

**REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL
SUBSISTEMA DE RIEGO "FIGUEROA"
PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO**

PRODUCCIÓN DE
cartas topográficas 1/25.000
carta de imagen satelitaria 1/25.000
carta de imagen fotográfica 1/5.000

RESUMEN

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- OBJETIVOS

2.- ÁREA DE TRABAJO

3.- MATERIALES UTILIZADOS

3.1.- IMÁGENES SATELITALES

3.2.- UTILIZACIÓN DE G.P.S.

3.3.- INFORMACIÓN CATASTRAL

3.4.- ACCIDENTES TOPOGRÁFICOS

3.5.- NORMAS DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

4.- METODOLOGÍA UTILIZADA

4.1.- REALCE DE IMÁGENES

4.2.- RECTIFICACIÓN DE IMÁGENES

4.3.- DEFINICIÓN DE LÍMITES DE CARTAS

4.4.- DEFINICIÓN DE CARÁTULAS Y DATOS MARGINALES

4.5.- PRODUCCIÓN DE CARTAS DE IMAGEN

4.6.- PRODUCCIÓN DE CARTAS TOPOGRÁFICAS

5.- TÉCNICAS DE IMPRESIÓN

6.- METODOLOGÍA DE TRABAJO CARTOGRAFÍA ESCALA 1: 5.000

7.- PRODUCCIÓN DE UN FOTOMOSAICO

8.- PROCESAMIENTO FINAL

9.- LISTADO DE CARTAS

10.- CÁLCULO DE COSTOS

11.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

12.- BIBLIOGRAFÍA

13.- ANEXO

RESUMEN

La mayoría de las Provincias Argentinas, especialmente las de menores recursos, no cuentan con una cartografía de escala grande, que les permita una planificación de sus recursos naturales, el diseño de su alicáida infraestructura vial, energética, hidráulica, etc., y un mayor control fiscal de las industrias productoras de cereales, carnes y forestales.

Las Riquezas Naturales que el estado nacional y provincial tiene la obligación de proteger, están siendo depredadas en forma acelerada, en medio de una desinformación total de quienes tienen la obligación de protegerlos.

El comienzo del siglo XXI, la tecnología del nuevo milenio les da la posibilidad de mejorar la información cartográfica, gracias a nuevos recursos tecnológicos disponibles. La nueva combinación de información con imágenes de satélite de mayor precisión, el uso del G.P.S. y la nueva oferta de software y hardware disponibles en el mercado, le permitirá la producción de un nuevo sistema cartográfico de bajo costo.

Este trabajo fue realizado siguiendo las técnicas cartográficas tradicionales propuestas por el Instituto Geográfico Militar, pero utilizando imágenes de satélite SPOT 4 de cuatro bandas multispectrales (20x20m de pixel) en combinación con la banda pancromática de 10 x 10 m de pixel, que genera una información espectral en 10 x 10 m ópticos y 6 x 6 m de pixel por resamplio.

1.- INTRODUCCIÓN

La dilatada superficie de la Provincia de Santiago del Estero, superior a los 150.000 km², compuesta en su mayor parte por bosques de madera dura de bajo valor comercial y lagunas saladas con un uso restringido a actividades ganaderas, solo cuenta en toda su extensión con información cartográfica a escala 1:250.000, considerada por el I.G.M. como una escala pequeña.

Gracias a un convenio realizado entre la Dirección de Catastro de la Provincia de Sgo. del Estero y la Facultad de Ciencias Exactas de la UNSE, posibilitó la producción de cartas de imagen escala 1:100.000 producidas con imágenes Landsat 5TM.

Información cartográfica de escalas mayores a las comentadas solo existe en la ciudad Capital y La Banda y en el área de riego del sistema Río Dulce.

La mayoría de las provincias argentinas, excepto las pertenecientes a la Pampa húmeda, carecen de una cartografía de escala grande y actualizada en los últimos cinco años.

Según los conceptos del Instituto Geográfico Militar, la Cartografía es una de las ramas de las Ciencias Geográficas destinadas a expresar gráficamente el conocimiento que se tiene de la superficie de la tierra en sus más diversos aspectos.

Los pueblos que no conocen sus recursos naturales, tanto en su magnitud como en su ubicación, esta condenado al subdesarrollo permanente.

La falta de cartografía impide a las agencias estatales a planificar no solo el desarrollo de su infraestructura (camino, puentes, líneas eléctricas, etc.), sino le es imposible precisar sus fuentes de recursos fiscales como nación (superficie cultivada, recursos forestales existentes, aprovechamiento minero, etc.) hasta tal punto que no les será posible planificar los recursos económicos y financieros que las empresas requieren para levantar sus cosechas y mucho menos evitar la destrucción de sus Recursos Naturales, que tiene la obligación de proteger.

