

Memorias



Sociedad Latinoamericana en
Percepción Remota y Sistemas
de Información Espacial
Capítulo Colombia

30
AÑOS

Medellín, Colombia
29 de Septiembre al 3 de Octubre de 2014



Análisis de Restricciones Ambientales en el Proyecto Sísmico Zuata 11M3D3C Utilizando Información Cartográfica a escala 1:5.000 de Pares Estereoscópicos Satelitales.

Autores: H. Méndez, Y. Rivera, M. Villalobos, H. Rodríguez, N. Gallucci, O. Fernández, E. Gudiño, M. Forgione. PDVSA Servicios Petroleros, S.A., Dirección Postal: 6023, MENDEZHC@PDVSA.COM Analista de Cartografía y SIG, RIVERAYC@PDVSA.COM Analista de Cartografía y SIG, VILLALOBOSMH@PDVSA.COM Analista de Cartografía y SIG, RODRIGUEZHAR@PDVSA.COM Analista de Sensores Remotos, GALLUCCIN@PDVSA.COM Analista de Sensores Remotos, FERNANDEZOH@PDVSA.COM Analista de Sensores Remotos, GUDINOEE@PDVSA.COM Analista de Sensores Remotos, FORGIONEM@PDVSA.COM Líder de Sensores Remotos.

Resumen

La Gerencia General de Geofísica y Geodesia de PDVSA Servicios Petroleros, S.A., es la encargada, entre otras funciones, de diseñar, planificar y supervisar los proyectos sísmicos que se ejecutan en Petróleos de Venezuela, S.A; los cuales deben cumplir con el marco legal vigente que regula y protege el uso y afectación de los recursos naturales.

El presente trabajo muestra el uso e implementación de técnicas de Sensores Remotos y Cartografía con el fin de evaluar y tomar decisiones adecuadas en cuanto al replanteo de las estacas fuentes (Offsets o Skips) que se encuentran dentro de restricciones ambientales como: morichales, ríos, centros poblados, cárcavas, entre otras. Para esto se contó con un set de datos (información cartográfica vectorial a escala 1:5.000, imagen Pléiades ortorectificada con Puntos de Control 1 m XY y 1,5 m en Z, Modelo Digital del Terreno y Modelo Digital de Superficie de 4 m de resolución) información que permitió realizar análisis de proximidad, mapas de pendientes y productos que dieron como resultado la planificación de rutas de acceso, planificación de Offsets o Skips, ubicación de cobertura vegetal protegida ambientalmente, identificación de predios y la ubicación de posibles zonas de inundación en el proyecto sísmico terrestre Zuata 11M3D3C.

Palabras Claves: Cartografía, Imágenes Satelitales, Puntos Fuentes, Ambiente.

Introducción.

En la planificación de todo proyecto sísmico es de vital importancia garantizar la cobertura “ubicación adecuada de fuentes y receptores que permitan la obtención de imágenes sísmicas que sean fiel copia de la disposición de los estratos del subsuelo” (Tomé, 2009). Esta ubicación de las fuentes obedece a un arreglo geométrico que depende de las características de la zona a estudiar y la existencia de obstáculos naturales puede comprometer la cobertura del proyecto, por lo cual es indispensable la evaluación de posibles movimientos de puntos fuentes o su eliminación tratando de no comprometer en gran manera el diseño original.

Hoy día la actividad petrolera requiere para sus actividades exploratorias el diseño y planificación de Proyectos Sísmicos Terrestres, para los cuales es necesario realizar una serie de análisis previos que permitan visualizar los posibles elementos naturales o culturales que pudieran verse afectados por la detonación de explosivos o la utilización de cualquier otro tipo de fuente en áreas con alta sensibilidad ambiental como lo son los cursos de agua, lagunas, cárcavas, centro poblados, tuberías, tendidos eléctricos, entre otros. En tal sentido el Estado Venezolano ha establecido un marco legal que constituye zonas de seguridad para los elementos mencionados anteriormente, por lo cual es necesario contar con técnicas de Cartografía y Sensores Remotos que permitan efectuar análisis geoespaciales de proximidad con cartografía digital y estudios de cambios de pendientes a través de modelos digitales de elevación que contribuyan a identificar estas zonas y demarcar las franjas de seguridad para reubicar los puntos fuentes diseñados inicialmente para cada proyecto.

