

# Carta topográfica N°4569-11

## “Meseta de Canquel”

a partir de imágenes ASTER y modelo de elevación ASTER y SRTM.

Alumno: Norberto Gabriel Candaosa

Director: Lic. Inés Di Tommaso

Co-director: Dr. Walter Dragani

Resumen.....	3
INTRODUCCION.....	4
Marco institucional .....	4
Objetivos .....	5
Metodología .....	5
ÁREA DE TRABAJO Y ANTECEDENTES.....	7
Ubicación .....	7
Rasgos geográficos de la zona.....	8
Antecedentes cartográficos.....	8
Antecedentes de sensores remotos.....	9
CONCEPTOS BÁSICOS DE SENSORES REMOTOS:.....	11
Generalidades.....	11
Distintos tipos de resolución .....	12
Modelo de elevación digital (MDE) .....	13
Principales Características de ASTER y SRTM.....	13
Resolución espectral .....	13
Resolución espacial.....	14
Capacidad estereoscópica .....	14
Resolución temporal.....	15
Vistas laterales .....	15
METODOLOGIA DE CAMPO.....	16
Generalidades.....	16
Características de los equipos GPS .....	16
Planificación de las tareas de campo.....	17
Tareas de campo .....	18
AJUSTE Y NORMALIZACIÓN DE LOS DATOS .....	20
Generalidades.....	20
Corrección diferencial de los datos de campo .....	20
Transformación de coordenadas .....	21
Corrección altimétrica de los datos de campo .....	23
Geoide.....	24
Modelo de geoide EGM96 (Earth Gravity Model 1996) .....	24
Ajuste de las imágenes satelitales y los modelos de elevación.....	24
DIGITALIZACION DE LA INFORMACION .....	27
Generalidades.....	27
Curvas de nivel .....	27
Red de drenaje.....	28
Cuerpos de agua.....	30
Infraestructura .....	31
NORMALIZACION E INTEGRACION AL SIG.....	33
Generalidades.....	33
Sistema de Información Geográfica.....	33
Diseño del SIG institucional .....	34
Organización de la información del S.I.G. del SEGEMAR.....	34
Nomenclatura, codificación e integración al S.I.G. de la información .....	36
Armado del mapa.....	37
CONCLUSIONES.....	39
Agradecimientos .....	40
BIBLIOGRAFIA.....	41
Anexo I .....	43
Anexo II .....	47
Anexo III .....	51
Anexo IV.....	55
Anexo V.....	58

## Resumen

En los siguientes capítulos de este trabajo se tratarán diferentes aspectos relacionados a la confección de la base topográfica de la hoja geológica "Meseta de Canquel". El capítulo *Área De Trabajo y Antecedentes* se realiza la descripción del área de trabajo y los antecedentes o información preexistente de la zona a tener en cuenta. El capítulo *Conceptos Básicos de Sensores Remotos* es una breve reseña de conceptos generales sobre los sensores remotos. El capítulo *Metodología de Campo* explica la planificación y la metodología utilizada en las tareas de campo. En el capítulo *Ajuste y Normalización de los Datos* se explican las diferentes correcciones y ajustes realizados. El capítulo *Digitalización de la Información* describe las herramientas y los pasos utilizados en la digitalización de la información de la base topográfica. En el capítulo *Normalización e Integración al SIG* se explica las características del S.I.G. institucional del SEGEMAR y como se integraron los datos al mismo. El capítulo *Conclusiones* resume de las tareas realizadas y da una evaluación de los resultados obtenidos.

# INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene por finalidad describir la metodología, las herramientas y la información utilizada en la confección de la base topográfica digital para la hoja geológica "Meseta de Canquel" elaborada por la Dirección de Geología Regional del Instituto de Geología y Recursos Minerales (IGRM) del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR).

## Marco institucional

El SEGEMAR es el Organismo Científico Tecnológico del Estado Nacional que produce la información geológica, de tecnología minera y ambiental, necesaria para promover el conocimiento que permita el desarrollo sustentable de los recursos no renovables, su aprovechamiento racional, así como también la prevención de riesgos naturales y antrópicos. Para poder desarrollar estas actividades, el SEGEMAR desarrolla diversos programas de investigación y avance tecnológico. Uno de los principales programas del SEGEMAR para generar la información y el conocimiento necesario de los recursos geológico-mineros del territorio nacional, es el Programa Nacional de Cartas Geológicas. Dispuesto por la Ley No 24.224, que establece la necesidad de efectuar el relevamiento geológico regular y sistemático de todo el territorio continental, insular, plataforma submarina y Territorio Antártico de la República Argentina, en diferentes escalas.

En el marco del Programa Nacional de Cartas Geológicas llevado a cabo por el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), se estableció la confección de la hoja geológica 5469-11 "Meseta de Canquel" a escala 1:100.000. A los efectos de efectuar el proyecto y ante la falta de disponibilidad de la base topográfica de la hoja se decidió elaborar la misma con el objeto de ser utilizada como base para dicha carta.

Parte fundamental en el proceso de elaboración de las cartas geológicas es el Sistema de Información Geográfica del SEGEMAR, que depende de la Unidad Sensores Remotos y S.I.G. del IGRM. Esta unidad posee la capacidad técnica y operativa, así como también las normas necesarias para la digitalización y edición de las hojas geológicas que produce la Dirección de Geología Regional. Es en el ámbito de esta unidad que se llevó a cabo el presente trabajo.

## **Objetivos**

El objetivo general de este trabajo es generar la carta topográfica N° 4569-11 “Meseta de Canquel” a escala 1:100.000, necesaria para la confección de la hoja geológica del mismo nombre. Para lograr este objetivo se utilizaron imágenes ASTER, modelos de elevación digital ASTER y SRTM y se relevaron con G.P.S. diversos rasgos de la zona de trabajo.

Con referencia a los objetivos específicos, mediante puntos de control de campo se tratará de comprobar el ajuste planimétrico de las imágenes ASTER, establecer diferencias de cota entre los modelos digitales generados con ASTER y SRTM con respecto a la cota ortométrica del I.G.N. y verificar también el ajuste planialtimétrico de los modelos de elevación mediante puntos de control de campo. Asimismo, se tratará de establecer una metodología de trabajo que sirva de rutina para la realización de futuras cartas topográficas a escala 1:100.000 del SEGEMAR, determinando los pasos necesarios y el orden de desarrollo de las diferentes metodologías a aplicar en la confección de una carta topográfica a esta escala.

## **Metodología**

La metodología aplicada se desarrolló en campo y gabinete. En una primera etapa se realizó en gabinete la compilación de información preexistente, cartas a distinta escala, e imágenes disponibles y la planificación de las actividades de campo. Posteriormente se realizó el trabajo de campo que consistió en tomar puntos de control de campo sobre puntos trigonométricos del I.G.N. y de la red de apoyo planimétrico PASMA con posicionador satelital (G.P.S.). Además se relevaron diferentes rasgos topográficos, hidrográficos y antrópicos de la zona.

Una vez realizado el relevamiento de campo se realizó la corrección diferencial de los datos y se transformaron las coordenadas de los datos obtenidos en el campo, para lograr una buena precisión acorde a la escala de trabajo. Con los datos de campo

corregidos se verifico el ajuste planimétrico de las imágenes ASTER y el ajuste planialtimétrico de los modelos de elevación de ASTER y SRTM.

Las imágenes multiespectrales ASTER se utilizaron para realizar clasificaciones de acuerdo a la respuesta espectral de los objetos a cartografiar y también como base para la digitalización de rasgos nuevos. Con los modelos de elevación digital de ASTER y SRTM se confeccionaron las curvas de nivel y la ideografía de la carta. Una vez que se obtuvieron los datos correspondientes a la hidrografía, infraestructura y altimetría de la zona se realizó la integración de la misma al Sistema de Información Geográfica (S.I.G.) del SEGEMAR.

# ÁREA DE TRABAJO Y ANTECEDENTES

## Ubicación

La zona de trabajo se ubica en el área comprendida por la carta N° 4569-11 “Meseta de Canquel” según la nomenclatura de la grilla oficial de cartas topográficas a escala 1:100.000 del Instituto Geográfico Nacional I.G.N. (ex Instituto Geográfico Militar), se extiende desde los 44° 20' hasta los 44° 40' de latitud sur y desde los 68° 30' hasta los 68° 00' de longitud oeste en la provincia del Chubut. Dista aproximadamente unos 100 km al sur del río Chubut por la ruta provincial N° 27 que es la principal vía de acceso, y a unos 110 km hacia el oeste desde la localidad de Garayalde ubicada sobre la ruta nacional N° 3. También se puede acceder por la ruta provincial N° 29 hasta empalmar con la ruta provincial N° 27, y luego por la misma hacia el norte unos 60 km (FIRESTONE - 2009). El área de trabajo se extiende a ambos lados de la ruta provincial N° 27 entre los parajes de El Sombrero al norte y el Establecimiento 16 de Setiembre al sur (Figura 1).

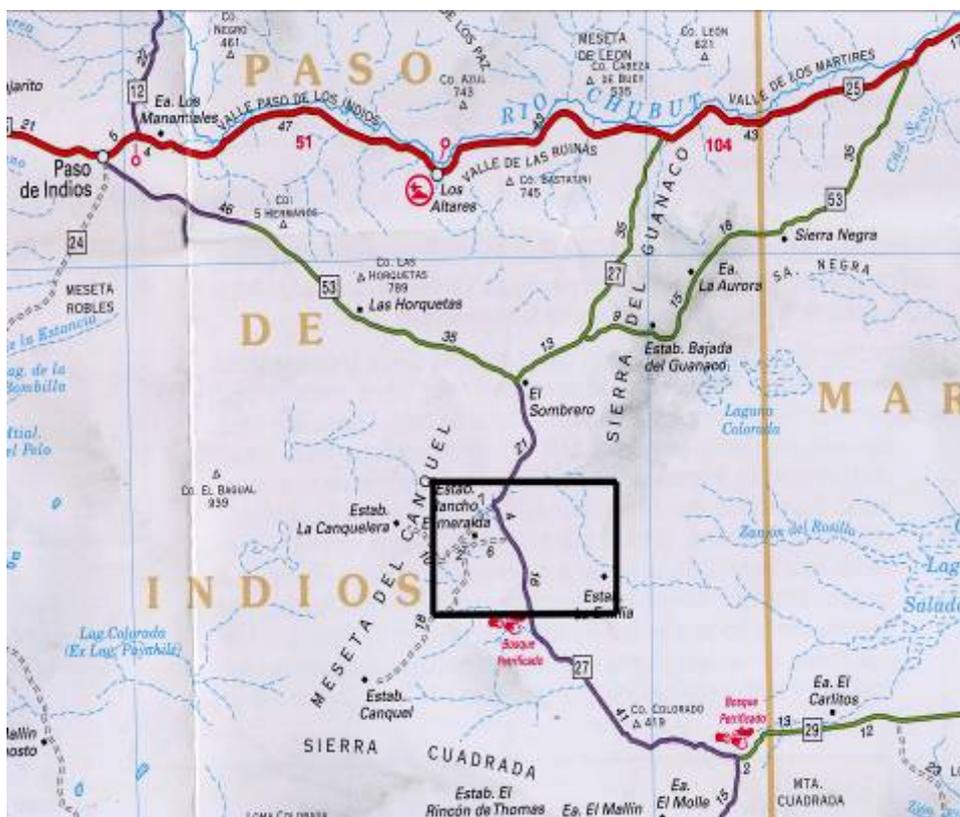


Figura 1: Mapa de rutas de la zona, dentro del recuadro negro se encuentra la zona de trabajo.

## Rasgos geográficos de la zona

Los principales rasgos geomorfológicos del área son fundamentalmente resultado de la acción fluvial, de la remoción en masa y de fenómenos volcánicos, generando un paisaje mesetiforme en el sector sud-occidental mientras que en la parte centro-oriental predomina una morfología de poco relieve.

Las mesetas o planicies estructurales lávicas, tales como la Meseta de Canquel y la Sierra Cuadrada constituyen uno de los rasgos importantes de la zona y sus alrededores, tuvieron origen durante el Cenozoico y son producto de extensas coladas basálticas. La parte centro-oriental está constituido por rocas sedimentarias continentales depositadas durante el período Cretácico. En el sector oriental y enmarcado por los depósitos continentales afloran rocas volcánicas jurásicas constituyendo la Sierra Mora.

Hacia el oeste de la ruta provincial N° 27 y por debajo de la planicie estructural lávica afloran una sucesión de sedimentos marinos y continentales de amplia distribución que se desarrollan a modo de faja continua y bordea las bardas basálticas. Está integrado esencialmente por depósitos del Terciario inferior. Estos depósitos por efectos de la erosión han generado deslizamientos rotacionales en los que participan los bloques basálticos que se desprenden de los bordes de las mesetas desplazándose e inclinándose hacia abajo y atrás respecto a la pendiente sobre la que se produce el movimiento (Anselmi *et al.*, 2005).

## Antecedentes cartográficos

Se contó con la carta 4569-II “El Sombrero”, a escala 1:250.000 realizada a través de compilación de información preexistente y relevamiento de campo expeditivo, editada e impresa en el año 1989 por el I.G.N.<sup>1</sup> Dicha carta fue digitalizada y actualizada por el I.G.N. en el año 1996 con apoyo de imágenes satelitales LANDSAT TM5<sup>2</sup> tomadas en

---

<sup>1</sup> Creado el 5 de diciembre de 1879 con el nombre de Oficina Topográfica Militar, luego de un proceso de reorganización adoptó el nombre de Instituto Geográfico Militar hasta 2009 en donde deja la órbita militar y pasa a llamarse Instituto Geográfico Nacional. Es el organismo que rige la cartografía topográfica y terrestre de nuestro país.

<sup>2</sup> El satélite Landsat 5 fue puesto en órbita el 1° de marzo de 1984 portando el sensor TM (Thematic Mapper) con captura de datos en 7 bandas diferentes. Su órbita, sincrónica con el sol, tiene una altura de 705 Km y un período de 98.9 minutos. (Boston Geomatica, [www.bgeo.com.py/landsat5.html](http://www.bgeo.com.py/landsat5.html)).

el año 1986, dentro del marco del proyecto Programa de Ayuda al Sector Minero Argentino (PASMA).

Uno de los principales objetivos del **PASMA**<sup>3</sup> fue la confección y digitalización de hojas geológicas a escala 1:250.000 que cubren el territorio nacional, tarea llevada a cabo por el **SEGEMAR**<sup>4</sup> (Servicio Geológico Minero Argentino) y para poder realizar las cartas geológicas era necesario contar con las cartas topográficas, estas serían utilizadas como información de base en formato digital y analógico.

Los archivos digitales fueron entregados por el I.G.N. al SEGEMAR en diciembre de 2000 en formato e.00 *arc/info interchange flie*. La información estaba organizada en diferentes archivos que comprenden las capas de información del S.I.G. (sistema de información geográfica) del I.G.N. enumeradas a continuación.

AFL: afluentes.

AGE: islas.

ALT: puntos acotados, trigonométricos y de nivelación.

CAM: rutas y caminos.

CUN: curvas de nivel.

FFC: ferrocarriles.