Las nuevas técnicas cartográficas, el uso masivo de los satélites civiles encargados de levantar con absoluta precisión la superficie de la corteza terrestre, el bajo costo de las imágenes satelitales (en comparación a las fotografías aéreas) y las modernas técnicas de computación (Software y Hardware), le permitirán a las instituciones estatales provinciales a mejorar su cartografía existente a un bajo costo, tanto dinerario como operativo.

El uso de imágenes SPOT 4 de última generación, en sistemas combinados de bandas multispectrales (4 bandas de 20x20 metros de pixel) con pancromáticas (1 banda de 10x10 metros), permite a los usuarios a trabajar con productos hasta una escala 1:25.000 y con un error de compensación (error cuadrático medio) no mayor de un pixel (10 metros) con un 95% de probabilidad.

El error que se obtiene en este tipo de trabajos es menor al grosor del trazo de los caracteres cartográficos y su tamaño mínimo de lectura (1 pixel) contiene un mayor nivel de detalle que el trazo de identificación producido por los Plotters mas evolucionados.

1.1.- OBJETIVOS

Este trabajo de investigación, esta incorporado dentro del contrato número 3944 que realizó la Facultad de Ciencias Forestales (UNSE) y el Consejo Federal de Inversiones con el objeto de mejorar la calidad de la cartografía existente, en el área de los Embalses Figueroa y su área de influencia estimada en aproximadamente 20.000 has. cultivables.

El principal objetivo de este trabajo de investigación está orientado a la utilización de las imágenes SPOT 4 de bandas combinadas de 10x10 metros de pixel (Xi), a los efectos de lograr no solo un máximo realce espectral, sino una georeferenciación que pueda brindar una precisión aceptable para una cartografía a escala grande.

El estudio esta orientado desde tres puntos de vistas, y que son los siguientes:

- a) Procesamiento digital y trabajo de campo que permitan desarrollar un producto rectificado, de optima resolución acorde a la escala de producción cartográfica requerida.
- b) Producir una carta de imagen utilizable en trabajos de ingeniería, que le permita al usuario definir los diferentes elementos de la carta con absoluta precisión y su utilización en sus actividades.
- c) Producción de una carta topográfica (sin curvas de nivel), que contenga información de todos los accidentes topográficos (casas, escuelas, Capillas, cementerios) individualizados, la ubicación de los caminos, rutas transitables y sendas definidos por un vector diferenciado de acuerdo a su calidad, y las áreas boscosas, cultibables, abandonadas, definidas por un polígono creado al efecto. En todos los casos, se ha utilizado las normas de signos cartográficos del Instituto Geográfico Militar.
- d) Producción de una carta de imagen (sin curvas de nivel) a escala 1:5.000 sobre un total de 16.500 ha sobre las principales obras de arte de los Embalses Figueroa y Canal Principal Gini. Este trabajo involucra el uso de fotografías de formato medio color voladas con un avión Cessna 182 a una altura de 1800 m.

2.- ÁREA DE TRABAJO

La provincia de Santiago del Estero, con una superficie de aproximadamente 150.000 km², solo cuenta con una cartografía a escala 1:250.000, lo cual obliga al estado provincial a realizar trabajos previos de cartografía cada vez que necesita realizar alguna obra de ingeniería.

Tal es el caso de las obras de ingeniería de riego, realizadas hace mas de cuatro décadas, en los Embalses de Figueroa y su área de influencia estimada en unas 20.000 has cultivables, sobre un total de 500.000 has incluyendo todas sus áreas de influencia compuestas por bosques productivos y degradados, áreas salinizadas y campos abandonados, etc

El área de trabajo donde se realiza esta investigación, y que pertenece al contrato con el Consejo Federal de Inversiones, está ubicada entre los 26° 55' y 28° 00' de latitud Sur y 63° 45' y 63° 15' de longitud Oeste con una superficie de aproximadamente 5.000 km².

Dentro del proyecto también se incluye un trabajo en carta de imagen escala 1:5.000 con fotografías aéreas, en un área de 16.500 ha sobre las grandes obras de artes. (Embalse Figuero, Dique Chico o Nivelador y canal Gini.

3.- MATERIALES UTILIZADOS

La escala de trabajo requerida establecía una precisión acorde a la misma, no sólo desde el punto de vista del material original de trabajo (imágenes de satélite. fotografías aéreas), sino de los elementos a utilizar en la rectificación de las mismas (puntos de coordenadas), los software a utilizar en el procesamiento (realce, rectificación, signos cartográficos y definición de caracteres) y el procesamiento de impresión (densidad de puntos por cm², nivel de colores a utilizar, material de impresión, etc).

También es importante destacar la calidad de impresión ya que en la misma se debe trabajar con suficientes densidad de puntos por cm², para que los niveles de precisión logrados en el trabajo puedan ser apreciados en el trabajo final.