Entre los años 2011 y 2013 se llevaron a cabo los Proyectos Sísmicos Terrestres: El Vedero 10M3D3C, con una superficie de 258,71 Km² y El Destino 11M3D3C, con un área de 352,32 Km², ubicados en el Bloque Junín de la Faja Petrolífera del Orinoco, para los cuales se realizó un estudio preliminar de restricciones ambientales a través de la interpretación y digitalización de imágenes de mediana y alta resolución espacial, debido a que no se contaba con cartografía digital actualizada. En el desarrollo de estos proyectos se observó la presencia de bosques de galería asociados a morichales, caños, nacientes de ríos, cárcavas, farallones y terrenos desnivelados entre otros, estas restricciones fueron situaciones que afectaron los promedios de producción de topografía. Los porcentajes de puntos fuentes desplazados como consecuencia de los obstáculos naturales y culturales encontrados fueron para El Vedero de 16,73% equivalente a 10.963 puntos de 65.520 puntos fuentes del diseño original y para El Destino 17.756 puntos que representó el 18% de los puntos fuentes planificados, los cuales pudieron ser reubicados fuera de las franjas de seguridad con análisis geoespaciales de proximidad, lo que permitió el rediseño de la configuración de los puntos fuentes antes de iniciar los Proyectos sin comprometer la calidad del dato sísmico (Sísmica Bielovenesolana, 2012 y BGP, 2013).

En vista de esta necesidad de conocer la información a priori de lo que se puede presentar en el campo se hizo una evaluación de la cartografía digital a escala 1:5.000 proveniente de la restitución de pares estereoscópicos del sensor Pléiades de 50 cm de resolución espacial y de los Modelos Digitales de Terreno y Superficie de 4 m de resolución, para aplicarlos en el estudio de las restricciones ambientales del Proyecto Sísmico Terrestre Zuata 11M3D3C. Todos estos datos son el compendio de un producto denominado Proyecto Piloto Pléiades

Topomap 5K-X (PT5K-X), el cual se encuentra ubicado en la población de Zuata, entre los Estado Anzoátegui y Guárico cubriendo una superficie de 100 Km².

La idea es desplegar toda la información disponible en visualizadores de Sistemas de Información Geográfica que permitan analizar las condiciones del proyecto, esto, con la finalidad de identificar elementos restrictivos y delimitar las franjas de seguridad que establecen las leyes para tomar las previsiones pertinentes en: la reubicación de los puntos fuentes, selección de la fuente adecuada, diseño de rutas de acceso, planificación del personal requerido en el campo, áreas prioritarias a ser atendidas entre otras muchas aplicaciones que la información de detalle y actualizada proveen al diseño de los Proyectos Sísmicos.

Actualmente esta metodología está a la vanguardia puesto que la evolución tecnológica en la alta resolución de los Sensores provee cada vez información más detallada que satisface los requerimientos en cuanto a clasificación e interpretación de la información como base para la planificación, análisis y toma de decisiones en cuanto a las restricciones ambientales en proyectos sísmicos terrestres.

Metodología:

- **De la ubicación del área estudio.**

El proyecto Piloto Pléiades Topomap 5K-X (PT5K-X), se encuentra ubicado entre los Estados Anzoátegui y Guárico, en la jurisdicción de los Municipios José Gregorio Monagas y Santa María de Ipire respectivamente, en el Bloque Junín de la Faja Petrolífera del Orinoco, específicamente en la Empresa Mixta Petrojunín, abarcando una superficie de 100 Km² el cual fue aplicado en el Proyecto Sísmico Terrestre Zuata 11M3D3C (317,73 Km²), para la evaluación de la calidad de la información en la identificación de las zonas con alta sensibilidad ambiental. Este piloto representa un área del 31,47% del área total del proyecto sísmico.