LAG: lagos, lagunas, salinas y cuerpos de agua.

LIM: límites provinciales, departamentales y otros.

POB: poblaciones y entidades menores.

PUE: puentes, vados y pasos.

Las tablas de atributos correspondientes a las mismas se adjunta en el anexo I "tablas de atributos I.G.N."

## **Antecedentes de sensores remotos.**

Se trabajó con imágenes multiespectrales y modelo digital de elevación (**MDE**) **ASTER**<sup>5</sup> (*Advanced Space-borne Thermal Emission and Reflection Radiometer*).

<sup>3</sup>

Programa de Ayuda al Sector Minero Argentino, convenio firmado con el Banco Mundial para generar la infraestructura necesaria y fortalecer al sector minero argentino.

<sup>4</sup>

El Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) es un organismo nacional de larga tradición en la producción de información geológica, geológica-minera y temática territorial. Su origen se remonta a 1885 con la creación de la "Sección Minas" del Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la Nación. <http://www.segemar.gov.ar>

<sup>5</sup>

Es un sensor óptico multiespectral. Es producto del esfuerzo cooperativo entre la NASA y el Ministerio japonés de Economía, Comercio e Industria (METI), con la colaboración de científicos y organizaciones de la industria en ambos países. <http://asterweb.jpl.nasa.gov/>

ASTER es un sensor óptico, montado sobre la plataforma satelital **TERRA**<sup>6</sup> puesta en órbita el 18 de diciembre de 1999.

También se utilizó el modelo de elevación de la misión **SRTM**<sup>7</sup> (*Shuttle Radar Topography Mission*), este modelo fue elaborado a partir de imágenes radar obtenidas con un sensor de apertura sintética (SAR) que relevó datos de relieve de la superficie terrestre durante once días consecutivos.

---

<sup>6</sup>

Es el satélite de la misión binacional y multidisciplinaria EOS, que transporta al sensor ASTER. Esta misión involucra alianzas entre los organismos aeroespaciales de Estados Unidos y Japón. Gestionado por el *Goddard Space Flight Center*, la misión también recibe contribuciones clave de la *Jet Propulsion Laboratory* y *Langley Research Center*. <http://terra.nasa.gov/>

<sup>7</sup>

Es una misión de relevamiento topográfico realizada en febrero de 2000, con un sensor modificado especialmente para adaptarlo al trasbordador espacial Endeavour.

# CONCEPTOS BÁSICOS DE SENSORES REMOTOS:

## Generalidades

Son sensores digitales montados sobre plataformas satelitales, es decir ubicados a bordo de un satélite, que registran información en determinados rangos de longitud de onda del espectro electromagnético. Por ejemplo nuestros ojos registran determinado rango de longitud de onda, desde los  $0,45 \mu\text{m}$ <sup>8</sup> hasta los  $0,7 \mu\text{m}$ , a este rango se lo llama espectro visible. Dentro de este rango se encuentran los colores que forman la luz blanca, violeta; azul; verde; amarillo; naranja y rojo, a cada uno de ellos le corresponde un valor de longitud de onda. Los valores cercanos al violeta pero con una longitud de onda inferior se los llama **ultravioleta**<sup>9</sup>, mientras que a los cercanos al rojo pero con una longitud de onda mayor se los llama **infrarrojo**<sup>10</sup>.

El espectro electromagnético es el conjunto de ondas con una componente eléctrica y otra magnética que se propagan a la **velocidad de la luz**<sup>11</sup>. Estas comprenden desde las de mayor longitud, como las ondas de radio, hasta las de menor longitud como los rayos gamma. Se agrupan en: luz visible, infrarroja, ultravioleta, rayos X, rayos gama, radiofrecuencia y microondas (Figura 2).

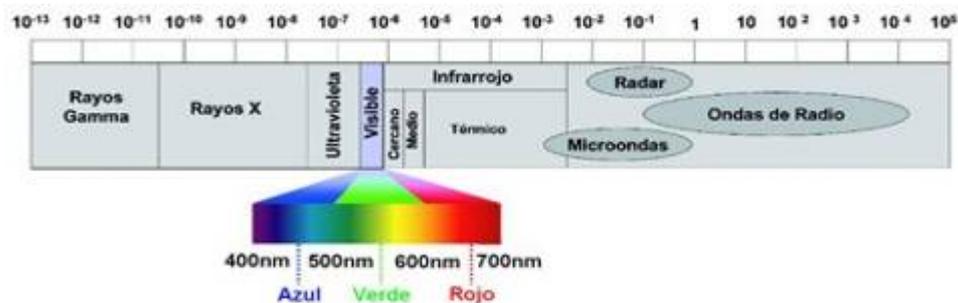


Figura 2: Esquema del espectro electromagnético. [tp://www.elpais.com/fotografia/sociedad/Ondas/espectro/electromagnetico/elpfotsoc/20090115elpepusoc\\_12/les/](http://www.elpais.com/fotografia/sociedad/Ondas/espectro/electromagnetico/elpfotsoc/20090115elpepusoc_12/les/)

Los sensores pueden clasificarse en dos grandes grupos: activos y pasivos. Los primeros emiten una señal con una determinada longitud de onda y registran el rebote de la misma sobre la superficie de la tierra, mientras que los sensores pasivos solo

<sup>8</sup> El micrómetro es la unidad de longitud equivalente a una millonésima parte de un metro.

<sup>9</sup> Se denomina radiación ultravioleta o radiación UV a la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los  $0,4 \mu\text{m}$  y los  $0,15 \mu\text{m}$ .

<sup>10</sup> El rango infrarrojo se encuentra entre  $0,75 \mu\text{m}$  y los  $100 \mu\text{m}$  de longitud de onda, por encima de lo que el ojo humano puede detectar.

<sup>11</sup> La velocidad de la luz es de  $299.792.458$  metros por segundo, pero generalmente se toma como  $300.000$  km por segundo.

registran el rebote de la radiación emitida por el Sol. Dentro de los sensores pasivos se encuentran los sensores ópticos, mientras que en los activos encontramos los sensores radar.

Los sensores ópticos se pueden clasificar de acuerdo a la cantidad de bandas que poseen como mono espectrales, poseen una sola banda de registro como es el caso de los pancromáticos. Los multiespectrales, poseen dos o más bandas y los hiperespectrales son capaces de registrar información de decenas hasta centenares de bandas simultáneamente.

A los sensores radar podemos clasificarlos en dos grandes grupos, los **RAR**<sup>12</sup> (*Real Aperture Radar*), radar de apertura real y los **SAR**<sup>13</sup> (*Synthetic Aperture Radar*), radar de apertura sintética. Los sensores de la misión SRTM son del tipo SAR.

La resolución espacial de los sensores radar está relacionada con la longitud de la onda transmitida y la longitud de la antena de recepción. Para tener mayor resolución es necesario contar con una antena más grande o utilizar una longitud de onda más pequeña. La antena virtual, o apertura sintética, utilizada por los sensores SAR, consiste en un arreglo de sucesivas y coherentes señales de radar que son transmitidas y recibidas por una antena que se mueve a lo largo de la órbita. De esta forma se logra una resolución similar a la que se obtendría si utilizara una antena de una longitud similar a la distancia entre los momentos de emisión de los pulsos ([www.ciat.cgjar.org/dtmradar/radar1.htm](http://www.ciat.cgjar.org/dtmradar/radar1.htm)).

## Distintos tipos de resolución

Los distintos tipos de resolución, están ligados a las diferentes características de los sensores y pueden clasificarse como espacial, espectral, radiométrica y temporal. La resolución espacial es la unidad más pequeña de información capturada que puede discriminarse en la imagen, es decir el objeto más pequeño que capta el sensor. Ésta

---

<sup>12</sup>

RAR: Los RAR son equipos donde el tamaño de la antena es controlado por la longitud física de la antena. También son conocidos como radares no coherentes. La ventaja de los equipos RAR está en su diseño simple y en el procesamiento de los datos. Sin embargo su resolución es pobre para el rango cercano, misiones de baja altitud y longitudes de onda baja. (<http://www.ciat.cgjar.org/dtmradar/radar1.htm>)

<sup>13</sup>

SAR: Los SAR son sistemas de radares coherentes que generan imágenes de alta resolución. El procesamiento de la señal usa las magnitudes y fases de la señal recibida sobre sucesivos pulsos para crear una imagen. (<http://www.ciat.cgjar.org/dtmradar/radar1.htm>)

determina el tamaño del **píxel** <sup>14</sup> que es la misma medida del objeto en la imagen. En sensores de antena (activos), la resolución depende del radio de apertura, de la altura de la plataforma y de la longitud de la onda. A mayor radio, menor altitud y menor longitud de onda, la resolución es más detallada. Según Chuvieco (1996), "la resolución espacial está relacionada con la escala de trabajo y la finalidad del trabajo". Se denomina resolución espectral al número de bandas, o de rangos del espectro electromagnético en el que el sensor puede registrar información. Cuanto más cantidad de bandas o rangos de registro tiene mas resolución espectral posee el sensor.

La resolución radiométrica es la capacidad del sensor de detectar variaciones en la cantidad de energía que detecta, estas variaciones se representan en escala de grises. A mayor resolución radiométrica mejor interpretación de la imagen, mientras que la resolución temporal es la separación en tiempo para que el sensor registre consecutivamente la misma zona de la superficie terrestre. ([www.ciat.cqjar.org/dtmradar/resolucion.htm](http://www.ciat.cqjar.org/dtmradar/resolucion.htm) ).

## **Modelo de elevación digital (MDE)**

Se entiende por modelo digital de elevación (MDE) a un conjunto de datos numéricos que representa la distribución espacial de las alturas del terreno. Este conjunto de datos puede describirse geoméricamente como  $z = \zeta(x;y)$ , en donde  $x$  e  $y$  son las coordenadas de ubicación del punto y  $\zeta$  la función que relaciona la variable  $z$  (altura del punto) con su posición (Felicísimo, 1994).

## **Principales Características de ASTER y SRTM**

### **Resolución espectral**

ASTER posee 14 bandas distribuidas en tres subsistemas independientes que registran datos en distintas regiones del espectro electromagnético, VNIR, SWIR y

---

<sup>14</sup>

pixel: Un pixel (acrónimo del inglés picture element, "elemento de imagen") es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital, ya sea esta una fotografía, un fotograma de vídeo o un gráfico. (Fuente Wikipedia).

TIR. El subsistema VNIR (*Visible and Near Infrared*) captura datos en la región del visible-Infrarrojo cercano en tres bandas que van desde 0,52 a 0,86  $\mu\text{m}$ , mientras que el subsistema SWIR (*Short Wave Infrared*), infrarrojo de onda corta, posee 6 bandas que capturan datos en la región del infrarrojo de onda corta y van desde 1,6 a 2,43  $\mu\text{m}$ , finalmente el subsistema TIR (*Thermal Infrared*), infrarrojo termal, con 5 bandas que capturan datos en la región del Infrarrojo termal desde 8,125 a 11,65  $\mu\text{m}$ .

La resolución espectral de la misión SRTM es limitada ya que solo transmite a través de dos antenas que emiten una señal en dos frecuencias diferentes. La banda X posee una longitud de onda de 3,1 cm mientras que la banda C posee una longitud de onda de 5,6 cm.

### **Resolución espacial**

ASTER posee distintas resoluciones espaciales según los diferentes subsistemas. Las bandas 1, 2 y 3 del subsistema VNIR poseen una resolución espacial de 15 metros, mientras que las bandas 4, 5, 6, 7, 8 y 9 del subsistema SWIR tienen 30 metros de resolución y las bandas 10, 11, 12, 13 y 14 del subsistema TIR tienen 90 metros de resolución.

SRTM posee dos resoluciones espaciales diferentes. Para la banda C la resolución espacial es de 3 segundos de arco que es equivalente a 90 metros, mientras que para la banda X la resolución espacial es de 1 segundos de arco o 30 metros.

### **Capacidad estereoscópica**

El subsistema VNIR de ASTER posee dos telescopios, uno con visión nadir y otro con vista atrás en sentido orbital, esta disposición permite obtener una vista estereoscópica de cada escena, es decir obtener dos puntos de vista de la misma zona, a lo largo de la órbita. Las bandas 3B y 3N del infrarrojo cercano son las que permiten obtener los pares estereoscópicos de imágenes a lo largo de la órbita de cada escena. La precisión en el posicionamiento de un punto es de 15 metros en altura y menos de 50 metros en horizontal.

La misión SRTM contó con dos antenas que operan simultáneamente, una primaria, que emite y recibe los pulsos de energía, mientras que la secundaria solo recibe. La antena secundaria esta montada sobre un mástil desplegable de 60 m de longitud. Esto le permite obtener a través de métodos de **interferometría**<sup>15</sup> imágenes en estereoscopia.

## **Resolución temporal**

La resolución temporal de ASTER es de 16 días. En caso de emergencias naturales, tales como inundaciones, actividad volcánica, deslizamientos e incendios entre otras, la visada lateral, o ángulo de visión lateral del subsistema VNIR llega hasta  $-24^{\circ}/+24^{\circ}$  para acortar los tiempos de revisita generando imágenes oblicuas y poder obtener información cada 2 días del área afectada (ASTER - 2005).

La misión SRTM no posee periodos de revisita, ya que al emplear dos antenas operando en forma simultánea el relevamiento se realizó con una sola pasada (single-pass). SRTM fue el primer sensor en utilizar interferometría single-pass en el espacio (Rabus *et al.*, 2002).

## **Vistas laterales**

Todos los subsistemas VNIR, SWIR y TIR de ASTER tienen la posibilidad de orientar sus telescopios lateralmente entre  $-8,55^{\circ}$  a  $+8,55^{\circ}$ . Las imágenes con visada laterales dentro de este rango se restituyen a través de un algoritmo diseñado para ASTER a imágenes nadir. SRTM no posee la facultad de generar vistas laterales.

---

<sup>15</sup>

interferometría: La interferometría analiza las diferencias de fase de la onda ya que del análisis se puede obtener información acerca del ángulo de retorno de la señal. Esto sumado a la distancia entre las dos antenas posibilita obtener imágenes en tres dimensiones.

# METODOLOGÍA DE CAMPO

## Generalidades

El trabajo de campo consistió en la toma de puntos de control sobre puntos trigonométricos del I.G.N. así como también sobre puntos de la red PASMA con posicionador satelital (**G.P.S.**<sup>16</sup>), con el objeto de verificar y ajustar la geolocalización de las imágenes multiespectrales y de los MDE.

Dado que **ASTER** y **SRTM** poseen datos altimétricos referidos al modelo elipsoidal **WGS84**<sup>17</sup> se tomaron puntos GPS de la red de nivelación del IGN con el fin de lograr el ajuste en altura de los modelos de elevación digital y así llevar sus alturas a nivel medio del mar. Asimismo y como parte del trabajo de campo se realizó el relevamiento de diferentes entidades del terreno tales como puestos, caminos, estancias y topónimos que pudieran haber cambiado. Una vez finalizado el trabajo de campo se efectuaron las correcciones de los datos relevados en gabinete.

