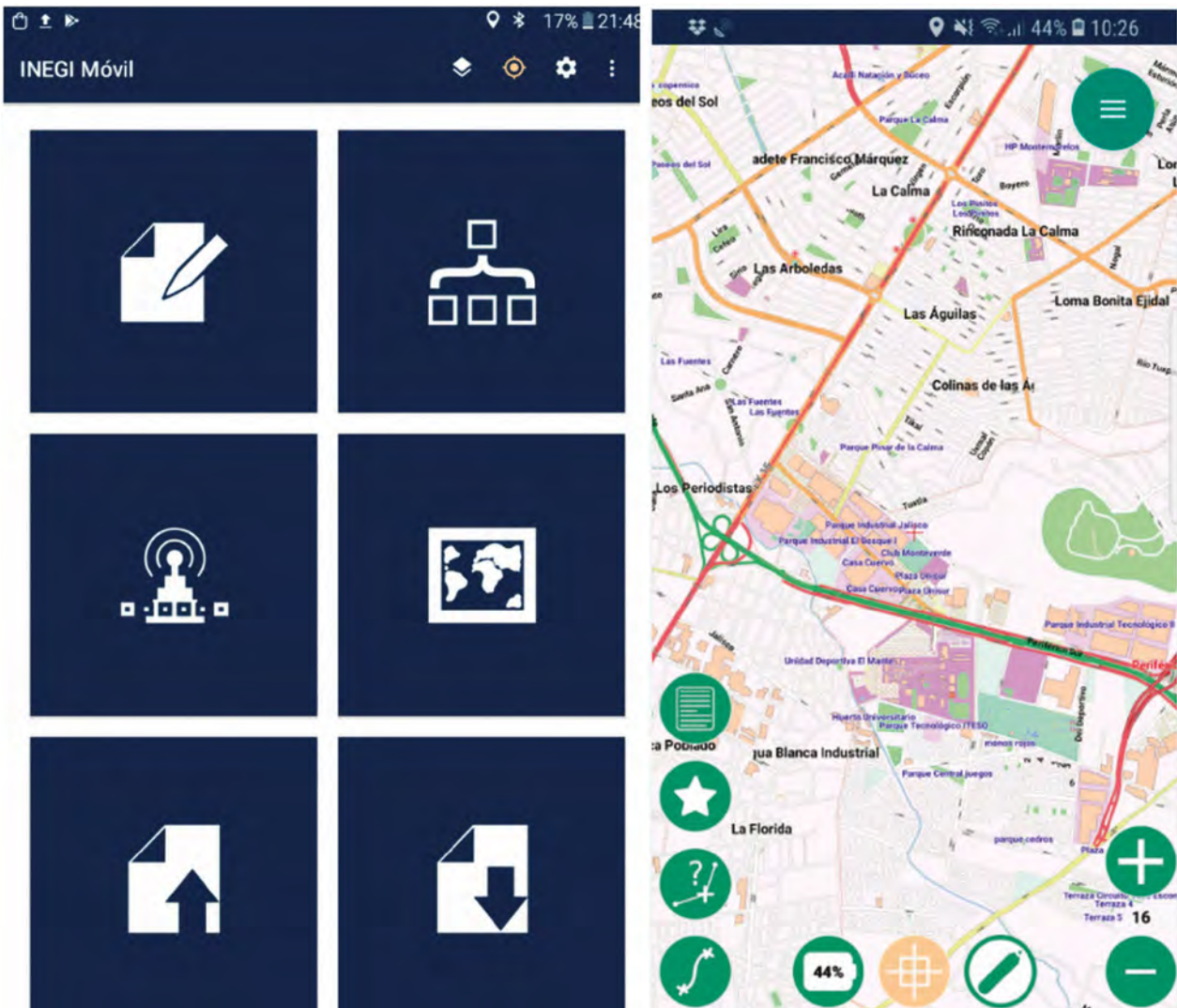
necesitar poca precisión a la hora de pulsar las opciones, algo muy valioso cuando se trabaja en el terreno. La vista de mapa también intenta prescindir de múltiples accesos para evitar errores durante el trabajo en campo.