Estas especificaciones técnicas, así como los materiales utilizados se especifican a continuación.

3.1.- IMÁGENES DE SATÉLITE

La ejecución de trabajos de cartografía de escala grande, en forma extensiva, y a bajo costo, sólo es posible de lograr con Imágenes de Satélite que produzcan información de la corteza terrestre en forma extensiva y que al mismo tiempo genere su información en un tamaño de pixel, que permita lograr la precisión requerida para este tipo de cartografía. De las empresas que operan con satélites de este tipo (SPOT, MK4, IRS, IKONOS) sólo la primera es factible adquirir sin inconvenientes, ya que las otras tienen inconvenientes operativos para productos de América del Sur.

La Agencia SPOT IMAGINE con sede en Toulouse-Cedex (Francia), cuenta en la actualidad con un nuevo producto montado sobre el satélite SPOT4 y sensor HRV que produce una señal

multiespectral en cuatro bandas de 20x20 metros de pixel (b1, b2, b3, b4 con rangos de 0.31-0.73, 0.50-0.59, 0.61-0.68 y 1.58-1.78 micrones respectivamente.

Esta última banda producida en el rango de micro ondas, permite capturar información de muy buena calidad en el rango infrarojo.

Por otra parte, el sensor colecta información en versión pancromática con un rango de 0.31-0.73 micrones en un tamaño de pixel de 10x10 metros.

El producto especial denominado Xi, utilizado para este trabajo permite mezclar las cuatro bandas multiespectrales con la pancromáticas, logrando un producto multiespectral de cuatro bandas con un pixel de 10x10 metros que mejora notablemente la resolución del archivo final.

Las imágenes multiespectrales adquiridas para este trabajo fueron 2 (684-404/684-405) de 60x60kms con una superficie de 360.000 ha. cada una a un costo de \$ 0.039 por hectárea y la fecha definida para su levantamiento fue el 20JUL99.

En el trabajo encomendado para la producción de Cartas de Imagen a escala 1: 5.000 fue necesario recurrir a otro sistema de percepción remota, ya que SPOT solo es recomendable su uso hasta una escala 1:25.000.

En este caso se realizó un trabajo con fotografías aéreas color de formato medio, que fueron realizadas con una máquina Mamiya 645 PRO volando a 2.000 metros de altura con un avión Cessna 182. Los vuelos se realizaron bajo un sistema de navegación automatizado con control de vuelo con G.P.S. Magellan Pro Mark X (una lectura por segundo)

3.2.- UTILIZACIÓN DE G.P.S.

Una de las actividades que exige una mayor precisión en los trabajos de georeferenciación es la determinación de los puntos de control en el campo, y que se utilizarán posteriormente en el procesamiento digital de las imágenes. Para esta tarea se requiere tener en cuenta los siguientes requerimientos:

Definir en la imagen exactamente el punto que se utilizará como punto de control. El punto a utilizar deberá observarse perfectamente en el monitor (alcantarilla, puentes, cruce de sendas o caminos estrechos, cruce de alambradas, etc). Se deberá realizar una pequeña monografía respecto al punto para evitar errores.

La lectura del punto en el G.P.S. deberá ser un promedio de por lo menos 300 lecturas por punto a los efectos de amortiguar el efecto de la degradación de la señal producida por los propietarios de los satélites.

La señal emitida por los satélites producen un error pseudoaleatorio de aproximadamente 0 a 100 metros del punto de lectura y que en parte puede ser evitado por el sistema de lecturas promedio.

Si se recorre el área de trabajo, levantando puntos en toda el área en diferentes fechas le permitirá obtener en la misma, puntos de diferente calidad, debido a la degradación de la señal.

La posibilidad de eliminar los puntos, ubicados en peores condiciones por software, mejoraran la precisión de la información. Sólo un 25% de los puntos recogidos en campo se utilizarán para rectificar la imagen, obteniéndose un error mínimo de un pixel (unidad de lectura mínima).

3.3.- INFORMACIÓN CATASTRAL

Una de las capas a contener en la carta topográfica es la información catastral, o sea los límites de las propiedades existentes en la región.

Esta información, es sin lugar a dudas la información más difícil de obtener, en virtud de que, la información catastral no está actualizada y carece de mapas en escala adecuada de la actual tenencia de la tierra.

El área de trabajo cuenta con un plano escala 1:100.000 con recopilaciones de vieja data con las divisiones de las propiedades, la cual será necesario realizar una posterior investigación en los archivos de la Dirección General de Catastro para definir las últimas subdivisiones.

El ploteo de las divisiones de las propiedades en las imágenes, generalmente se pueden definir por medios de picadas, caminos, accidentes naturales etc. (generalmente usan los límites de propiedad) que se encuentran visibles. Aquellas que no existen se determinaran mediante la medición de los elementos problemas (caminos, picadas, deslindes) con las herramientas que provee el software en su sección Rectificación.