## Características de los equipos GPS

Para el relevamiento fueron utilizadas tres unidades **TRIMBLE GEOEXPLORER 3**. Estos fueron diseñados para posicionamiento diferencial y mapeo. Poseen 12 canales en paralelo que le permite recibir datos de 12 satélites en forma simultánea. Son receptores pasivos de simple frecuencia y trabajan con la frecuencia portadora L1 en **código abierto (C/A)**<sup>18</sup> y **FASE**<sup>19</sup>

<sup>16</sup> El *Global Positioning System* (GPS) o Sistema de Posicionamiento Global, aunque su nombre correcto es *NAVSTAR-GPS*[1], es un sistema global de navegación por satélite (GNSS) que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, con una precisión hasta de centímetros, usando GPS diferencial, aunque lo habitual son unos pocos metros.

<sup>17</sup> Son las siglas en inglés de *World Geodetic System 84* (que significa Sistema Geodésico Mundial 1984). Se trata de un estándar en geodesia, cartografía, y navegación, que data de 1984. Tuvo varias revisiones (la última en 2004), y se considera válido hasta una próxima reunión en 2010, se estima un error de cálculo menor a 2 cm. por lo que se basa el Sistema de posicionamiento Global (GPS).

<sup>18</sup> Es un código numérico que modula a la onda portadora L1. Tiene una longitud de onda de 300 m y un tiempo de repetición del código completo de  $10^{-3}$  segundos. Cada satélite cuenta con un C/A propio, esto genera una modulación exclusiva de cada satélite, lo que permite identificarlo. La determinación de la distancia entre el satélite y el receptor se obtiene del defasaje entre el código recibido y el código generado por el oscilador del receptor G.P.S.

<sup>19</sup> Es la situación de ciclo en un instante determinado de una onda que varía cíclicamente. La frecuencia de la señal portadora L1 es de 1575.42 Mhz. Para determinar la distancia a través de la fase de la onda portadora, el receptor compara los ciclos entre la señal recibida y la generada por el receptor G.P.S.

Diseñados para posicionamiento y/o navegación terrestre, aérea o marítima, pueden medir en modo dinámico y estático con una precisión autónoma de 12 m utilizando código abierto C/A y sin realizar corrección diferencial.

Con corrección diferencial en código C/A se obtiene una precisión en el posicionamiento mejor de 2m en modo estático y dinámico utilizando la fase de la portadora L1 se logra una precisión de 20 a 60 cm en modo estático y dinámico. Los datos pueden desplegarse tanto en coordenadas geográficas latitud/longitud/altura, como en distintos sistemas de coordenadas planas a seleccionar por el usuario. El equipo está especialmente adaptado para efectuar y actualizar cartografía precisa y mapeo con atributos.

También se utilizó una antena topográfica para corrección diferencial SL4600 (Figura 3). Es un colector de datos de efeméride de satélites. Estos datos permiten realizar la corrección diferencial de los receptores posicionadores. La configuración del equipo permite utilizarlo en tiempo real o post proceso.



Figura 3: Sobre el trípode la antena SL 4600 y sobre el muro el receptor Geoexplorer 3.

## Planificación de las tareas de campo

Una vez compilada toda la información disponible de la zona se realizó el planteo del trabajo de campo que consistió en el recorte de los archivos digitales correspondiente

a la carta 4569-11 “**Meseta de Canquel**” y hacer una impresión de la zona a escala 1:100.000. Sobre la misma se establecieron los puntos trigonométricos y de la red de nivelación del I.G.N. que serian utilizados como control de los puntos relevados con GPS en el campo. También se buscaron las monografías de los puntos de la red de apoyo del PASMA que estuvieran en la zona de trabajo para ser utilizados con el mismo fin. Se realizaron los recortes e impresiones de las imágenes satelitales ASTER de la zona de trabajo. A partir de la cartografía existente se elaboró una base topográfica preliminar de la zona impresa. Tanto las imágenes como la base topográfica se utilizaron en el campo con el fin de facilitar el reconocimiento y relevamiento de la zona.

## **Tareas de campo**

El relevamiento de campo se realizó entre los días 19 y 28 de febrero de 2008, el equipo de trabajo estuvo conformado por un chofer y dos operadores de equipos G.P.S. Se tomaron puntos de control de campo con GPS sobre puntos de la red PASMA 21-040, 21-049, 21-048, 21-049 y 21-055 (Figura 4), con el objeto de corroborar los ajustes planimétricos de las imágenes satelitales y efectuar la corrección de nuevos puntos de apoyo planimétrico en el área para utilizarlos durante el relevamiento de entidades



*Figura 4: Mojón del punto pasma 21-048, Las Plumas, Chubut. Sobre él el receptor Geoexplorer 3 tomando datos.*

También se tomaron mediciones GPS sobre puntos de la red de nivelación del I.G.N. denominados PF 29 N (247), N26 PF TOP 1 y PF 24N (247). Esto se efectuó con el objeto de poder comprobar los ajustes en altura de los modelos de elevación de ASTER y SRTM (Figura 5).



*Figura 5: Receptor GPS tomando datos sobre un punto de nivelación de la red del I.G.N.*

Además se relevaron distintas entidades de la zona tales como rutas y caminos que fueron relevados en modo dinámico, mientras que las entidades como puestos, estancias y otras se tomaron en modo estático (Figura 6).



*Figura 6: Receptor Geoplore 3 tomando datos para el relevamiento de entidades del terreno.*

# AJUSTE Y NORMALIZACIÓN DE LOS DATOS

## Generalidades

Finalizado el relevamiento de campo se realizó la corrección diferencial de los datos. Posteriormente se transformaron las coordenadas de los datos, de geográficas geodésicas WGS84, sistema en el que fueron medidos en el campo, a coordenadas planas **POSGAR 94**<sup>20</sup>. Las cotas de los puntos relevados, originalmente referidas al elipsoide WGS84, fueron ajustadas al modelo de geoide **EGM96**<sup>21</sup> (*Earth Gravity Model* 1996). Con los datos corregidos se procedió al ajuste de las imágenes y los modelos de elevación digital, finalmente con los datos normalizados se comenzó con la realización de la carta topográfica.

## Corrección diferencial de los datos de campo

La corrección diferencial se basa en que los errores de propagación de la señal a través de la ionósfera y tropósfera que afectan de manera similar a dos estaciones que se encuentren separadas a una distancia no mayor de 500 kilómetros. De esta forma los errores de reloj y órbita de cada satélite son los mismos para ambas estaciones. La técnica de corrección diferencial aplica este concepto para eliminar los errores de cálculo de la posición de una estación conociendo los valores de coordenadas de la otra (Huerta *et al.*, 2005).

Cabe destacar que para poder aplicar esta técnica es necesario realizar las mediciones en forma simultánea. La corrección diferencial de los datos obtenidos se realizó con el software PATHFINDER (G.P.S. Pathfinder Office, 2000).

---

<sup>20</sup>

Es el marco de referencia oficial en la Argentina definido por el Instituto Geográfico Militar mediante la resolución 13/97 con alcances legales para todo el país. La realización de este marco fue llevada a cabo durante los años 1993 y 1994 a través de sendas campañas de medición GPS y sus observaciones fueron reducidas y calculadas en el Observatorio Astronómico de La Plata.

(<http://www.elagrimensor.com.ar/situacionposgar.asp>)

<sup>21</sup>

Es un modelo del campo geopotencial del campo gravitatorio de la tierra calculado a partir de datos relevados en el año 1996. (Peláez Montilla, 1997).

## Transformación de coordenadas

Teniendo en cuenta de que la capacidad del ojo humano para distinguir dos puntos separados es de 1' de arco (Scholnizov, 1995), y estableciendo una distancia de lectura de 30 cm, el error de posición de los elementos en el plano no debe ser superior a 0,01 mm. Si la escala final del trabajo es de 1:100.000, las precisiones de los datos relevados en el campo deben ser  $\leq 10$  metros.

A tal efecto y teniendo en cuenta que las coordenadas de los puntos trigonométricos del I.G.N. poseían coordenadas geodésicas Campo Inchauspe y fueron transformados a POSGAR94 con un error de posición de  $\pm 5$  metros, según especificaciones del Departamento Geodésico del I.G.N. (Cimbaro, comunicación personal), se utilizaron diferentes medios para la transformación de las coordenadas, eligiéndose el que arrojó menor error medio cuadrático (R.M.S.).

Para el primer método se utilizó el módulo Arc/Catalog del software ArcGis 9.2, se realizó la transformación de coordenadas con los parámetros ya incluidos en el programa. Esta transformación dió un R.M.S. de 5,8 m en X y 5,4 m en Y (tabla 1). Esto probablemente puede deberse a que en los parámetros prefijados para POSGAR que posee cargados el programa están mal definidos o a algún error en el algoritmo de transformación. El marco de referencia geodésico nacional de la Republica Argentina POSGAR94 esta basado en el sistema geodésico geocéntrico WGS84, mientras que en el software Arc/Gis 9.2 se encuentra definido a partir del sistema de referencia geodésico **GRS80**<sup>22</sup>.

NOMBRE	X-PLANILLA	Y-PLANILLA	X-CALC	Y-CALC	DES <sup>2</sup> -X	DES <sup>2</sup> -Y
21-040	5158622,170000	3396135,320000	5158617,433330	3396136,490890	22,436043	1,370983
21-040	5158622,170000	3396135,320000	5158621,063770	3396138,163170	1,223745	8,083616
21-048	5122944,160000	2598476,870000	5122946,294440	2598485,164980	4,555834	68,806693
21-049	5110770,370000	2559849,960000	5110768,907430	2559855,763460	2,139111	33,680148
21-049	5110770,370000	2559849,960000	5110758,820920	2559855,622340	133,381249	32,062094
21-055	5050278,430000	2590606,580000	5050278,987000	2590606,287270	0,310249	0,085691
				RMS	5,727936	5,368226

Tabla 1. **X-PLANILLA** e **Y-PLANILLA**, valor del punto según planilla PASMA; **X-CALC** e **Y-CALC**, valores obtenidos de las transformaciones; **DES<sup>2</sup>-X** y **DES<sup>2</sup>-Y**, valores de los desvíos estándar de cada punto.

<sup>22</sup> Sigla que denota Geodesic Reference System 1980. Este modelo de referencia fue implementado en 1980 como sistema de referencia geodésico oficial en Estados Unidos y fue aprobado por la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica.

En el segundo método se utilizó un programa de la página Web oficial de la Estación Astronómica de Río Grande, provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, que permite realizar transformaciones de coordenadas ([www.earg.gov.ar/kruger.htm](http://www.earg.gov.ar/kruger.htm)). Este método dio como R.M.S.  $\pm 3,7$  metros en X y  $\pm 5,3$  metros en Y (tabla 2)

NOMBRE	X-PLANILLA	Y-PLANILLA	X-CALC	Y-CALC	DES <sup>2</sup> <sub>V</sub> -X	DES <sup>2</sup> <sub>V</sub> -Y
21-040	5158622,170000	3396135,320000	5158617,433400	3396136,490900	22,435380	1,371007
21-040	5158622,170000	3396135,320000	5158621,063800	3396138,163200	1,223678	8,083786
21-048	5122944,160000	2598476,870000	5122946,294500	2598485,165000	4,556090	68,807025
21-049	5110770,370000	2559849,960000	5110768,907500	2559855,763500	2,138906	33,680612
21-049	5110770,370000	2559849,960000	5110764,203900	2559855,671300	38,020789	32,618948
21-055	5050278,430000	2590606,580000	5050278,987100	2590606,287300	0,310360	0,085673
				RMS	3,706351	5,378607

Tabla 2. **X-PLANILLA** e **Y-PLANILLA**, valor del punto según planilla PASMA; **X-CALC** e **Y-CALC**, valores obtenidos de las transformaciones; **DES<sup>2</sup><sub>V</sub>-X** y **DES<sup>2</sup><sub>V</sub>-Y**, valores de los desvíos estándar de cada punto.

Dados los resultados de los RMS, podemos observar que las diferencias para Y entre los dos métodos no es significativa, mientras que para X el valor del R.M.S. del segundo método es significativamente menor, por este motivo se eligió trabajar con las coordenadas obtenidas por el segundo método de transformación. De esta forma si se suman los errores de posición en las distintas transformaciones de coordenadas nos encontramos dentro de la tolerancia estipulada para el trabajo.

Una vez decidido el método de transformación de las coordenadas se calcula el error sistemático de las mediciones. Asumiendo que se trabajó con mediciones simultáneas, los errores sistemáticos son aplicables a todos los puntos medidos en periodos idénticos (tabla 3)

NOMBRE	X-PLANILLA	Y-PLANILLA	FECHA-GPS	X-CALC	Y-CALC	ERROR X	ERROR Y
21-040	5158622,170000	3396135,320000	23/02/2008	5158617,433400	3396136,490900	-4,736600	1,170900
21-040	5158622,170000	3396135,320000	25/02/2008	5158621,063800	3396138,163200	-1,106200	2,843200
21-048	5122944,160000	2598476,870000	27/02/2008	5122946,294500	2598485,165000	2,134500	8,295000
21-049	5110770,370000	2559849,960000	26/02/2008	5110768,907500	2559855,763500	-1,462500	5,803500
21-049	5110770,370000	2559849,960000	28/02/2008	5110764,203900	2559855,671300	-6,166100	5,711300
21-055	5050278,430000	2590606,580000	01/03/2008	5050278,987100	2590606,287300	0,557100	-0,292700

Tabla 3. **X-PLANILLA** e **Y-PLANILLA**, valor del punto según planilla PASMA; **FECHA-GPS**, día que fue relevado el punto; **X-CALC** e **Y-CALC**, valores obtenidos de las transformaciones; **ERROR X** y **ERROR Y**, valores de los errores en la posición de los puntos.

Así una vez establecidos los errores sistemáticos se realizan las correcciones correspondientes a todos los puntos relevados en campo.

## Corrección alimétrica de los datos de campo

Este ajuste implica referir las cotas, alturas, de los puntos al nivel medio del mar. Teniendo en cuenta que  $H = h - N$ , donde  $H$  es la altura al geode de un punto medida sobre la vertical al geode,  $h$  la altura del punto al elipsoide y  $N$  es la ondulación del geode o altura del geode respecto del elipsoide. (Peláez Montilla, 1997) (Figura 7).