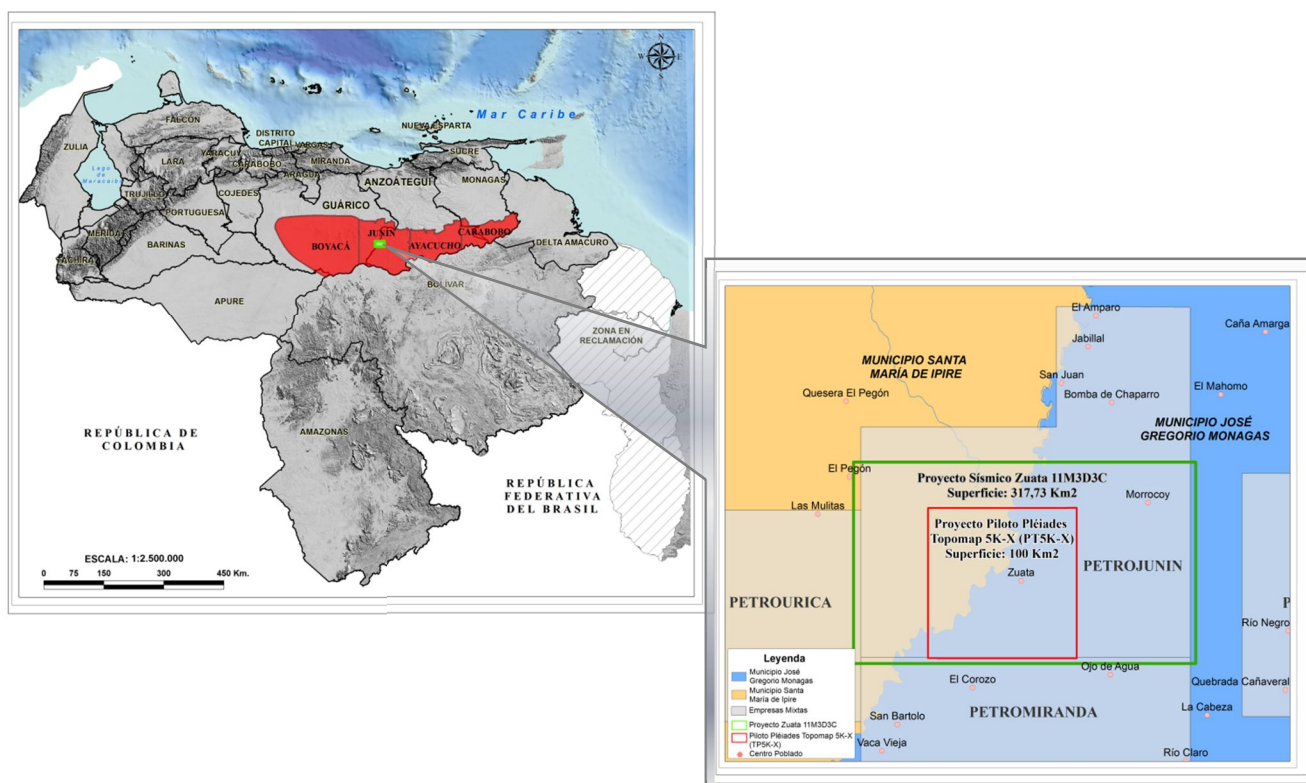


Figura 1.- Ubicación relativa del Proyecto Sísmico Terrestre Zuata 11M3D3C

- **Materiales utilizados:**

Ortoimagen:

Imagen satelital multiespectral Pléiades con resolución de 50 cm ortocorregida con puntos de apoyo GCPs: 1 metro en XY y 1,5 metros en Z.



Figura 2. Imagen satelital Pléiades en el área de Zuata.