Funcionalidades desarrolladas para INEGI-Móvil

Además del núcleo de la aplicación y sus funcionalidades más básicas, se atendieron las recomen-

Figura 4

Interfaz principal de la aplicación INEGI-Móvil



A la izquierda se observa la pantalla principal con los accesos a las diferentes funcionalidades y a la derecha, la vista de mapa.

daciones y peticiones obtenidas durante la fase de diagnóstico, desarrollando también las siguientes funcionalidades:

- Posicionamiento por GPS. INEGI-Móvil utiliza la tecnología GPS para ubicar a la persona usuaria sobre el terreno y grabar el *track* de recorrido durante el proceso de trabajo en campo. De esta manera se puede monitorear la labor de cada técnico y planear los puntos de actuación. Además, es posible importar archivos GPX (formato de intercambio GPS) a la *app*, por lo que esta planeación puede realizarse con antelación y cargar cuando sea necesario.

Esta funcionalidad también permitirá georreferenciar los datos captados en el terreno.

- Obtención de fotografías, notas y dibujos georreferenciados. INEGI-Móvil nos permite tomar información georreferenciada a través de la funcionalidad *Notas*. Por defecto, podemos tomar notas de imagen, dibujo, texto y de mapa.

- Obtención de información geográfica en campo a través de formularios personalizados. Además de estas notas simples, es posible generar formularios complejos similares a los oficiales de la administración pública federal, como el INEGI. Pueden ser pequeños formularios de incidencias o extensos de varias páginas (ver figura 5).

Una de las principales ventajas de los personalizados en INEGI-Móvil es que se pueden preconfigurar las respuestas para cada campo a cumplimentar, lo cual ahorra tiempo y evita errores humanos en la introducción de datos.

Además, es posible incorporar fotografías a estos formularios, algo muy valioso para la gestión de inventarios y censos.

- Utilización de mapas base (*OSM*, *WMS*, *Mapforge*, etc.). Por defecto, INEGI-Móvil tiene como mapa base la cartografía en línea del proyecto *OpenStreetMap*, muy completa y funcional. Sin embargo, en ocasiones, es necesario disponer de otras capas base propias acordes con el ámbito en el que se trabajará o que pueda utilizarse en modo *offline*.

Figura 5

Formularios personalizados en INEGI-Móvil para realizar un inventario agrícola



Permite incorporar nuevas capas base, como ortofotografías para operativos de censos, catastrales o agrarios, LIDAR para trabajos forestales, servicios WMS, etcétera.

- Funcionamiento *online* y *offline*. INEGI-Móvil nos permite trabajar utilizando wifi o redes 3G/4G para cargar mapas base (*OpenStreetMap*, *WMS*) y sincronizar los datos que se vayan obteniendo en campo con una base de datos remota o un SIG en la nube como *gvSIG Online* (ver figura 6).

Sin embargo, hay ocasiones en las que no es posible tener una conexión a internet por estar en espacios sin señal; *gvSIG* puede, en estos casos, seguir trabajando en el levantamiento de datos en campo y, al recuperar conexión, sincronizar con dichos servicios externos.

- Gestión de información vectorial. INEGI-Móvil no solo está orientado al levantamiento de datos en campo a través de formularios, sino que es un SIG completo que puede gestionar

información vectorial desde el propio dispositivo móvil.

Sus herramientas de edición permiten crear, cargar, modificar y guardar capas de puntos, líneas y polígonos, además de cambiar su información alfanumérica (ver figura 7).

- Botón de pánico. Ya que el trabajo en campo del equipo técnico del INEGI no está exento de riesgos, INEGI-Móvil cuenta con esta opción que, con una sola pulsación, enviará automáticamente un SMS personalizado con las coordenadas de ubicación al número de teléfono que se haya predefinido para que se pueda enviar ayuda inmediata.
- Opciones de importación y exportación. Como ya se ha mencionado anteriormente, uno de los puntos fuertes de esta aplicación de SIG móvil es su interoperabilidad y versatilidad.