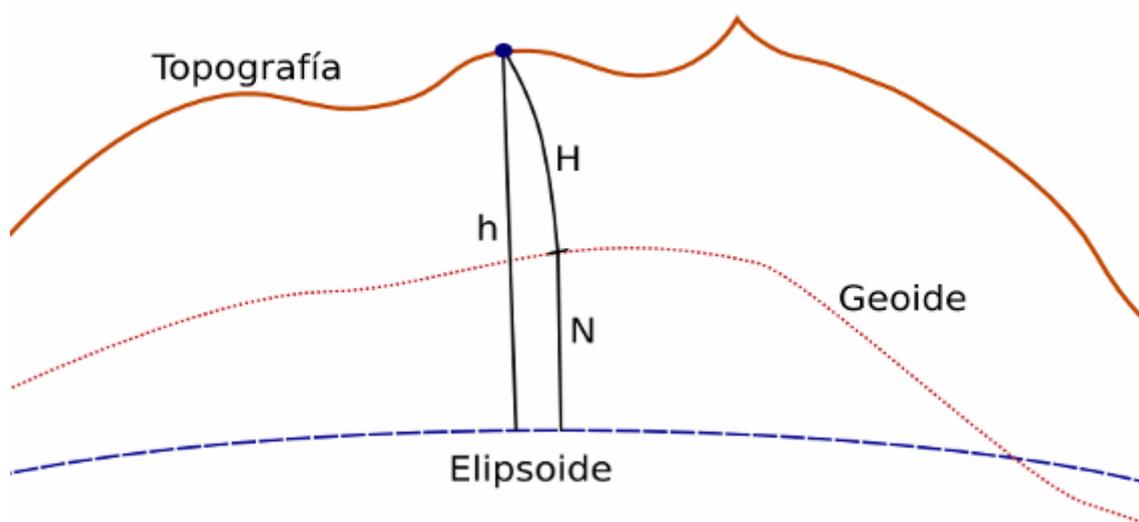


Figura 7: Muestra un esquema de las tres alturas y como están relacionadas.

Con el fin de encontrar la mejor opción a aplicar, se probaron dos métodos para efectuar el ajuste. En el primero se calculó el valor de  $N$  para cada uno de los puntos relevados en el campo, en el segundo se utilizó un valor de  $N$  promedio para la zona de trabajo. Se compararon los resultados obtenidos y se determinó que la diferencia entre ambos métodos no era significativa (tabla 4).

NOMBRE	COTA WGS84	N	COTA CALC	N PROMEDIO	COTA CALC N PRO
PF 24	489,653	15,82	473,833	15,81	473,843
PF 29	404,887	16,05	388,837	15,81	389,077
N(26) PF TOP1	386,321	15,57	370,751	15,81	370,511

Tabla 4. **COTA IGN**, valor de la cota ortométrica del punto según planilla IGN; **COTA WGS84**, valor de cota referida a WGS84; **N**, valor de  $N$  en el punto; **COTA CALC**, cota ortométrica calculada; **N PROM**, valor promedio de  $N$  para la zona de trabajo; **COTA CALC N PROM**, valor de cota ortométrica calculada con  $N$  promedio.

Dado que este ajuste se les debe aplicar a los modelos de elevación MDE utilizados en el trabajo, se eligió el segundo método por ser de más sencilla aplicación.

## Geoide

Se define como "geoide" a la superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre. Esta superficie se asemeja a la continuación de la superficie media de los océanos y mares por debajo de los continentes, suponiendo la ausencia de mareas, en calma y sin ningún perturbador exterior. Como perturbación exterior se encuentra la atracción de la Luna, y la interacción de todo el sistema solar. Lejos de lo que se podría imaginar, esta superficie no es uniforme, sino que presenta una serie de irregularidades, causadas por la distancia, composición mineral del interior de la tierra y sus distintas densidades, lo que implica que para cada punto de la superficie terrestre existe una distancia distinta desde el centro de la Tierra al punto del geoide. (Fernández-Coppel, 2001).

## Modelo de geoide EGM96 (Earth Gravity Model 1996)

Es un modelo de datos gravimétricos, fue elaborado a partir de una gran cantidad de registros de variaciones de gravedad de distintos puntos de la Tierra, observaciones láser a satélites, mediciones Doppler, altimetría de satélites, observaciones G.P.S. y otros métodos (Peláez Montilla, 1997).

## Ajuste de las imágenes satelitales y los modelos de elevación

Una vez realizado el trabajo de campo y el posproceso de los datos relevados, se ajustaron planimétricamente las **imágenes ASTER nivel 3A**<sup>23</sup>, correspondientes a la zona. Por otra parte se realizó el ajuste planialtimétrico del **modelo de elevación digital nivel 4 de ASTER**<sup>24</sup> y del modelo de SRTM para llevarlos al geoide EGM96 ya que estos están referidos a WGS84.

Tanto las imágenes ASTER nivel 3A y el modelo de elevación MDE nivel 4 son productos ASTER a la venta. La imagen fue validada en su ajuste planimétrico con los puntos de control de campo (**GCP**<sup>25</sup>) establecidos a partir de los puntos

<sup>23</sup>

<sup>23</sup> Son imágenes ortorecctificadas a partir del modelo de elevación digital.\*

<sup>24</sup> Esta generado a partir de las bandas 3B y 3N del subsistema VNIR\*.

<sup>25</sup> Sigla que denota Ground Control Points, termino utilizado en sensores remotos para hacer referencia a los puntos de control de campo.

\* Tanto las imágenes nivel 3A como los modelos de elevación nivel 4, son productos ASTER a la venta.

trigonométricos del I.G.N. y de la red PASMA. La figura siguiente muestra la imagen ASTER de las bandas 4, 3 y 1 de la zona de trabajo, luego de verificar su ajuste planimétrico (Figura 8).

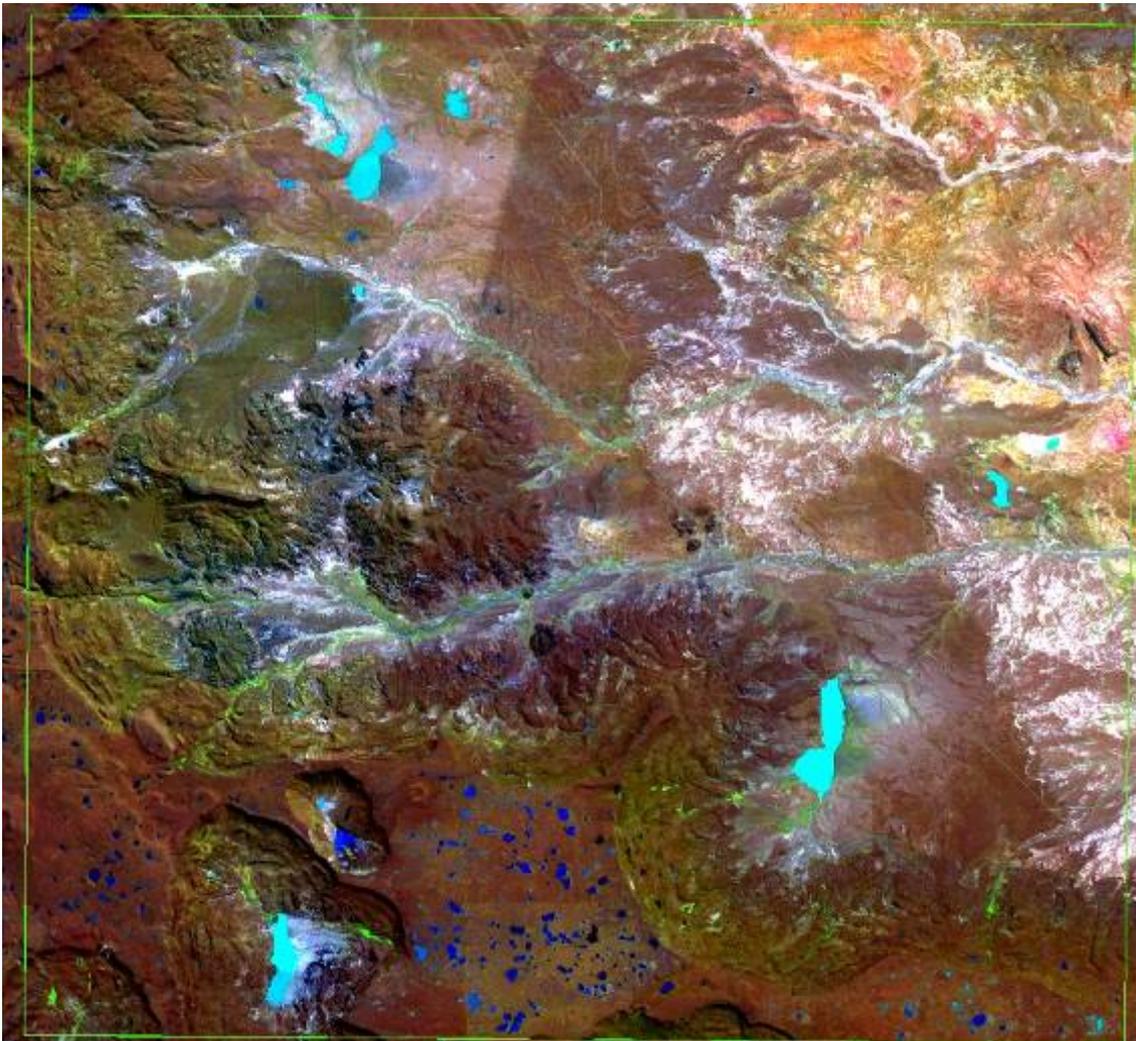


Figura 8: Imagen ASTER 4 3 1, corregida con puntos de control de campo. El marco verde señala la zona de trabajo.

Con el fin de lograr el mejor ajuste en altura se realizó la comparación entre ambos modelos de elevación, logrando el modelo de ASTER un error medio cuadrático (RMS) de ajuste menor que el de SRTM, por este motivo se decidió en primera instancia utilizar el MDE de ASTER (tabla 5).

NOMBRE	H_WGS84	COTA_ASTER	COTA_SRTM	DESV <sup>2</sup> -ASTER	DESV <sup>2</sup> -SRTM
CRUCE LA AURORA	403,960000	396,000000	378,000000	63,361600	673,921600
PF29N(247)	404,887000	401,000000	382,000000	15,108769	523,814769
21- 049	515,456000	500,000000	493,000000	238,887936	504,271936
PTO SAN JORGE	387,923000	398,000000	383,000000	101,545929	24,235929
N(26)PF TOP1	386,321000	398,000000	381,000000	136,399041	28,313041
2 I 139	339,126000	345,000000	333,000000	34,503876	37,527876

ENTRADA AURORA	389,167000	396,000000	478,000000	46,689889	7891,301889
PF24N (247)	489,653000	491,000000	470,000000	1,814409	386,240409
21-055	419,164000	488,000000	408,000000	4738,394896	124,634896
			RMS	25,924666	35,697098

Tabla 5. **H WGS84**, cota del punto referida a WGS84; **COTA ASTER**, valor de la cota del punto sobre el modelo ASTER; **COTA SRTM**, valor de la cota del punto sobre el modelo de SRTM; **DESV<sup>2</sup>-ASTER**; desvío estándar de la cota sobre el modelo **ASTER**; **DESV<sup>2</sup>-SRTM**, desvío estándar de la cota sobre el modelo SRTM.

La comparación de los modelos se realizó sobre la cota elipsoidal ya que se tenía mayor disponibilidad de datos relevados en el campo. Posteriormente se ajustaron los modelos de elevación utilizando el valor de N promedio para la zona de trabajo.

# DIGITALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

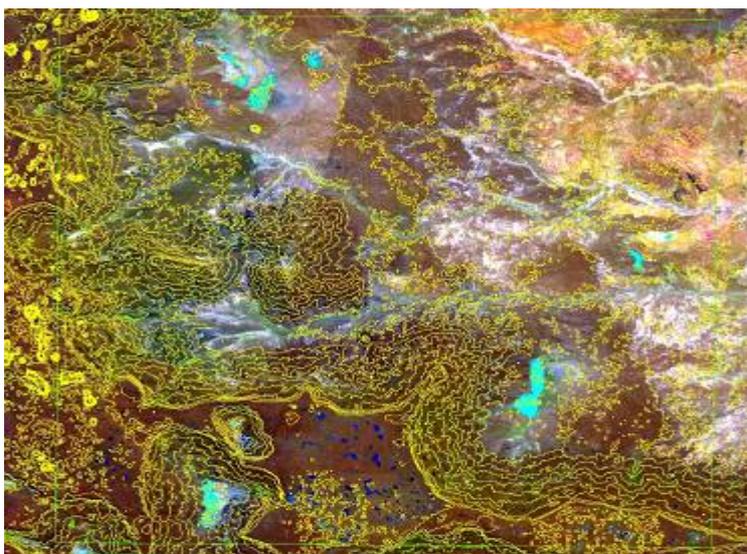
## Generalidades

Con las imágenes multiespectrales se realizaron clasificaciones de acuerdo a la respuesta espectral de los objetos a cartografiar, también se utilizaron como base para digitalizar nuevos rasgos. Los modelos de elevación fueron utilizados para generar las curvas de nivel y la red de drenaje utilizando algoritmos predeterminados en cada uno de los software utilizados.

Una vez confeccionados todos los elementos que debe contener la carta, se realizó la edición, codificación y normalización de los mismos con el fin de integrarlos al S.I.G. (Sistema de Información Geográfica) institucional que posee el SEGEMAR.

## Curvas de nivel

A partir del MDE de ASTER se extrajeron las curvas de nivel utilizando el software ENVI 4.0<sup>26</sup> ([www.itvis.com](http://www.itvis.com)). Para el trazado de las mismas se estableció una equidistancia de 25 m debido al relieve poco ondulado de la zona de trabajo (Figura 9).



*Figura 9: En líneas amarillas las curvas de nivel generadas a partir del modelo de elevación ASTER.*

<sup>26</sup> Programa específico para el procesamiento y análisis de Imágenes de satélite. Este software fue desarrollado por RSI que actualmente es subsidiaria de ITT.

El resultado obtenido con las curvas generadas a partir del MDE de ASTER no fue satisfactorio, debido al poco relieve de la área centro-oriental de la zona de trabajo. Un paisaje mayormente llano y una litología monótona que no favorece el la correlación de puntos homólogos entre las bandas 3N y 3B de la imagen para poder determinar el ángulo de paralaje y así generar el MDE. Esta inconsistencia es un error común en los modelos digitales obtenidos a partir de imágenes ópticas en relieves con estas características y se lo denota como “*salt and pepper effect*”.

Por este motivo se decidió generar las curvas utilizando el MDE SRTM a pesar que éste posee un RMS de ajuste mayor. Se compararon las curvas de nivel obtenidas con ambos modelos de elevación, dando como resultado una mejor representatividad del relieve oriental de la zona las curvas generadas a partir del modelo SRTM (Figura 10).

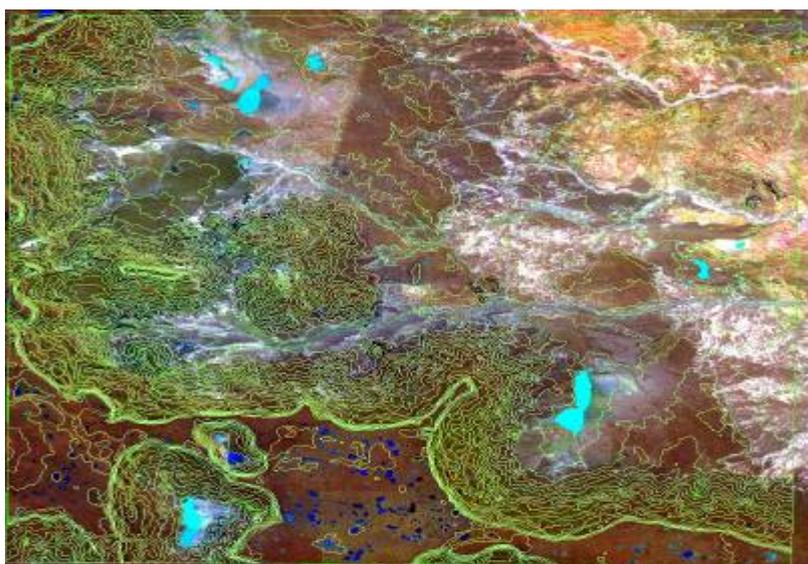


Figura 10: Curvas de nivel (verde) generadas a partir del modelo de elevación de SRTM.