Modelo Digital de Elevación del Terreno y de Superficie:

Datos altimétricos representados por Modelo Digital de Superficie (MDS) y Modelo Digital de Terreno (MDT), de 4m de resolución espacial en formato ráster; donde el Modelo Digital de Terreno (MDT), representa la topografía del terreno (suelo desnudo) y el Modelo Digital de Superficie (MDS), constituye la superficie de la tierra incluyendo todos los objetos que esta contiene.

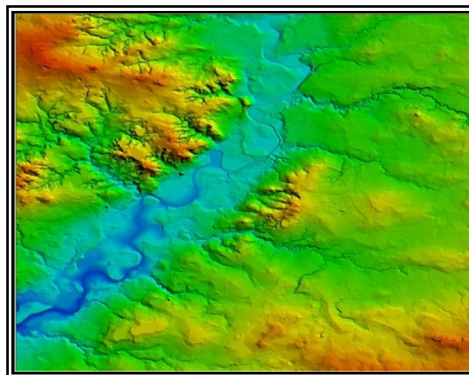
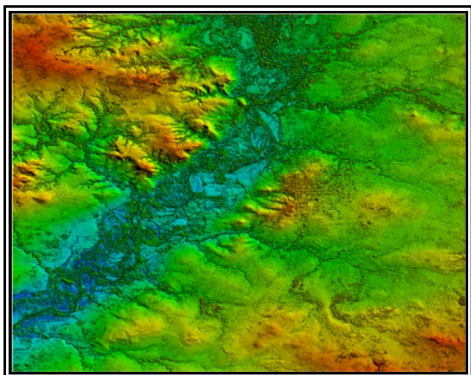


Figura 3. Modelo Digital de Superficie MDS. Figura 4. Modelo Digital de Terreno MDT.

Cartografía 1:5.000.

Obtenida a partir del proceso de restitución fotogramétrica, con valores en las tres componentes (Este, Norte, Cota); y que están asociadas a un modelo de datos definido para esa zona. Estos elementos cartográficos se encuentran estructurados en capas que contienen la información de: Hidrografía, Vialidad, Edificaciones, Usos de suelo, Vegetación, entre otros.

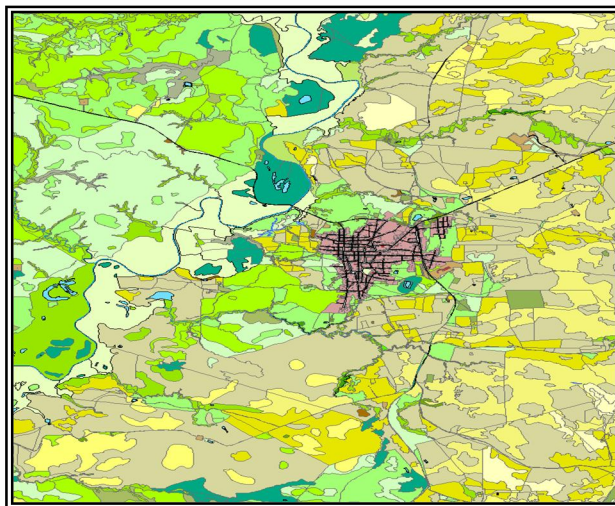


Figura 5. Cartografía 1:5.000.

Tabla 1. Coberturas vectoriales.

COBERTURA	DESCRIPCIÓN
Líneas de comunicación (Líneas y polígonos)	Carretera autovía y autopista. Eje de calle y vía urbana. Pista forestal y camino. Senda
Construcciones (Líneas y polígonos)	Alcantarilla, campo de deportes, cerramiento, conducción, depósito, edificación ligera, edificio, elemento construido, explanada, línea eléctrica, parcela urbana, puente, solar urbano.
Hidrografía (Líneas y polígonos)	Acequia, aguas quietas (Ciénaga o pantano), laguna permanente, curso de agua no permanente, curso de agua permanente
Orografía	Curvas de nivel
Vegetación (Polígono)	Uso del suelo y tipo de vegetación. (Zonas inundables, industriales, agrícolas, áreas sin uso con vegetación natural, infraestructuras, ganaderías, áreas protegidas ambientalmente, etc.)
Cobertura adicional (Polígono)	Grupo de árboles, plataforma de puentes, zona de instalaciones

Mapa de Pendiente:

Este representa mediante colores zonas del territorio con pendiente semejante y se genera a partir del MDT, realizando una clasificación por el valor de la pendiente en grados, seleccionando dos intervalos, el primero de 0° a 9° y el segundo mayores a 9° , tomando este último como zonas de interés de posibles cárcavas.