Para preparar el trabajo en campo, se pueden importar datos de diferentes tipos. De la misma manera, podremos exportar la infor-

Figura 6

Interfaz de *gvSIG Online* representando los puntos donde se ha realizado el trabajo de campo para testear la aplicación móvil

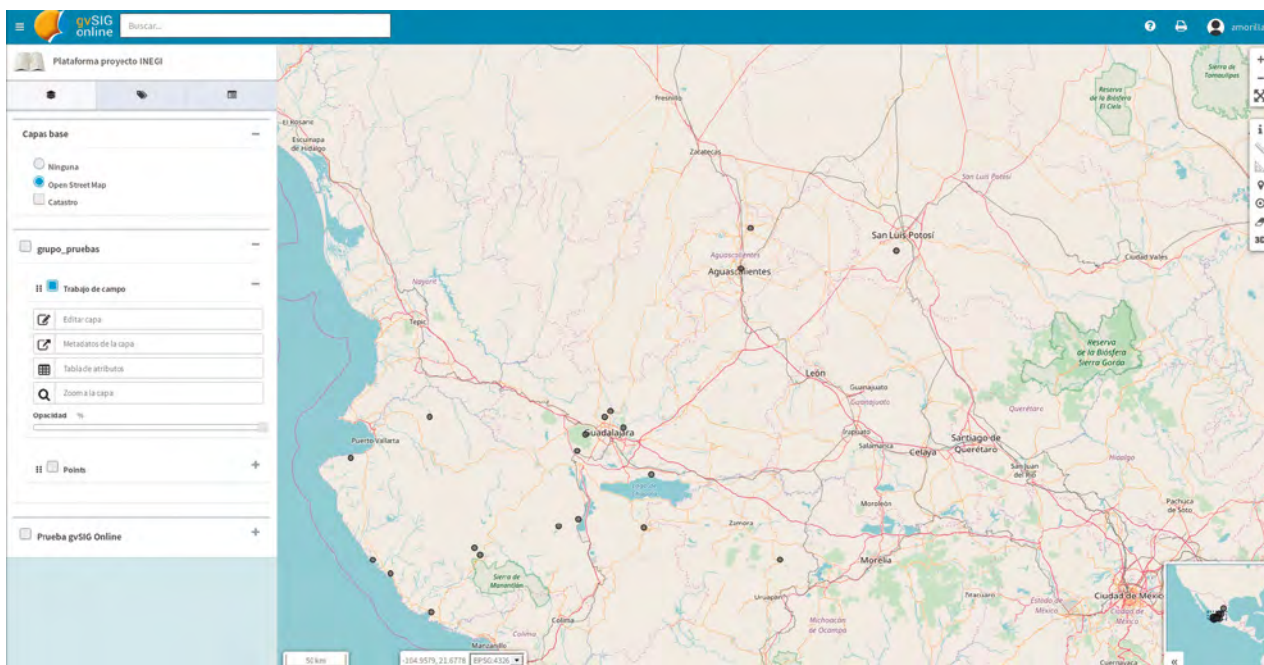
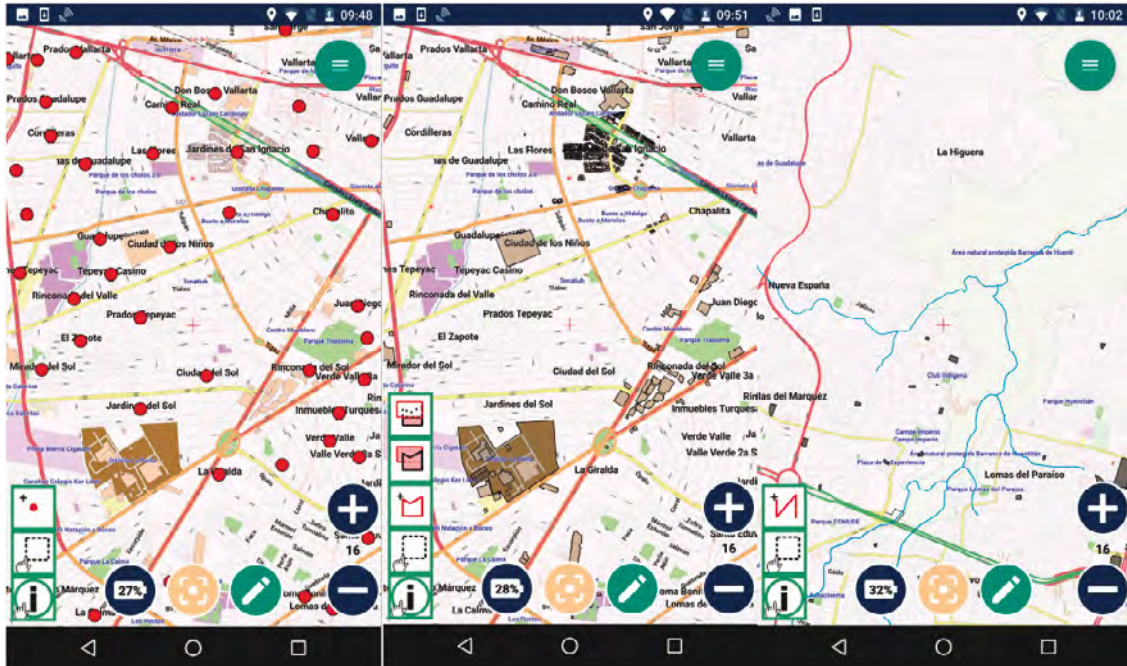