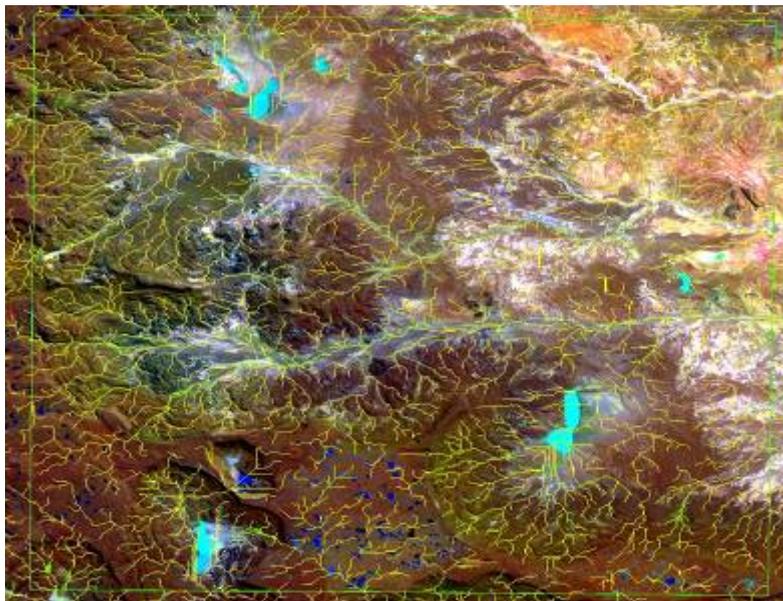
Posteriormente las curvas de nivel se editaron en ARC/GIS 9.2 ([www.esri.com](http://www.esri.com)), se realizó la eliminación de todos los trazados erróneos, el generalizado y suavizado de las mismas.

## Red de drenaje

Para la elaboración de la red de drenaje de la zona se utilizó el módulo *Spatial Analysis* de ARC/GIS 9.2 aplicado a los MDE ASTER y SRTM. Para esto, se

tuvieron que elaborar previamente el **modelo de pendientes**<sup>27</sup> y el **modelo cuencas**<sup>28</sup>, requeridos en la rutina establecida por el sistema, detallada en el anexo II "Herramientas de hidrografía del modulo *Spatial Analysis*".

Los resultados obtenidos a partir del MDE de ASTER no fueron satisfactorios. Como se expuso anteriormente la falta de relieve y la monótona litología de la zona dificultan la construcción del MDE a partir de las bandas 3B y 3N de ASTER, como resultado de este problema en el modelo de elevación la red de drenaje es exagerada y presenta trazos erróneos (Figura 11).



*Figura 11: En amarillo superpuesto a la imagen ASTER se ve el resultado de la red de drenaje generada a partir del modelo de elevación de ASTER.*

Esto motivo realizar el mismo procedimiento con el MDE de SRTM para verificar y comparar los resultados entre ambos modelos. Nuevamente los resultados no fueron satisfactorios, dando como resultado una red de drenaje adecuada en la cantidad de cursos de agua pero presenta un trazo grotesco y diseño erróneo (Figura 12).

<sup>27</sup>

Este establece la pendiente hacia abajo de cada celda del modelo de elevación, además establece la orientación de la misma respecto de los puntos cardinales para determinar los lugares con sombras..

<sup>28</sup>

Este establece en base a las pendientes calculadas en el modelo de pendientes las áreas de las cuencas hídricas.

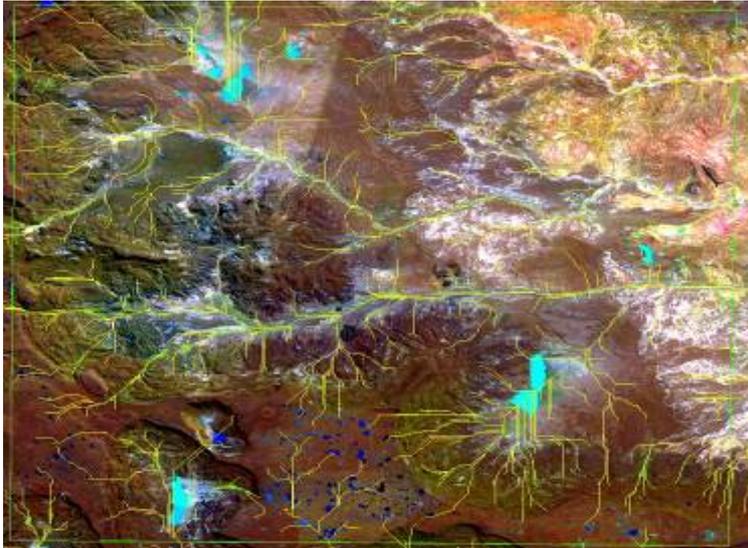


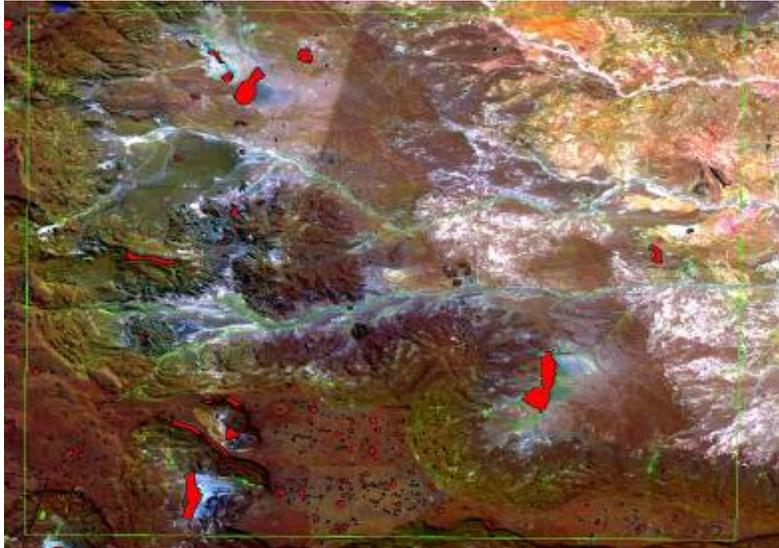
Figura 12: Las líneas amarillas representan la red de drenaje generada a partir del modelo de elevación de SRTM.

Dado que en ambos casos los resultados no fueron satisfactorios se decidió la extracción visual y digitalización tradicional de la red de drenaje utilizando la imagen satelital ASTER y el modulo Arc/Map del software Arc/Gis 9.2.

## Cuerpos de agua

Todos los elementos de la superficie de la Tierra reflejan la energía del Sol con distinta intensidad en los diferentes rangos del espectro electromagnético. El agua por ejemplo refleja un 10% en los rangos del azul y verde, apenas un pequeño porcentaje en el rojo, mientras que en el rango del infrarrojo no refleja nada si es agua clara (Richards *et al.*, 1999).

Basados en estos conceptos de Richards se realizó una clasificación utilizando el software ENVI 4.0 a partir de la herramienta Density Slice, que selecciona píxeles de la imagen con respuestas espectrales similares (ENVI, 2003). Utilizando la banda 4 de ASTER que se encuentra en el rango del infrarrojo cercano se discriminaron los cuerpos de agua, este es el ideal ya que en esta longitud de onda el agua no posee respuesta (Figura 13).

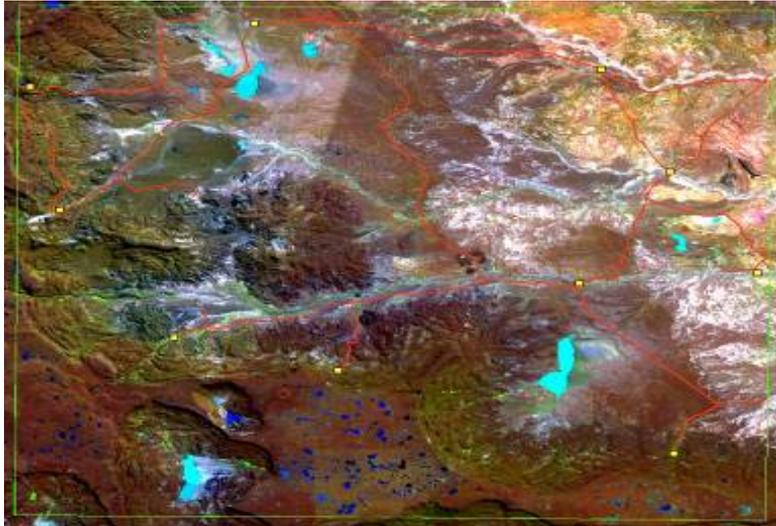


*Figura 13: Superpuesto a la imagen ASTER, en color rojo se ve el resultado de la clasificación realizada con ENVI 4.0.*

Como resultado de esta clasificación se obtuvieron cuerpos de agua válidos y sectores clasificados afectados por sombras. Posteriormente se realizó una selección y eliminación de las clasificaciones erróneas. También se eliminaron cuerpos de agua demasiado pequeños para ser representados a la escala de trabajo.

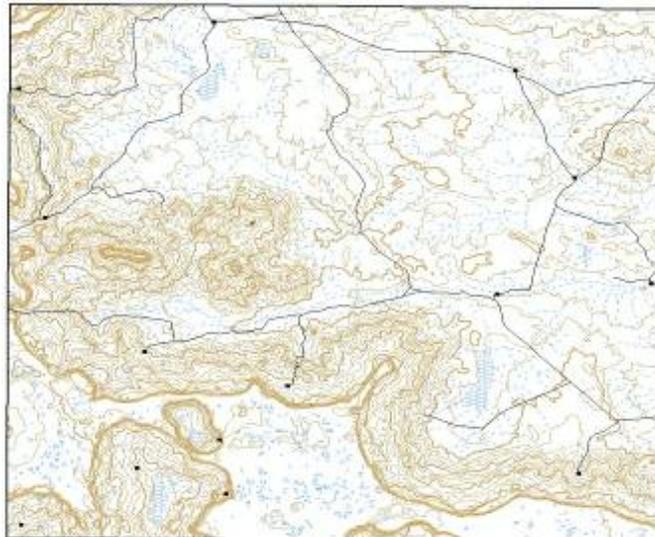
## **Infraestructura**

Para la elaboración de la infraestructura, se utilizaron los datos relevados en el campo con G.P.S. El relevamiento de la red caminera en modo dinámico, mientras que para estancias y entidades menores se utilizó el modo estático. Estos fueron descargados del receptor G.P.S. con el programa PAHTFINDER OFFICE 3.0 y se les realizó la corrección diferencial, luego fueron cargados con Arc/Gis 9.2 para generar la capa de información (Figura 14).



*Figura 14: Superpuestos a la imagen ASTER los datos relevados en campo, con líneas rojas los caminos y los cuadrados amarillos las entidades puntuales.*

Finalmente una vez realizados todos los trabajos con las imágenes satelitales, los modelos de elevación y los datos relevados con G.P.S., se realizó el armado de la carta uniendo todos los aspectos hidrografía, altimetría e infraestructura (Figura 15).



*Figura 15: Integración de la hidrografía (azul), infraestructura (negro) y altimetría (sepia) elaboradas a partir de los distintos métodos anteriormente mencionados.*

# NORMALIZACIÓN E INTEGRACIÓN AL SIG

## Generalidades

Finalizada la generación de todas las partes componentes de la base topográfica, Hidrografía, Altimetría e Infraestructura, se realizó la edición de las entidades, puntos, líneas y polígonos, en ARC/GIS 9.2. Esta tarea consistió en eliminar elementos no deseados como cuerpos de agua muy pequeños para la escala, curvas de nivel innecesarias y otros elementos errores en la digitalización de los datos. Una vez realizada esta edición, la información se migra del formato **Shapefile**<sup>29</sup> a **Coverage**<sup>30</sup>, esto implica un cambio en el software utilizado, para realizar la codificación e integración al S.I.G. institucional del SEGEMAR. Éste está montado sobre una plataforma UNIX y utiliza el software Arc/Info como programa S.I.G.

## Sistema de Información Geográfica

Existen muchas definiciones sobre Sistema de Información Geográfica (S.I.G.). Según Cebrián (1988) un S.I.G. es una "base de datos espacial" ó "base de datos computarizada que contiene información espacial", estas definiciones hoy resultan obsoletas debido a que las aplicaciones y las áreas de alcance de un S.I.G. ha crecido mucho en los últimos años. Por otra parte encontramos definiciones mas abarcativas como "sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión" (NCGIA - 1990). Otras definiciones dejan de lado la parte operativa de los sistemas y los definen en función del objetivo que cumplen, pero para este trabajo las definiciones anteriormente expuestas son suficientes para establecer un concepto que permita entender los procedimientos y rutinas realizadas en la integración de la información al S.I.G. institucional del SEGEMAR.

---

<sup>29</sup> Shapefile: Formato de archivo utilizado por muchos programas S.I.G. Este formato utiliza lenguaje PYTHON desarrollado por ESRI, actualmente es un formato de datos abierto.

<sup>30</sup> Coverage: Modelo organizativo de datos utilizado por el software Arc/Info Workstation.

## **Diseño del SIG institucional**

El sistema fue definido como tal teniendo en cuenta las características y propiedades que debe tener un S.I.G. institucional en cuanto a la normalización, la fuente de datos a utilizar, el volumen de datos que debe manejar, el sistema de referencia geográfico, la estructura de trabajo y la orientación del uso. Los datos se encuentran normalizados, esto permite tener un marco adecuado para el desarrollo de las rutinas, evita la carga de datos erróneos y provee una referencia precisa en la consulta de los datos. Al utilizar una fuente de datos oficiales como la cartografía del I.G.N. le permite tener una referencia común, apropiada y válida para distintos temas, además permite una correcta tipificación de los datos.

Por tratarse de un sistema institucional, se lo diseñó para manejar gran volumen de datos en forma adecuada, para lo cual cuenta con un programa de manejo y gestión de datos durante la carga, edición y borrado de los mismos que contempla los procedimientos y normas de procesamiento en cada una de las etapas. Se utilizó como unidad convencional de captura y almacenamiento de datos la subdivisión de cartas topográficas a escala 1:250.000 y 1:100.000 definida por el I.G.N.

Además se optó por utilizar los sistemas de referencia planimétrica oficiales de la República Argentina ya definidos por el I.G.N. Esto permite indexar los datos de manera fácil y eficiente al tiempo que brinda un marco geográfico acorde y uniforme que permite vincular los datos en un marco geográfico oficial. Posee una estructura de trabajo industrial que permite producir y manejar grandes volúmenes de información para garantizar su principal objetivo que es informar a los distintos usuarios a través de medios convencionales, como las cartas impresas u otros medios no convencionales como el formato digital. Como su principal objetivo es proveer información está orientado al uso general, esto garantiza la utilización de sus datos en diversos proyectos geocientíficos o ingenieriles (Asato *et al.*, 1995).