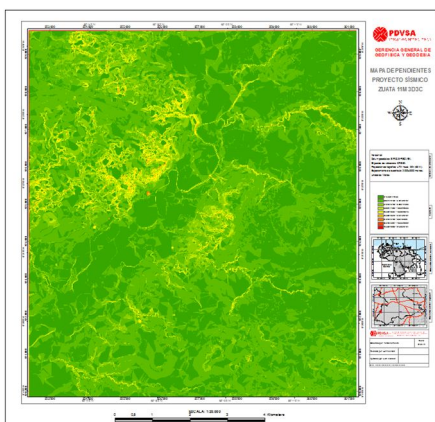


Figura 6. Mapa de pendiente.

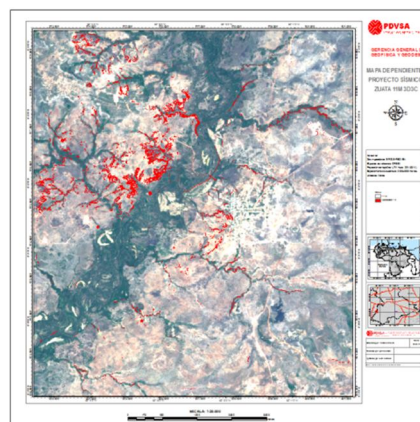


Figura 7. Mapa imagen con valores de pendiente >9°

- **Análisis Geoespacial.**

El Piloto Pléiades Topomap 5K-X (PT5K-X), es un producto que contiene un set de datos que consta de: Cartografía digital a escala 1:5.000, imagen ortocorregida con puntos de apoyo de 50 cm de resolución espacial, Modelo Digital de Terreno y Modelo Digital de Superficie de 4 m de resolución, información que sirve de base para la planificación y diseño de proyectos sísmicos, pues desde el punto de vista ambiental es muy importante determinar las zonas susceptibles a ser afectadas por la ubicación del Proyecto; en el caso del Proyecto Sísmico Terrestre Zuata 11M3D3C se efectuó una evaluación de esta información con una serie de análisis geoespaciales de proximidad que ayudaron a considerar las posibles zonas de inundación, bosques de galerías, cárcavas, entre otros elementos naturales y culturales, los cuales son necesarios estimar, para cumplir con el marco legal vigente que regula y protege el uso y afectación de los recursos naturales, donde se establece una distancia mínima de seguridad que puede llegar hasta los 300m según sea el caso:

- **Para ríos no navegables y/o quebradas intermitentes.**

Artículo 6

Son Bienes del Dominio Público de la Nación:

1. Todas las aguas del territorio nacional, sean continentales, marinas e insulares, superficiales y subterráneas.
2. Todas las áreas comprendidas dentro de una franja de ochenta metros (80 mts.) a ambas márgenes de los ríos no navegables o intermitentes y cien metros (100 mts.) a ambas

márgenes de los ríos navegables, medidos a partir del borde del área ocupada por las crecidas, correspondientes a un período de retorno de dos coma treinta y tres (2,33) años.

Quedan a salvo, en los términos que establece esta Ley, los derechos adquiridos por los particulares con anterioridad a la entrada en vigencia de la misma.

➤ **Para bordes de cárcavas, mesas y farallones.**

Artículo 40

Zona protectora de filas de montañas y mesetas Por disposición del presente Decreto con Rango, Valor y Fuerza de Ley, se declara zona protectora una franja con un ancho mínimo de trescientos (300) metros de cada lado, paralela a las filas de montañas y bordes inclinados de mesetas.