Figura 7

Modo de edición vectorial para puntos, polígonos y líneas en INEGI-Móvil



mación generada en campo a diferentes formatos. Sin duda, lo más destacado en este sentido es la opción de importar capas directamente desde *gvSIG Online*, trabajar con ellas en campo y sincronizarlas de nuevo con la base de datos remota de la IDE (ver figura 8).

Además, para mejorar la experiencia de usuario, y a petición del equipo técnico del INEGI, se desarrolló la funcionalidad de exportar los formularios de campo a formato PDF para poder visualizar la información obtenida en un entorno no SIG, de cara a que personas

Figura 8

Accesos a los diferentes tipos de importación y exportación de datos



que no son especialistas en geomática puedan revisar los datos y trabajar con ellos (ver figura 9).

4. Fase 3: testeo de la solución

4.1 Métodos y técnicas

Estrategia de pruebas de INEGI-Móvil

Estuvo alineada, al igual que todo el proceso de desarrollo, con los principios de las metodologías ágiles, específicamente de la *xTreme Programming* o Programación Extrema; esta considera el proceso de pruebas como indispensable para que la liberación de cada versión de la aplicación sea de calidad.

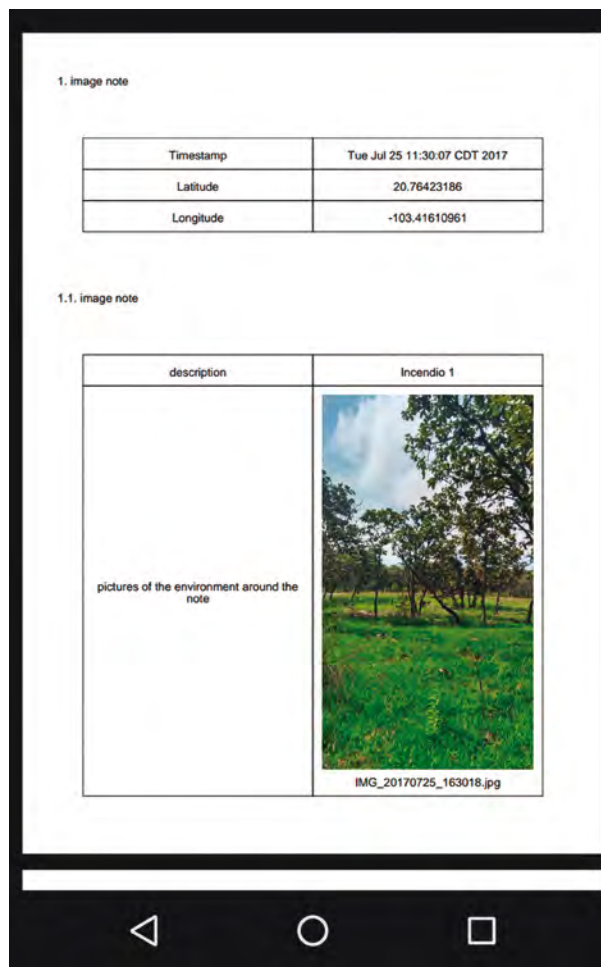
Con el auge de las metodologías ágiles, las estrategias para abordar estos procesos se han diversificado, y han ganado popularidad aquellas como Desarrollo Dirigido por Pruebas (TDD o *Test Driven Development*) y Desarrollo Dirigido por Pruebas de Aceptación (ATDD o *Acceptance Test Driven Development*). Para el caso de la aplicación INEGI-Móvil, se optó por seguir como línea principal para el proceso de pruebas la de ATDD por las siguientes razones:

- Toma como principal referencia a la persona usuaria final, en este caso el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Utiliza historias de usuario como requisitos a los que se asocian pruebas de aceptación (escenarios).
- Las pruebas de aceptación dirigen el diseño/ desarrollo del sistema.
- Requieren entrar tempranamente en detalles de implementación e instanciación de datos de pruebas.