## **Organización de la información del S.I.G. del SEGEMAR**

Como es común en un sistema de información geográfica (S.I.G.), la información se encuentra organizada en capas y tablas de datos, esto es independiente del software utilizado como programa S.I.G. Los elementos que constituyen el mapa geológico,

tanto la base topográfica como la información geológica, están agrupadas en distintas clases que definen los diferentes niveles de información o capas. Cada clase agrupa elementos con un origen común y éstos están codificados de acuerdo con las normas establecidas para el sistema, que impide la existencia de dos entidades de clase distinta o similar con el mismo código y permite además, la identificación común de éstos a través de los dos primeros números del código (SEGEMAR, 1999).

El S.I.G. del SEGEMAR posee nueve capas principales de información que contienen los datos de geología y topografía de cada unidad de captura definida en el sistema (grilla de cartas topográficas del I.G.N.).

Capa de contactos y fracturas, con **topología**<sup>31</sup> de polígonos y líneas.

Capa de estructuras de plegamiento, con topología de líneas.

Capa de medidas estructurales, con topología de puntos y líneas.

Capa de indicios mineros, con topología de puntos.

Capa de puntos de muestreo, con topología de puntos.

Capa de anotaciones geológicas y elementos auxiliares de dibujo, con topología de puntos y líneas.

Capa de marco de la carta, con topología de polígonos y líneas.

Capa de altimetría, con topología de líneas y puntos.

Capa de hidrografía con tipología de polígonos y líneas.

Capa de infraestructura, con topología de líneas y puntos.

Capa de división política, con topología de líneas.

Teniendo en cuenta esta estructura de datos, la información generada a través de los distintos métodos antes mencionados se deberá organizar en las distintas capas que posee el S.I.G. del SEGEMAR. Con los datos obtenidos por los distintos métodos realizados, se pueden confeccionar las capas de información necesaria para la base topográfica de la hoja, hidrografía, altimetría e infraestructura. La división política no está incluida ya que en la zona no existe ningún elemento que pueda asociarse a esta capa de información (tabla 6).

Capas de información generadas	TOPOLOGIA	capas de información del SEGEMAR	TOPOLOGIA
red de drenaje	LINEA	HIDROGRAFIA	LINEAS Y POLITONOS
cuerpos de agua	POLIGONO		

<sup>31</sup> Topología: Relación geométrica que existe entre los objetos de una capa o entre objetos de distintas capas.

no se realizó		DIVISION POLITICA	LINEAS Y PUNTOS
	PUNTO	ALTIMETRIA	LINEAS Y PUNTOS
curvas de nivel	LINEA		
caminos	LINEA	INFRAESTRUCTURA	LINEAS Y PUNTOS
puestos y estancias	PUNTO		

Tabla 6: Relación entre las entidades generadas y la estructura de datos del S.I.G. del SEGEMAR.

## Nomenclatura, codificación e integración al S.I.G. de la información

Con el fin de lograr un sistema organizado, el S.I.G. del SEGEMAR, utiliza un esquema de prefijos y sufijos para nombrar las capas de información, este hace referencia al contenido y al número de hoja a la que pertenece la capa. De esta manera los nombres de las capas de información están compuestos por un prefijo de dos letras que hace referencia a la temática y el número completo de la hoja a la que pertenece (SEGEMAR - 1999).

Por ejemplo, para la capa de HIDROGRAFIA el nombre será hi y a continuación el número de la hoja, referido a la grilla de hojas a escala 1:100.000 del I.G.N., en este caso 4569-11. De esta manera la codificación completa sería la siguiente hi456911, lo mismo se aplica al resto de las capas. De esta forma los nombres de las capas que conforman la base topográfica de la hoja serán los siguientes.

HIDROGRAFIA	hi456911
ALTIMETRIA	al456911
INFRAESTRUCTURA	if456911

La codificación de las entidades lineales, puntuales o de polígono está basada en un código numérico de seis dígitos, que permite subdividirlo y clasificarlo en tres grupos o niveles jerárquicos de dos dígitos cada uno: TEMA, GRUPO y SUBGRUPO. Tanto la información derivada de los mapas geológicos como de la base topográfica se ha dividido en varias clases como se mencionó anteriormente. Los dos primeros dígitos corresponden al tema, mientras que los siguientes indican el grupo y los últimos dos indican las particularidades en el subgrupo (SEGEMAR - 1999). Por ejemplo, tomemos en cuenta la red de drenaje, a ésta le corresponde el tema "cursos fluviales" con código 90. Si es un curso de agua permanente se le asigna el grupo "cursos fluviales permanentes" con el código 01. Los últimos dos dígitos serán asignados para una

particularidad dentro de este grupo que le corresponda. De esta forma un "curso fluvial permanente" tendrá el siguiente código 90 01 00, si no presenta ninguna particularidad dentro del grupo. El anexo III, se adjunta el "Listado de códigos por tema-grupo-subgrupo" utilizado por el SEGEMAR.

Todos los elementos generados fueron codificados según los códigos establecidos en la normativa de digitalización del SEGEMAR, y teniendo en cuenta la estructura que deben tener las tablas de atributos de cada capa de información, que se detalla en el anexo IV "Estructura de tablas de la base topográfica".

Luego de codificar todos los elementos de cada capa de información, se realizaron las anotaciones o topónimos de las mismas. Para ello se utilizó la simbología, tamaño y ubicación de los mismos según las especificaciones de la normativa de digitalización del SEGEMAR descritas en el anexo V "Toponimia del mapa topográfico y toponimia del mapa geológico".

Concluida la nomenclatura de las capas de información, la codificación de los elementos representados en cada una de ellas y la elaboración de los topónimos pertenecientes a las mismas, la información obtenida a través de los distintos procesos de elaboración queda totalmente integrada al Sistema de Información Geográfica del SEGEMAR, respetando y coincidiendo con los estándares preestablecidos en su normativa de digitalización y edición de hojas geológicas.

## **Armado del mapa**

Una de las principales tareas encaradas por la Unidad Sensores Remotos y S.I.G. del SEGEMAR es fijar las técnicas necesarias para la producción de cartas geológicas digitales a escala regional 1:250.000 y 1:100.000. Para lograr cumplir con las necesidades de producción, se optó por un sistema de producción automatizado basado en la tecnología S.I.G. Los programas que administran los datos y generan la salida gráfica, es decir el mapa impreso, fueron realizados bajo lenguaje AML (*Arc/Info Macro Language*). Se realizaron diferentes programas para armar distintos tipos de mapa teniendo en cuenta la sintaxis: <programa\_que\_realiza\_el\_mapa> <numero\_de\_mapa\_según\_indice\_de\_cartas>. De tal forma el mapa resultante es producto de una consulta S.I.G. de las bases de datos y las capas de información y no de la edición gráfica de sus atributos como en un sistema C.A.D.

Para generar los diferentes mapas el sistema debe realizar la siguiente serie de consultas.

- a. Definir de las capas que integran el mapa.
- b. Seleccionar los elementos geográficos que van a ser desplegados en cada una de las capas.
- c. Determinar el orden en cual se va a desplegar la información.
- d. Definir una determinada instrucción gráfica para cada tipo de dato geométrico y de una simbología especial para cada elemento geográfico.
- e. Realización del despliegue gráfico.
- f. Despliegue de la grilla de coordenadas.

Este tipo de consulta y despliegue es posible gracias a la normalización y codificación de las distintas entidades geográficas en el sistema. De esta manera, para cada tipo de elemento le corresponde un identificador y a su vez un símbolo determinado definido en los diccionarios de líneas, puntos y polígonos (Asato - 2002), se adjunta una impresión del mapa topográfico finalizado de la hoja 4569-11 "Meseta de Canquel" realizada con el sistema del SEGEMAR.

## CONCLUSIONES

El objetivo principal planteado al inicio del presente trabajo, es la creación de la base topográfica de la carta 4569-11 "Meseta del Canquel" a escala 1:100.00, en la provincia del Chubut. Además la misma debe cumplir con las necesidades, en cuanto a cantidad de información y normalización, específicas del SEGEMAR. A tal efecto se tuvo en cuenta en las distintas etapas de la confección de la carta, la calidad de los datos y las condiciones geométricas que debían cumplir para alcanzar los estándares de calidad del SEGEMAR. Se respetaron las normativas para la digitalización y edición de las hojas geológicas, adoptando las tolerancias establecidas en ellas y el formato de los datos. Gracias a ello la integración de la carta al S.I.G. del SEGEMAR se pudo realizar sin inconvenientes.

El MDE de ASTER presentó buen ajuste geométrico general, tanto planimétrico como altimétrico. Sin embargo, el tipo de relieve y litología predominante en la zona dejó a simple vista los inconvenientes que presenta un modelo óptico en estas condiciones de terreno. El resultado de esto fue la inconsistencia del mismo para generar las curvas de nivel y la red de drenaje de la zona. Por otro lado el MDE de SRTM demostró ser más consistente al momento de generar las curvas de nivel, a pesar de tener menor ajuste geométrico y resolución espacial que el MDE de ASTER. Con respecto al modelado de la red hídrica de la zona, ninguno de los modelos fue consistente en los resultados. En este punto, es necesario tener en cuenta el tipo de relieve de la zona y los métodos utilizados por los modelos de acumulación para modelar las cuencas hídricas, antes de realizar una evaluación sobre los MDE. Probablemente los métodos determinados para realizar este tipo de modelado no sean aptos o adecuados para zonas con relieve pobre, tal es el caso de la zona de trabajo. En este trabajo no se realizará una evaluación sobre los modelos de acumulación utilizados para modelar las cuencas hídricas de la zona, dado que escapa a todos los objetivos planteados para el presente trabajo.

Es necesario destacar que, a pesar de la existencia de métodos de modelado automático y herramientas nuevas que facilitan el trabajo de digitalización, la correcta aplicación de estos métodos para obtener resultados coherentes es siempre responsabilidad del operador del sistema.

Como ultimo objetivo de este trabajo se estableció que, a partir del mismo pueda establecerse una guía de trabajo para la digitalización de nuevas cartas. En este sentido la estructura planteada en la presentación de este trabajo intenta cumplir con tal objetivo. Teniendo en cuenta el desarrollo del trabajo podemos ver en él, el orden y secuencia de los pasos necesarios para la producción de una carta. Es necesario realizar ciertas abstracciones y omisiones tales como los conceptos básicos sobre los sensores remotos o los ensayos sobre diferentes métodos aplicados en las transformaciones de coordenadas y la digitalización de las cuencas hídricas. Los mismos serán ponderables y aplicables de forma particular para la confección de cada carta.

Como producto final , se generó la Carta Topográfica 4569-11 Meseta de Canquel, provincia del Chubut, a escala 1:100.000. Esta carta cumple con todas las normas del SEGEMAR para ser utilizada como base topográfica de la hoja geológica. Se compraron los MED ASTER y SRTM. Verificamos que el ajuste planimétrico de ASTER es muy bueno. El MED ASTER presento problemas en el área centro oriental de la carta. El MED SRTM dio resultado para extraer las curvas de nivel a pesar de tener una resolución inferior a la de ASTER. No fue posible generar la red hidrográfica a partir de los modelos de elevación. La rutina de confección de una carta topográfica a escala 1:100.000, para ser utilizada como base de las hojas geológicas del SEGEMAR, quedo plasmada en el presente trabajo.

## **Agradecimientos**

Agradezco en primer lugar a la Lic. Inés Di Tommaso y al Dr. Walter Dragani, mis directores de tesis, por el tiempo que me dedicaron y el apoyo que me dieron en todo momento. Por los consejos dados y la buena voluntad que tuvieron siempre.

A las autoridades del SEGEMAR por brindarme el espacio para que pudiera desarrollar este trabajo.

A la Escuela de Ciencias del Mar, a todos los profesores que me formaron durante estos años, y al personal administrativo.

Finalmente a mi familia, a todos mis amigos y conocidos por el apoyo, las palabras de aliento y la ayuda que me brindaron.

## BIBLIOGRAFÍA

Asato - 2002 - *Estructura del Sistema de Producción Cartográfico Digital del Servicio Geológico Minero Argentino* - Buenos Aires - Argentina.

ASTER - 2005 - *User's Guide* - version 3.0 - Part 1 - ERSDAC (Earth Remote Sensing Data Analysis Center) - Tokio - Japón.

Bernhard Rabus, M. E. y Achim Roth, R. B. – 2002 – *The Shuttle Radar Topography Mission – A New Class of Digital Elevation Models Acquired by Spaceborne Radar* – ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing N° 57 - p 241 – 262,  
[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

Chuvieco, E. - 1996 - *Fundamentos de teledetección espacial* - 3º ed. Revisada - Ediciones RIALP. S.A. - Madrid – España - P 568.

Cuartero, A. y Felicísimo, A. M. – 2003 – *Rectificación y Ortorrectificación de Imágenes de Satélite: Análisis Comparativo y Discusión* – GeoFacus N° 2, 2003 - p 45 – 57.

Felicísimo, A. M. – 1994 – *Modelos Digitales de Terreno: Introducción y Aplicaciones en las Ciencias Ambientales* – Universidad de Oviedo – Oviedo – España -  
[www.estimo.uniovi.es/~feli](http://www.estimo.uniovi.es/~feli)

FIRESTONE - 2009 - *Guía de Rutas Firestone* - Megamapa S.R.L. - Lavallol - Buenos Aires - Argentina.

ENVI - 2003 - *User's guide* - version 4.0 - R.S.I. (Research Systems Inc.) - Boulder - Colorado - USA - p 382 a 385.

Fernández-Coppel I. A. - 2001 - *Localizaciones geodésicas "EL DATUM"* - Universidad de Valladolid – Valladolid - España.

G.P.S. Pathfinder Office - 2000 - *User's guide* - version 2.70 - Trimble Navigation Limited Mapping & GIS Systems - Sunnyvale - California - USA - p 77 a 83.

Huerta E., Mangiaterra A. y Noguera G. – 2005 - *GPS Posicionamiento Satelital* – UNR EDITORA - Rosario - Argentina.

I.G.M. – 1986 - Carta Topográfica 4569-II - provincia del Chubut - Argentina.

Oñate Valdivieso, F. y Bosque Sendra, J. – 2007 – *Extracción de Modelos Digitales de Elevación a partir de Imágenes ASTER para la Determinación de Características Morfométricas de Cuencas Hidrográficas* – Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Mar del Plata - Argentina.

Peláez Montilla J. A. – 1997 – *EGM96 un Modelo de Geoide de Precisión* – Escuela Politécnica Superior - Universidad de Jaén.

SEGEMAR - 1999 - *Normativa para la Digitalización de Cartas Geológicas a escala 1:250.000, Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina* - SEGEMAR - Buenos Aires - Argentina.

Richards J.A. y Jia X. – 1999 – *Remote Sensing Digital Image Analysis* – Springer – p 2 y 3.

Scholnizov, B. - 1995 - *Elementos de óptica oftálmica* - Scholnizov - Buenos Aires - Argentina - p 549.