Tomando en cuenta estos lineamientos, para el caso de los cursos de agua se demarcaron las franjas de seguridad de 100 m y para las zonas de cárcavas 300 m, con la finalidad de definir la cantidad de puntos fuentes que pudieran degradar estos elementos naturales, así como los elementos culturales que pudieran verse afectados como: tuberías, centros poblados (Zuata), tendidos eléctricos, entre otros; esta información es vital ya que permite definir la reubicación de dichos puntos sin perder cobertura en el proyecto sísmico.

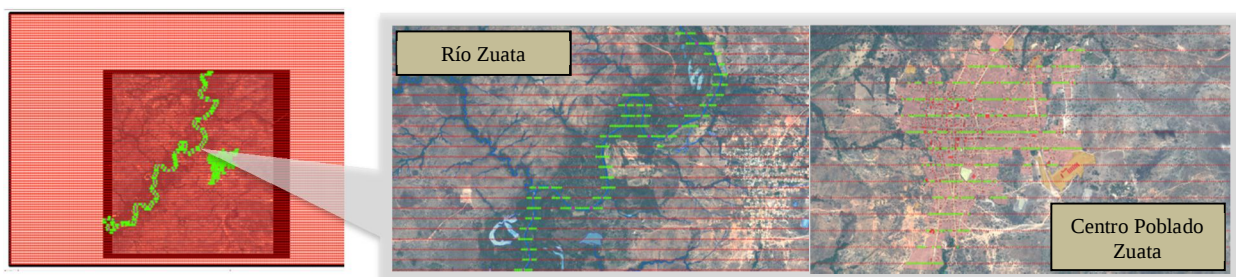


Figura 8.- Ubicación de puntos fuentes dentro de las franjas de seguridad de elementos naturales y culturales.

- **Validación en campo.**

Para la validación en campo se escogieron en oficina posibles zonas de inundación y cárcavas para ser inspeccionadas en campo y verificar la calidad de la información de la cartografía digital y los modelos digitales de superficie y elevación que permitieron identificar a través de perfiles y mapas de pendientes los cambios bruscos en la topografía los cuales son importantes conocer para la planificación de rutas de acceso y planificación de las zonas de prioridad de actividades por la época de lluvias.

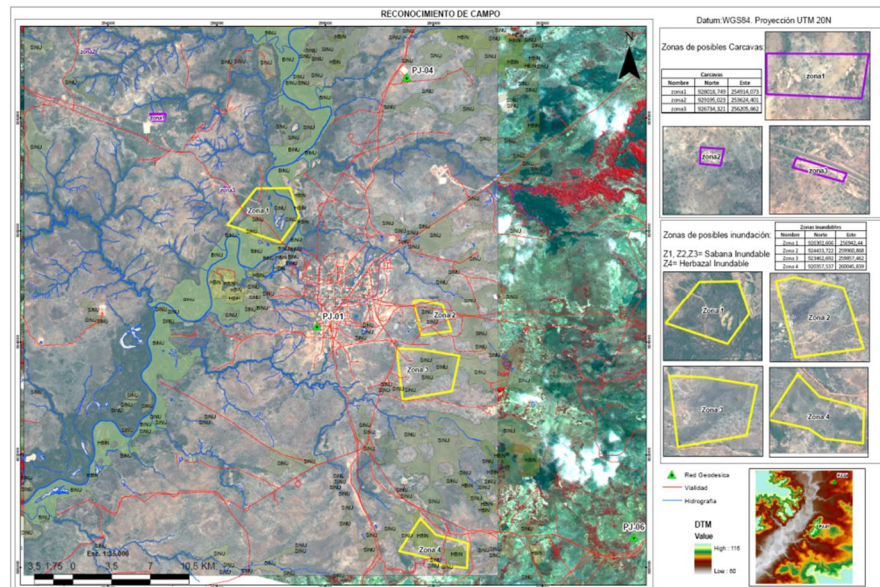


Figura 9.- Selección de posibles zonas de inundación y cárcavas.