En la estrategia ATDD, las necesidades de las personas usuarias quedan registradas a través de las historias de usuario, y cada una de estas tiene asociados determinados criterios de aceptación; a su vez, para cada criterio de aceptación, se di-

Figura 9

Ejemplo de formulario obtenido en INEGI-Móvil exportado a formato PDF



señan las respectivas pruebas o escenarios que tienen que aprobarse. Basándose en estas pruebas, los desarrolladores programan el código fuente que permitirá cumplir con los requisitos estipulados. Por su lado, ellos definen las pruebas unitarias que evalúan el cumplimiento de los requisitos (expresados en términos de criterios de aceptación).

Antes de las pruebas de validación junto con el equipo técnico del INEGI, se llevó a cabo un proceso continuo e intensivo de pruebas de las funcionalidades de la *app* —a cargo de GeoAlternativa— en

distintos escenarios para pulir errores e identificar problemas de usabilidad. Este proceso se sistematizó en una serie de fichas denominadas *Ficha de prueba en campo*. Cuando se consideró que una versión de la *app* era funcional y se encontraba en una condición aceptable de acuerdo con los términos acordados, se procedió a realizar la prueba definitiva de campo junto con el INEGI.

Por lo tanto, la estrategia siguió este flujo de trabajo para cada versión de la aplicación liberada:

1. Diagnóstico de las necesidades de usuarios (historias de usuario).
2. Definición de los criterios de aceptación (diseño de las pruebas de aceptación).
3. Desarrollo de la aplicación de acuerdo con las historias de usuarios (programación del código fuente).
4. Pruebas continuas y paralelas al desarrollo de la aplicación (fichas de campo).
5. Liberación de la versión.
6. Pruebas de validación de la versión.
7. Retroalimentación al equipo desarrollador.

Cuando se llega al punto 7 se empieza de nuevo con el 1 para la siguiente versión, adaptando y modificando cada uno de los pasos de acuerdo con los requisitos y necesidades de la persona usuaria final identificados durante todo el proceso y siguiendo el enfoque de la metodología ágil.

Criterios de aceptación de pruebas

Estos definen si una cierta funcionalidad registrada en cada historia de usuario cumple sus objetivos o no. Concretamente, en el contexto de las metodologías ágiles, se les define como un conjunto de sentencias redactadas de tal manera que conduzca a una respuesta clara de *aceptado/rechazado*.

En los criterios se deben incluir tanto cuestiones funcionales como no funcionales, y es recomendable evitar aspectos técnicos o de implementación. Una manera de lograr esto es expresar criterios que denoten una intención y no una solución.

4.2 Resultados

La aplicación de la metodología de pruebas y validación tuvo como resultado una fase muy importante de testeo en campo, intentando reproducir, de la forma más fiel posible, los diferentes escenarios reales que se encontrarían los usuarios finales durante su labor de levantamiento de datos en el terreno.

Debido a las necesidades particulares del equipo técnico del INEGI, el testeo se realizó en las condiciones más exigentes en cuanto a duración, rendimiento del sistema, almacenamiento y localización, eligiendo ubicaciones geográficas con poca o nula señal de telefonía móvil, internet e, incluso, señal de satélites GPS. De esta manera se pudo analizar en gabinete si los datos obtenidos cumplían los requerimientos de fiabilidad y precisión necesarios para este proyecto.

Se hicieron un total de 50 salidas a diferentes escenarios de la República que tuvieron como objetivo el testeo del desempeño y las funcionalidades de la aplicación divididas en seis grupos principales:

- Testeo y comparativa *Geopaparazzi* y *Qfield*.
- Testeo y grabación de *tracks*.
- Testeo de las primeras versiones INEGI-Móvil.
- Testeo de formularios personalizados.
- Sincronización de datos con *gvSIG Online*.
- Testeo completo de la aplicación.