[www.ciat.cgiar.org/dtmradar/radar1.htm](http://www.ciat.cgiar.org/dtmradar/radar1.htm)

[www.ciat.cgiar.org/dtmradar/resolucion.htm](http://www.ciat.cgiar.org/dtmradar/resolucion.htm)

## **Anexo I**

### **Tablas de atributos del I.G.N.**

ítems afl topología de líneas

COLUMN	ITEM NAME	WIDTH	OUTPUT	TYPE	N.DEC	ALTERNATE NAME
1	FNODE#	4	5	B	-	
5	TNODE#	4	5	B	-	
9	LPOLY#	4	5	B	-	
13	RPOLY#	4	5	B	-	
17	LENGTH	4	12	F	3	
21	USHAFL#	4	5	B	-	
25	USHAFL-ID	4	5	B	-	
29	UNION	4	5	B	-	
33	TIPO	22	22	C	-	
55	NOMBRE	45	45	C	-	
100	REGIMEN	17	17	C	-	
117	NAVEGAVILI	12	12	C	-	
129	PROVINCIA	60	60	C	-	
189	PAIS	15	15	C	-	
204	OBSERVACIO	50	50	C	-	
254	HOJA	10	10	C	-	

ítems lag topología de polígonos

COLUMN	ITEM NAME	WIDTH	OUTPUT	TYPE	N.DEC	ALTERNATE NAME
1	AREA	4	12	F	3	
5	PERIMETER	4	12	F	3	
9	USHLAG#	4	5	B	-	
13	USHLAG-ID	4	5	B	-	
17	UION	4	5	B	-	
21	TIPO	20	20	C	-	
41	NOMBRE	45	45	C	-	
86	REGIMEN	17	17	C	-	
103	NAVEGAVILI	12	12	C	-	
115	SUP	6	6	I	-	
121	PROF	6	6	I	-	
127	PROVINCIA	60	60	C	-	
187	PAIS	15	15	C	-	
202	OBSERVACIO	50	50	C	-	
252	HOJA	10	10	C	-	

ítems age topología de polígonos

COLUMN	ITEM NAME	WIDTH	OUTPUT	TYPE	N.DEC	ALTERNATE NAME
1	AREA	4	12	F	3	
5	PERIMETER	4	12	F	3	
9	USHAGE#	4	5	B	-	
13	USHAGE-ID	4	5	B	-	
17	UNION	4	5	B	-	
21	TIPO	22	22	C	-	
43	NOMBRE	45	45	C	-	
88	PROVINCIA	60	60	C	-	
148	JURISDICCI	14	14	C	-	
162	OBSERVACIO	50	50	C	-	
212	HOJA	10	10	C	-	

ítems lim topología de líneas

COLUMN	ITEM NAME	WIDTH	OUTPUT	TYPE	N.DEC	ALTERNATE NAME
1	FNODE#	4	5	B	-	
5	TNODE#	4	5	B	-	
9	LPOLY#	4	5	B	-	

13	RPOLY#	4	5	B	-
17	LENGTH	4	12	F	3
21	USHLIM#	4	5	B	-
25	USHLIM-ID	4	5	B	-
29	UNION	4	5	B	-
33	JURISICCIO	22	22	C	-
55	ESTADO	12	12	C	-
67	OBSERVACIO	50	50	C	-
117	HOJA	10	10	C	-

#### ítems alt topología de puntos

COLUMN	ITEM NAME	WIDTH	OUTPUT	TYPE	N.DEC	ALTERNATE NAME
1	AREA	4	12	F	3	
5	PERIMETER	4	12	F	3	
9	USHALT#	4	5	B	-	
13	USHALT-ID	4	5	B	-	
17	UNION	4	5	B	-	
21	TIPO	25	25	C	-	
46	NOMBRE	30	30	C	-	
76	COTA	11	11	N	2	
87	PROVINCIA	60	60	C	-	
147	PAIS	15	15	C	-	
162	OBSERVACIO	50	50	C	-	
212	HOJA	10	10	C	-	

#### ítems pob topología de puntos

COLUMN	ITEM NAME	WIDTH	OUTPUT	TYPE	N.DEC	ALTERNATE NAME
1	AREA	4	12	F	3	
5	PERIMETER	4	12	F	3	
9	USHPOB#	4	5	B	-	
13	USHPOB-ID	4	5	B	-	
17	UNION	4	5	B	-	
21	NOMBRE	45	45	C	-	
66	TIPO	50	50	C	-	
116	PROVINCIA	60	60	C	-	
176	DEPARTAMEN	40	40	C	-	
216	HABITANTE	4	5	B	-	
220	PAIS	15	15	C	-	
235	OBSERVACIO	50	50	C	-	
285	HOJA	10	10	C	-	

#### ítems cam topología de líneas

COLUMN	ITEM NAME	WIDTH	OUTPUT	TYPE	N.DEC	ALTERNATE NAME
1	FNODE#	4	5	B	-	
5	TNODE#	4	5	B	-	
9	LPOLY#	4	5	B	-	
13	RPOLY#	4	5	B	-	
17	LENGTH	4	12	F	3	
21	USHCAM#	4	5	B	-	
25	USHCAM-ID	4	5	B	-	
29	UNION	4	5	B	-	
33	TIPO	17	17	C	-	
50	NOMBRE	15	15	C	-	
65	JURISDICCI	14	14	C	-	
79	CLASE	22	22	C	-	
101	TRANSITABL	24	24	C	-	

125	PROVINCIA	60	60	C	-
185	PAIS	15	15	C	-
200	OBSERVACIO	50	50	C	-
250	HOJA	10	10	C	-

#### Ítems pue topología de puntos

COLUMN	ITEM NAME	WIDTH	OUTPUT	TYPE	N.DEC	ALTERNATE NAME
1	AREA	4	12	F	3	
5	PERIMETER	4	12	F	3	
9	USHPUE#	4	5	B	-	
13	USHPUE-ID	4	5	B	-	
17	UNION	4	5	B	-	
21	TIPO	17	17	C	-	
38	MATERIAL	17	17	C	-	
55	OBSTACULOS	25	25	C	-	
80	ESTADO	17	17	C	-	
97	PROVINCIA	60	60	C	-	
157	PAIS	15	15	C	-	
172	OBSERVACIO	50	50	C	-	
222	HOJA	10	10	C	-	

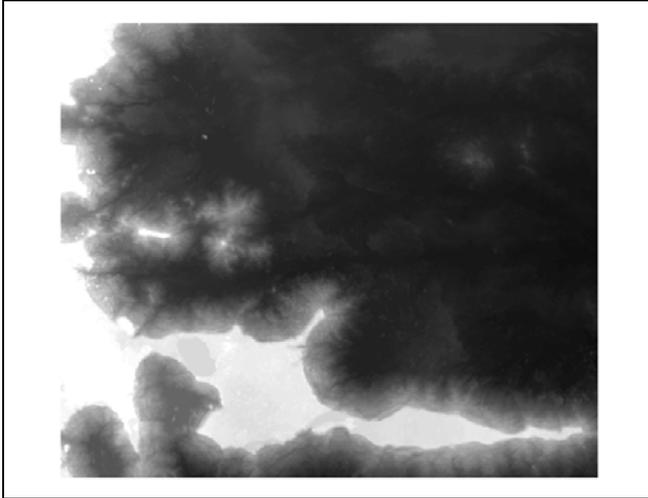
#### Ítems ffc topología de líneas

COLUMN	ITEM NAME	WIDTH	OUTPUT	TYPE	N.DEC	ALTERNATE NAME
1	FNODE#	4	5	B	-	
5	TNODE#	4	5	B	-	
9	LPOLY#	4	5	B	-	
13	RPOLY#	4	5	B	-	
17	LENGTH	4	12	F	3	
21	GCOFFC#	4	5	B	-	
25	GCOFFC-ID	4	5	B	-	
29	UNION	4	5	B	-	
33	NOMBRE	26	26	C	-	
59	TROCHA	25	25	C	-	
84	CONSECCION	20	20	C	-	
104	PROVINCIA	20	20	C	-	
124	PAIS	15	15	C	-	
139	OBSERVACIO	50	50	C	-	
189	HOJA	10	10	C	-	

## **Anexo II**

### **Herramientas de hidrografía del módulo Spatial Analysis.**

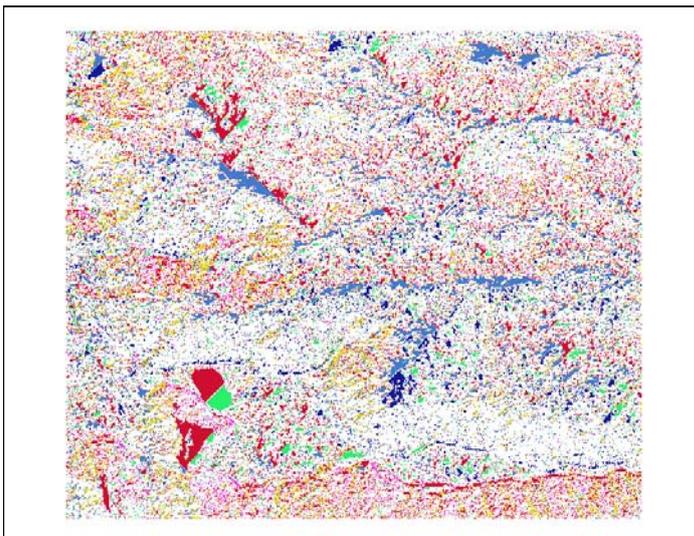
Con las herramientas de *Hidrology* del modulo *Spatial Analysis* de Arc/Gis 9.2, se puede obtener información de las cuencas hidrográficas a partir de los modelos de elevación MDE y convertirla de formato raster a vector. El proceso requiere de varias herramientas y pasos para obtener la información de la superficie del terreno y generar la cuenca hídrica.



*Modelo de elevación de la zona de trabajo. Las zonas con mayor altura aparecen en blanco y en negro las mas bajas.*

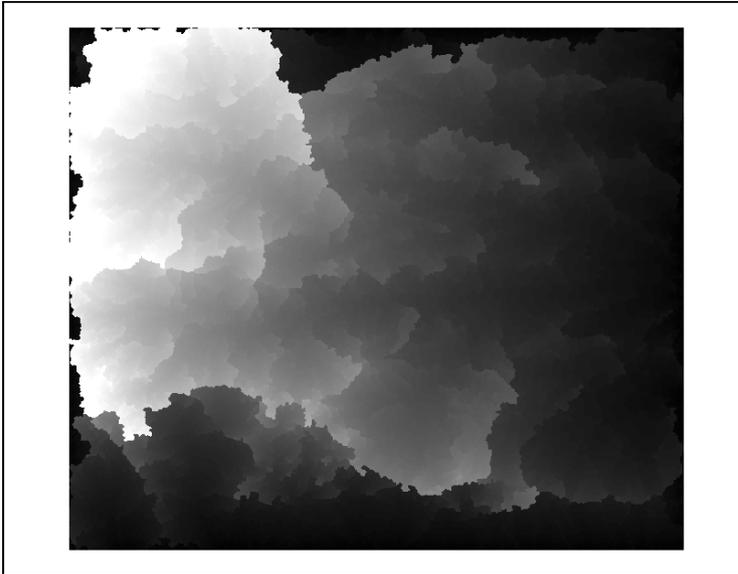
En primer lugar es necesario generar el mapa de pendiente del terreno en base al MDE.

Con la herramienta *Flow Direction*, se determina la dirección hacia abajo de cada celda. Partiendo de este, dato se establecen las pendientes del terreno y se determina la dirección del caudal sobre la superficie.



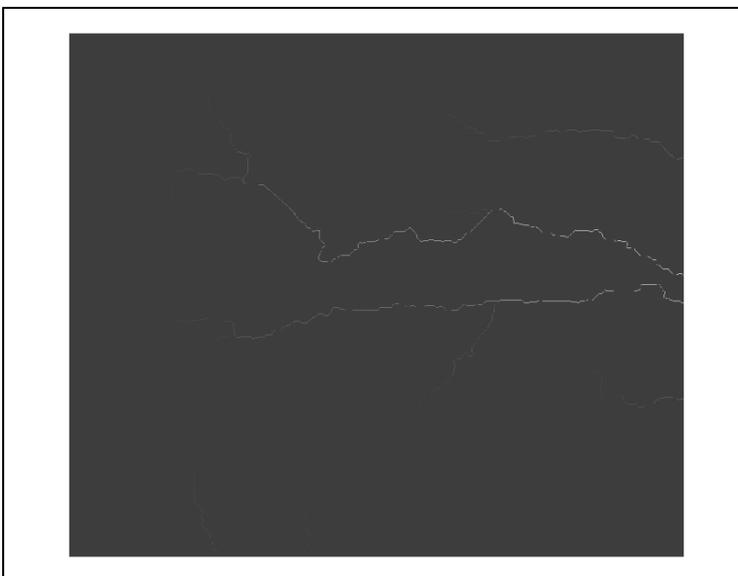
*Resultado del Flow Direction realizado sobre el MED de la zona de trabajo.*

Posteriormente con la herramienta *Basin tool*, se genera el mapa de cuencas hídricas. La herramienta utiliza los resultados del mapa de pendientes y elabora las áreas de las cuencas constituidas por las celdas conectadas que desembocan en un lugar común.



*Resultado del Basin tool, en escala de grises se representan as áreas de las diferentes cuencas hídricas.*

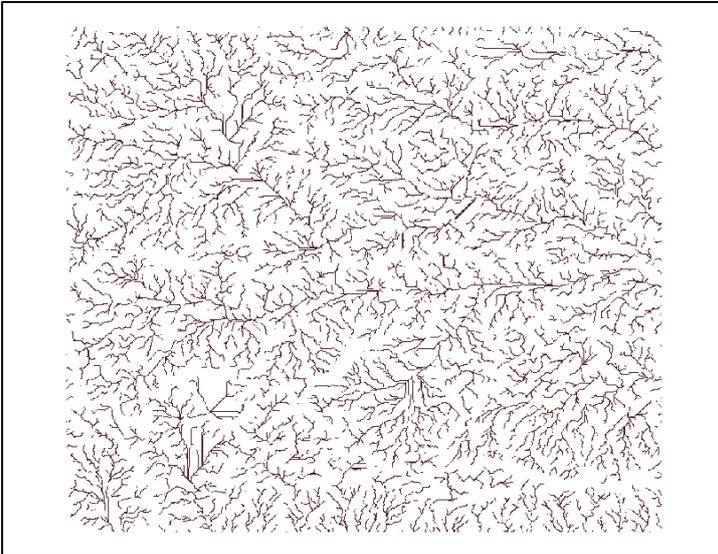
La herramienta *Flow Accumulation*, flujo de acumulación, identifica cómo el flujo de la superficie se acumula en cada celda, las celdas con los valores de acumulación altos suelen ser los canales de los arroyos o ríos.



*Resultado del Flow Accumulation, como no se aplico el Map Algebra no se pueden identificar todavía los rasgos hidrográficos.*

El resultado de los flujos de acumulación se procesa con la herramienta *Map Algebra*. Con esta herramienta se le asigna un valor de umbral de representación a los valores

de cada celda. por ejemplo asignándole un valor mínimo de 100 ( $\text{flowacc} > 100, 1$ ), esto genera que todas las celdas con valor superior a 100 tengan color negro y el resto blanco.