Se tomaron las coordenadas de los centroides de los polígonos mostrados en la figura 9, para situarlos utilizando navegadores GPS, con la finalidad de constatar que la información analizada en oficina correspondía fielmente con lo encontrado en la realidad. En el caso de zonas con cárcavas, se eligieron sitios de fácil acceso y cercanos para optimizar los tiempos

de traslados e inspección de las zonas. Estas fueron verificadas en campo, donde se fotografiaron y tomaron coordenadas de referencia en algunos bordes.

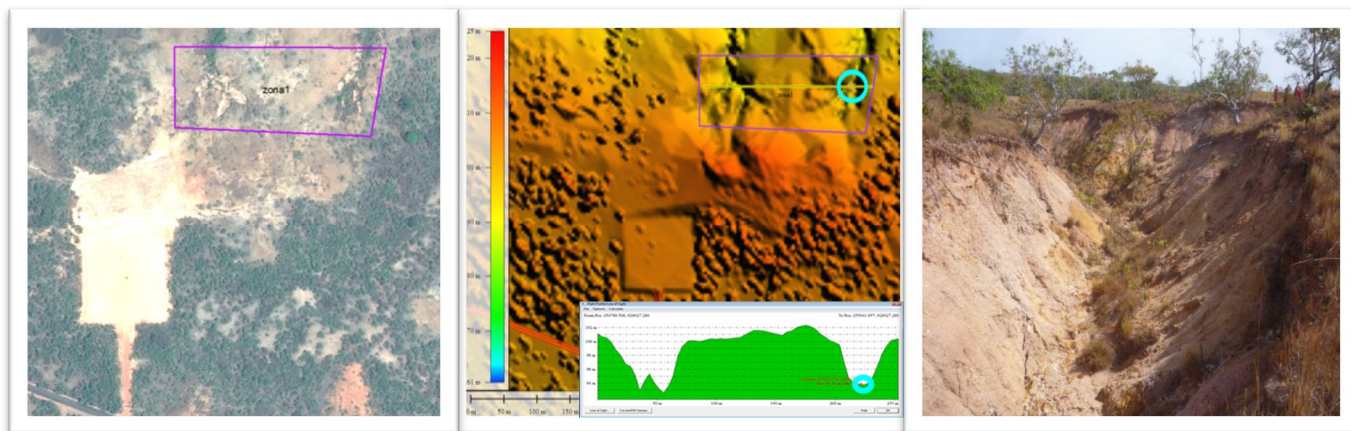


Figura 11.- Verificación en campo de zonas de cárcavas.

Para las áreas inundables se ubicaron estas zonas observando las características del suelo y de los elementos sobre y entorno a este. En este particular se verificó que para la época de la visita (sequía), se observa una vegetación relativamente verde y patrones en el suelo desnudo que mostraban absorción de líquidos (humedad)



Figura 10.- Verificación en campo de zonas de inundación.

Análisis de los resultados.

En base al cumplimiento del marco legal vigente en cuanto a restricciones ambientales, con este estudio se pudo determinar lo siguiente:

- El proyecto sísmico terrestre Zuata 11M3D3C, cuenta con un total de 112.908 puntos fuentes en su diseño preliminar, de los cuales 36.901 se encuentran dentro de los 100Km² que cubre el Piloto PT5K-X, que representan el 32,68% de los puntos fuentes del proyecto. En esta zona se realizaron una serie de análisis geoespaciales de proximidad para estimar la cantidad de puntos fuentes ubicados en espacios con alta sensibilidad ambiental, tales como vegetación asociada a cuerpos de agua, ríos no navegables y cárcavas obteniendo como resultado para cada caso que 13.088 puntos fuentes se sitúan dentro de la franja de seguridad de 100 m establecidas para los cuerpos de agua, lo que equivale a un 11,59%, 1474 puntos fuentes dentro de las zonas de cárcavas (1,3%) y 441 puntos dentro del Centro Poblado de Zuata (0,39%), para un total de 15.003 puntos fuentes que reflejan un 13,28% de los puntos planificados en el diseño del proyecto y que posiblemente requieran ser reubicados o eliminados, tratando de no comprometer la cobertura del proyecto.
- Con el análisis geoespacial de selección se estimó un total de 17,04 Km² de zonas inundables, las cuales fueron verificadas en campo.
- Utilizando los modelos digitales de elevación y superficie se pudo identificar aproximadamente un total de 13 zonas de cárcavas con diferencias de niveles hasta 8m, en lugares distintos a los ubicados a los bordes de los cursos de agua.