5. Fase 4: capacitación y transferencia de conocimiento

Aunque la transmisión comenzó desde el inicio a través de la publicación de versiones de INEGI-Móvil en *Github* y mediante reuniones y seguimiento continuo a lo largo de todo el proyecto, durante esta etapa también se hizo del conocimiento a parte del personal técnico del INEGI.

La capacitación consistió en la impartición de un taller de varios días para usuarios finales de las

diferentes aplicaciones de la *suite* y también para las personas encargadas de la administración del sistema.

La idea fue que el equipo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía lograra la independencia tecnológica necesaria para poder usar y modificar, de acuerdo con sus intereses, las diferentes aplicaciones utilizadas en este proyecto.

El taller tuvo lugar los días 15, 16 y 17 de noviembre de 2017 en las instalaciones del INEGI en Aguascalientes, donde participaron, aproximadamente, 20 personas cada día (ver fotografía).

6. Conclusión

Este proyecto, financiado por el Fondo Sectorial CONACYT-INEGI, ha permitido el desarrollo de una aplicación de SIG móvil para dispositivos Android y la posibilidad de integración, en un futuro, en una posible infraestructura de datos espaciales con herramientas que permiten a esta *app* interoperar con *gvSIG Desktop* y *gvSIG Online*, además de con cualquier SIG de escritorio o de la nube que esté sujeto a estándares OGC.

Gracias a esta, el equipo técnico del INEGI, y cualquier otro ente público, podrá llevar a cabo



Proceso de capacitación al personal técnico del INEGI.

levantamientos de datos en campo de una manera más fácil y cómoda que con herramientas analógicas. Estos resultados se podrán enviar a una base de datos en tiempo real, resultando un proceso mucho más rápido y fiable, eliminando los tradicionales errores humanos ocurridos durante los procesos de toma de datos y de digitalización.

Además, el hecho de que todo este proceso se realice en un entorno SIG, permitirá aprovechar todo el potencial de visualización, edición y análisis de los sistemas de información geográfica.

Las posibilidades que se abren al incorporar esta herramienta al trabajo en campo del INEGI son muy amplias: permitirá agilizar procesos tan complejos como los censos de población y vivienda, el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, las clasificaciones de uso del suelo y vegetación o incluso la gestión, en tiempo real, de desastres naturales.

Fuentes

De Donatis, M.; A. Antonello; L. Lanteri; S. Susini; M. Foi; y A. R. P. A. . "BeeGIS: a new open source and multiplatform mobile GIS", en: *Digital Mapping*

Techniques '09-Workshop proceedings. US Geological Survey Open-File Report, 2010-1335. Piemonte, Torino-Italy, 2010, pp. 241-246 (DE) <http://pubs.usgs.gov/of/2010/1335/>, consultado el 06/03/2017.

Bernabé-Poveda, M. A. y C. M. López-Vázquez. *Fundamentos de las infraestructuras de datos espaciales*. Serie Científica. España, UPM-Press, 2012, pp. 179-224.

Clark, J. *Location Gathering: An Evaluation of Smartphone-Based Geographic Mobile Field Data Collection Hardware and Applications*. San José State University, 2015, pp. 18-32.

Yagüe, Agustín y Juan Garbajosa. "Las pruebas en metodologías ágiles y convencionales: papeles diferentes", en: *Actas de los Talleres de las Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos*. 3(4). España, Universidad Politécnica de Madrid, 2009, pp. 67-73.

Downs, G. "Learn-agile acceptance test-driven development", en: *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*. 36(4), 34 (DE) https://www.researchgate.net/publication/220631270_Lean-agile_acceptance_test-driven_development_better_software_through_collaboration_by_Ken_Pugh, consultado el 13/04/2017.

Jeffries, R. *Essential XP: Card, Conversation, Confirmation*. 30 de agosto de 2001 (DE) <http://xprogramming.com/articles/expcardconversationconfirmation/>, consultado el 07/07/2017.

Auer, K. and R. Miller. *Extreme Programming Applied. Playing to win*. USA, Addison-WesleyProfessional, 2002, pp. 51-83.

Gaikwad, V. and P. Joeg. "An Empirical Study of Writing Effective User Stories", en: *International Journal of Software Engineering and Its Applications*. 10(1). South Korea, Science and Engineering Research Support Society, 2016, pp. 387-404.