*Resultado de la aplicación de Map Algebra.*

Utilizando la herramienta *Stream to Feature* se convierten a formato vectorial los rasgos resaltados con *Map Algebra*.

## **Anexo III**

### **Listado de códigos por tema-grupo-subgrupo**

## **INFRAESTRUCTURA**

### **Tema 01 LIMITE CONVENCIONAL**

- 01 LIMITE INTERNACIONAL
  - 01 LIMITE INTERNACIONAL CONTINENTAL
  - 02 LIMITE INTERNACIONAL MARITIMO
  - 03 LIMITE INTERNACIONAL FLUVIAL
  - 06 LIMITE DE VEGETACION
  - 07 LIMITE DE PARQUE NACIONAL
  - 99 LIMITE INTERNACIONAL EN LITIGIO
- 02 LIMITE INTERPROVINCIAL
  - 01 LIMITE INTERPROVINCIAL CONTINENTAL
  - 02 LIMITE INTERPROVINCIAL MARITIMO
  - 03 LIMITE INTERPROVINCIA FLUVIAL
  - 99 LIMITE INTERPROVINCIAL EN LITIGIO
- 03 LIMITE INTERDEPARTAMENTAL
  - 01 LIMITE INTERDEPARTAMENTAL CONTINENTAL
  - 02 LIMITE INTERDEPARTAMENTAL MARITIMO
  - 03 LIMITE INTERDEPARTAMENTAL FLUVIAL
  - 99 LIMITE INTERDEPARTAMENTAL EN LITIGIO
- 04 LIMITE DE PARTIDO
  - 01 LIMITE DE PARTIDO CONTINENTAL
  - 03 LIMITE DE PARTIDO FLUVIAL
  - 99 LIMITE DE PARTIDO EN LITIGIO
- 05 LIMITE MUNICIPAL
  - 01 LIMITE MUNICIPAL CONTINENTAL
  - 03 LIMITE MUNICIPAL FLUVIAL
  - 99 LIMITE MUNICIPAL EN LITIGIO

### **Tema 02 POBLACION. LIMITE**

- 01 CAPITAL NACIONAL. LIMITE
- 02 CAPITAL PROVINCIAL. LIMITE
- 03 CABECERA DE DEPARTAMENTO

### **Tema 03 VIA DE COMUNICACION**

- 01 RUTAS Y CAMINOS
  - 01 CAMINOS PAVIMENTADOS
  - 02 CAMINOS CONSOLIDADOS
  - 03 CAMINOS DE TIERRA
  - 04 HUELLA
  - 05 SENDA
- 02 FERROCARRIL
  - 01 FERROCARRILES, UNA VIA
  - 02 FERROCARRILES, DOS VIAS
  - 03 FERROCARRILES, TRES VIAS
  - 04 FERROCARRILES, CUATRO VIAS
  - 05 FERROCARRILES, CINCO VIAS
  - 10 DECOVILLE

### **Tema 04 INFRAESTRUCTURA GENERAL**

- 01 ENERGIA ELECTRICA
  - 01 ENERGIA ELECTRICA DE ALTA TENSION

- 02 ENERGIA ELECTRICA DE MEDIA TENSION
- 03 ENERGIA ELECTRICA DE BAJA TENSION
- 10 CENTRALES DE ENERGIA ELECTRICA
- 02 OLEODUCTOS
- 03 GASODUCTOS
  - 01 GASODUCTO DESCUBIERTO
  - 02 GASODUCTO SUBTERRANEO
- 04 ACUEDUCTO
- 05 DIQUE
- 06 LINEA TELEGRAFICA

- Tema 05 MARCO DE LA HOJA
  - 02 BORDE DE HOJA EN COBERTURA
  - 03 BORDE DE HOJA EN ESQUEMA
  - 04 MARCO DEL ESQUEMA

## **ALTIMETRIA**

- Tema 06 ELEVACION
  - 01 CURVAS DE NIVEL
    - 01 CURVA PRINCIPAL
    - 02 CURVA DE EQUIDISTANCIA
    - 03 CURVA AUXILIAR
    - 04 CURVA FIGURATIVA
    - 05 CURVA DE NIVEL COTA 0. NIVEL DEL MAR
    - 40 RESTINGA
    - 50 PLAYA DE ARENA
    - 60 PLAYA DE GRAVA
    - 99 CURVA DE NIVEL AUXILIAR NO CARTOGRAFIABLE
  - 05 BARRANCA
    - 01 BARRANCA EN CURVA PRINCIPAL
    - 02 BARRANCA EN CURVA DE EQUIDISTANCIA
  - 10 CURVA DE NIVEL SOBRE GLACIARES
    - 01 CURVA DE NIVEL PRINCIPAL SOBRE GLACIARES
    - 02 CURVA DE EQUIDISTANCIA SOBRE GLACIAR
    - 03 CURVA DE NIVEL AUXILLIAR SOBRE GLACIAR
    - 04 CURVA FIGURATIVA SOBRE GLACIAR
  - 20 BATIMETRIA

- Tema 90 CURSOS FLUVIALES
  - 01 CURSOS FLUVIALES PERMANENTES
  - 02 CURSOS FLUVIALES TEMPORARIOS
  - 03 CURSOS FLUVIALES EFIMEROS
  - 04 BRAZO CRECIENTE
  - 05 BRAZO INACTIVO
  - 06 PERDIDA DE DRENAJE
  - 07 PLANICIE ALUVIAL
  - 08 PLANICIE DE INUNDACION FLUVIAL
  - 10 RIA
  - 99 CIERRE CONVENCIONAL (HIDROGRAFIA)

- Tema 91 FORMAS LACUSTRES O ENDORREICAS
  - 01 FORMAS LACUSTRES O ENDORREICAS PERMANENTES
  - 02 FORMAS LACUSTRAS O ENDORREICAS ESTACIONALES

- 03 FORMAS LACUSTRES O ENDORREICAS COLMATADAS
- 05 TERRAZAS LACUSTRES
- 06 ZONAS PANTANOSAS, MARISMAS, MARJALES
- 07 AREA ENDORREICA, PLAYA HUMEDA
- 08 AREA ENDORREICA, PLAYA CON MATERIAL FINO
- 09 AREA ENDORREICA, PLAYA CON MATERIAL ARENO LIMOSO
- 10 AREA ENDORREICA, PLAYA CON SALINIZACION O ALCANIZACION SUPERFICIAL
- 11 AREA ENDORREICA, PLAYA CON COSTRA CALCAREA
- 12 PLANICIE DE INUNDACION
- 13 SALINA. LIMITE

Tema 92 ELEMENTOS MARINOS

Tema 94 COSTA

## Anexo IV

### **Estructura de tablas de la base topográfica**

Organización de las tablas de datos de la capa altimetría.

Estructura de datos para puntos y líneas.

ITEM	ANCHO INTERNO	ANCHO DE SALIDA	TIPO	DECIMALES
ID	6	6	I	
COTA_D	4	4	I	
COTA	4	4	I	

ID: Código de identificación de la entidad según Anexo II.

COTA\_D: Cota de la curva o del punto. (número entero empleado para dibujo)

COTA: Cota de la curva o del punto.

Organización de las tablas de la capa hidrografía.

Estructura de datos de la tabla de líneas.

ITEM	ANCHO INTERNO	ANCHO DE SALIDA	TIPO	DECIMALES
ID	6	6	I	
NOMBRE	50	50	C	

ID: Código de identificación de la entidad según Anexo II.

NOMBRE: Nombre del cauce.

Estructura de datos de la tabla de polígonos.

ITEM	ANCHO INTERNO	ANCHO DE SALIDA	TIPO	DECIMALES
ID	6	6	I	
NOMBRE	50	50	C	
COLOR	4	4	I	
RASTRA 1	4	4	I	

ID: Código de identificación de la entidad según Anexo II.

NOMBRE: Nombre del lago o embalse.

COLOR: Lago permanente lleva color 210

RASTRA1: Lago intermitente lleva rastra 32

Organización de las tablas de la capa infraestructura.

Estructura de datos de la tabla de puntos

ITEM	ANCHO INTERNO	ANCHO DE SALIDA	TIPO	DECIMALES
ID	6	6	I	

ID: Código de identificación de la entidad según Anexo II.

Estructura de datos de la tabla de líneas.

ITEM	ANCHO INTERNO	ANCHO DE SALIDA	TIPO	DECIMALES
ID	6	6	I	
ENT_IF	4	4	I	
TIPO_R	1	1	C	
N_RUT	4	4	I	

ID: Código de identificación de la entidad según Anexo II.

ENT\_IF: Tiene la misma definición que en la clase contactos o hidrografía. Identifica a cada ruta como entidad única.

TIPO\_R: Tipo de ruta: N = nacional, P = provincial

N\_RUT: Número de la ruta.

## **Anexo V**

Toponimia del mapa topográfico y  
toponimia del mapa geológico

## MAPA GEOLÓGICO

Objeto Cartográfico	Tamaño (metros)		Símbolo		Posición	Escritura
	100	250	PC	WS		
Identificadores de litologías	250	625	1	1		
Angulos de buzamiento		625	76	10		
Número de indicios minerales		575	76	7	superior derecha	
Sustancias de indicios minerales		575	76	7	inferior derecha	Minúscula
Situación de perfiles transversales		1250	1	3	centrado izq./der.	Mayúscula

## POBLACIONES

Objeto Cartográfico	Tamaño ( metros)			Símbolo		Posición	Escritura
	100	250	750	PC	WS		
CAPITAL NACIONAL	520	1300	3900	21	608	superior derecha	Mayúsculas
CAPITAL PROVINCIAL	400	1000	3000	21	608	superior derecha	Mayúsculas
CABECERA DE DEPARTAMENTO	320	800	2400	21	608	superior derecha	Mayúsculas
CIUDAD	300	750	2250	21	608	superior derecha	Mayúsculas
PUEBLO, VILLA	280	700	2100	21	608	superior derecha	Mayúsculas
Caserio, Estación	260	650	1950	1	608	superior derecha	Minúsculas
Estancia, puerto	260	650	1950	1	601	superior derecha	Minúsculas
Ent. menores: faros, balizas	240	600	1800	1	601	superior derecha	Minúsculas
Número de ruta	220	550	1650	1	601	centro	
Parajes Habitados	260	650	1950	1	602		
Puntos Trigonométricos	220	550	1650	76	601	Distribuida	Mayúsculas

## HIDROGRAFÍA

Objeto Cartográfico	Tamaño (metros)			Símbolo		Posición	Escritura
	100	250	750	PC	WS		
OCEANOS	520	3900	1300	76	415	distribuida	Mayúsculas
MARES	360	2700	900	76	415	distribuida	Mayúsculas
Ríos, lagos, golfos, estrechos, salinas y bahías importantes	320	2400	800	76	415	distribuida	Minúsculas
Ríos, lagos, golfos, estrechos, salinas y otros accidentes secundarios, quebrados, cañadas	280	2100	700	76	415	distribuida	Minúsculas
Ríos, lagos, pequeños y otros accidentes menores, quebrados, cañadas	240	1800	600	76	415	distribuida	Minúsculas

## OROGRAFÍA

Objeto Cartográfico	Tamaño(metros)			Símbolo		Posición	Escritura
	100	250	750	PC	WS		
CORDILLERAS PRINCIPALES	400	1000	3000	76	601	distribuida	Mayúsculas
SIERRAS PRINCIPALES	340	850	2550	76	601	distribuida	Mayúsculas
SIERRAS SECUNDARIAS	300	750	2250	76	601	distribuida	Mayúsculas
CERROS Y LOMAS Cañadones_Ptos acotados Portillo, portezuelo	260	650	1950	76	601	centrada	Mayúsculas
PARAJES	260	650	1950	76	602	centrada	Mayúsculas
Accidentes costeros continentales principales	240	600	1800	76	601	superior derecha	Minúsculas
Accidentes costeros continentales menores	220	550	1650	76	601	superior derecha	Minúsculas

## DIVISION POLÍTICA

Objeto Cartográfico	Tamaño(metros)			Símbolo		Posición	Escritura
	100	250	750	PC	WS		
HITOS	220	550	1650	76	601	Distribuida	Mayúsculas

TIPOS DE FUENTE A EMPLEAR EN LAS CARTAS GEOLOGICAS A ESCALA 1:250.000

ELEMENTO	TAM. (cm.)	FUENTE
PERFILES TRANSVERSALES	0.5	3 – universal negrita
Identificación de perfiles transversales (A A')	0.5	3 – universal negrita
Orientación de perfiles transversales	0.3	1 – universal regular
Identificadores de litologías	0.25	1 – universal regular
Nombre de accidentes geográficos	0.225	6 – triumvirate regular
Cotas de escalas laterales	0.225	6 – triumvirate regular
ESCALA HORIZONTAL Y VERTICAL ...	0.3	6 – triumvirate regular
Autores de los perfiles transversales	0.25	6 – universal regular
REFERENCIAS	0.3	1 – universal regular
Descripción de referencias	0.275	6 – triumvirate regular
PERFILES COLUMNARES	0.5	3 – universal negrita
Localización de los perfiles columnares	0.325	1 – universal regular
Coordenadas de los perfiles columnares	0.25	6 – triumvirate regular
Identificadores de litologías	0.25	1 – universal regular
Cotas de las escalas verticales	0.225	10 – triumvirate condensada
Autores de los perfiles columnares (únicos)	0.3	6 – triumvirate regular
Autores de los perfiles columnares (por perfil)	0.25	6 – triumvirate regular
Otros textos.	0.225	6 – triumvirate regular
REFERENCIAS	0.3	1 – universal regular
Descripción de rastras en las referencias	0.275	6 – triumvirate regular
ESQUEMA ....	0.5	3 – universal negrita
REFERENCIAS	0.3	1 – univeral regular
Descripción de litologías en las referencias	0.275	6 – triumvirate regular
Coordenadas geográficas	0.2	14 – times regular
Longitudes de la escalas gráficas	0.18	6 – triumvirate regular
CUADRO ESTRATIGRAFICO	0.5	3 – universal negrita
Eones y eras	0.325	8 – triumvirate negrita
Sistemas	0.3	8 – triumvirate negrita
Subsistemas y series	0.3	6 – triumvirate regular
Subseries y pisos.	0.3	6 – triumvirate regular
Unidades o provincias geológicas	0.4	8 – triumvirate negrita
Descripciones litológicas	0.25	6 – triumvirate regular
REFERENCIAS GEOLOGICAS	0.4	3 – universal negrita
FALLAS/ CONTACTOS	0.325	6 – triumvirate regular
Descripción de entidades (contacto normal)	0.275	6 – triumvirate regular
Número y sustancias minerales	0.25	7 – tiumvirate regular italica
REFERENCIAS CARTOGRAFICAS	0.4	3 – universal negrita
Descripción de entidades	0.275	6 – triumvirate regular
ABREVIATURAS	0.3	6 – triumvirate regular
Descripción de abreviaturas	0.275	6 – triumvirate regular
FUENTES DE INFORMACION	0.3	6 – triumvirate regular
Autores (fuentes de información)	0.25	6 – triumvirate regular
Indicadores de zonas en el esquema	0.25	6 – triumvirate regular