Conclusiones.

- ✓ El Piloto Pléiades PT5K-X, contiene un set de datos que consta de: Cartografía digital a escala 1:5.000, imagen ortorectificada con puntos de apoyo de 50 cm de resolución espacial, Modelo Digital de Terreno y Modelo Digital de Superficie de 4 m de resolución, información esta que sirve de base para la planificación y diseño de proyectos sísmicos.
- ✓ La información proveniente de la restitución de pares estereoscópicos Pléiades (PT5K-X) fue aplicada para el análisis de restricciones ambientales en el Proyecto Sísmico Terrestre Zuata 11M3D3C.
- ✓ Con análisis geoespaciales de proximidad se pudo determinar las franjas de seguridad de elementos naturales como cuerpos de agua y cárcavas, así como elementos culturales (centros poblados, tuberías, tendidos eléctricos, entre otros), todo esto con la finalidad de estimar la cantidad de puntos fuentes que pudieran afectar el medio ambiente y tener una plataforma visual de su posible reubicación para cumplir con el marco legal vigente.
- ✓ A través de la clasificación de la información cartográfica se logró identificar las zonas inundables presentes en el área.
- ✓ Utilizando los Modelos Digitales de Terreno y Superficie se efectuaron mapas de pendientes y perfiles que permitieron estimar los cambios bruscos en la topografía para situar las zonas con cárcavas.
- ✓ Con los análisis realizados en oficina se escogieron varios lugares con posibles zonas de inundación y cárcavas, las cuales fueron posteriormente verificadas en

campo, teniendo fiel concordancia con la realidad, lo cual refleja la alta calidad de los datos cartográficos del PT5K-X.

- ✓ Los resultados de este estudio servirán como insumo en los Proyectos Sísmicos para: Planificación de Offset (reubicación de puntos fuentes) y Skips (puntos fuentes que no podrán ser medidos), planificación de rutas de acceso, tipo de vehículos a emplear, personal necesario para las actividades de campo; la identificación de zonas de inundación permite seleccionar las zonas de prioridad antes de comenzar la adquisición del proyecto, el tipo de fuente a utilizar, entre otros.
- ✓ Los análisis geoespaciales previos en la zona donde se desea llevar a cabo un proyecto sísmico contribuye a determinar si la realización del mismo es o no factible desde el punto de vista ambiental, operacional y financiero.

Bibliografía

- BGP International of Venezuela S.A. (2013). *Informe final de operaciones Levantamiento Sísmico El Destino 11M 3D3C*. Vol. 1. Venezuela.
- *Decreto con Rango, Valor y Fuerza de Ley de Bosques y Gestión Forestal*. (2008, 05 de junio). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. N° 38.946, Junio 05, 2008.
- *Ley de Aguas*. (2007, 02 de enero). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. N° 38.595, Enero 02, 2007.
- Sísmica Bielovenzolana. (2012). *Informe final de operaciones Levantamiento Sísmico El Vedero 10M 3D3C*. Vol. 1. Venezuela.
- Tomé, M. (2009). *Análisis de geometrías de recuperación de disparos es zonas de morichales para el Proyecto Cariña Oeste 06G 3D*. Trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Geofísico. Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, Venezuela. Extraído el 15 de julio de 2014 de:
<http://www.gc.usb.ve/geocoordweb/Tesis/Pre/Maria%20Tome.pdf>