3.4.- ACCIDENTES TOPOGRÁFICOS

La información básica para incorporar en las cartas topográficas provienen de accidentes naturales del terreno (montañas, ríos, lagos, etc.) o de accidentes producidos por el hombre.

Los accidentes producidos por el hombre puede ser de tipo puntual (casas, iglesias, escuelas, etc.), vectorial (caminos, canales, etc.) y poligonales (superficies con agricultura, bosques, campos ganaderos, lagos artificiales, etc.).

La información del primer tipo se encuentra normalmente en las imágenes, que serán necesarios interpretar. La información del segundo tipo generalmente puede ser obtenida a través de las imágenes y con la ayuda de información complementaria provista por organismo especializados (Consejo Prov. de Educación. Municipalidades, Dirección de Vialidad, etc.)

3.5.- NORMAS DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

El Instituto Geográfico Militar, creado a principios de siglo, es el organismo destinado a la producción de la cartografía de la República Argentina. Los problemas económicos y de organización que sufrió el país, han impedido lograr ese cometido en tiempo y forma.

Sólo una parte del país cuenta actualmente con una cartografía actualizada y en escalas requeridas.

A pesar de ello, el Instituto Geográfico Militar, ha producido una serie de normas básicas que se deben seguir en la producción de cartografía en todo el país y que serán tenidas en cuenta en este estudio.

Para ello se ha trabajado bajo la Proyección conforme cilíndrico Gauss-Kruger, datum WGS84. El sistema de proyección Gauss-Kruger es particularmente fácil de aplicar, ya que habiéndose dividido el país en siete fajas con un ancho de tres grados cada una, la cuarta faja tiene como eje tangente al meridiano de 63° que coincide en este caso con el área de este trabajo y divide a la Pcia de Sgo. del Estero.

Este sistema podrá extenderse sin sufrir deformaciones hasta 200 km en dirección E-O, y sin límites en dirección N-S. Utilizando este sistema, podría cartografiarse toda la provincia sin sufrir deformaciones.

El I.G.M ha definido no solo la distribución de las cartas topográficas, teniendo en cuenta sus coordenadas principales, sino que la misma se ha realizado de tal manera que las hojas estén dimensionadas de manera tal, que su tamaño no resulte impropio para su uso.

Para definir la ubicación y numeración de las cartas se parte de la escala 1:500.000 que toma el ancho de una faja (tres grados de longitud) por dos grados (latitud). La numeración de esta carta esta definido con los valores centrales de latitud/longitud (Ejm.:2763).

La subdivisión correspondiente a cartas de escala más grandes, resulta de dividir las mismas (en 36 partes para 1:100.000), esta a su vez en cuatro para la escala 1:50.000 y esta última en cuatro para la escala 1:25.000 que es nuestra escala en estudio.

La numeración final para escala 1:25.000 resultará manteniendo los cuatro números de la escala original, a los cuales se anexará el número resultante de la primera división en escala 1:100.000, una segunda división producto de la reducción en 1:50.000 y finalmente la tercera división para 1:25.000.

En nuestro ejemplo: la carta **2763 – 27 – 1 a** proviene de:

2763	por la carta madre 1:500.000
27	por la subdivisión a 1:100.000
1	por la subdivisión a 1:50.000
a	por la subdivisión a 1:25.000

La información marginal y signos cartográficos provienen también de las citadas normas.

En la producción de Cartas de Imagen en escala 1:5.000, el Instituto Geográfico Militar no tiene reglamentado la operativa de trabajo, ya que la Ley de La Carta solo prevé escalas no mayores a 1:25.000.

En la numeración de las Cartas de Imagen 1:5.000, se ha utilizado la numeración original de IGM hasta la escala 1:25.000, a la cual se ha dividido en 36 partes para llegar a la escala 1:5.000

En este caso la subdivisión es la siguiente:

carta de imagen escala 1:5.000 la carta 2763 – 27 – 1 a-25

2763	por la carta madre 1:500.000
27	por la subdivisión a 1:100.000
1	por la subdivisión a 1: 50000
a	por la subdivisión a 1:25.000
25	por la subdivisión a 1:5.000

4.- METODOLOGÍA UTILIZADA

Cartografía a escala 1:25.000

La transformación de imágenes satelitales a cartas de escala grande (1:25.000) exige una serie de tareas que involucran no sólo el procesamiento de la imagen satelital en sí, sino la incorporación de información procedentes de otros archivos (producción de un S.I.G.), y una técnica de impresión que dependerá del nivel de producción del material impreso que se quiere lograr.

4.1.- REALCE DE IMÁGENES.

La primera tarea a realizar es la importación de los archivos provistos por la empresa SPOT IMAGE en un lenguaje que el Software pueda comprender. Para ello se utiliza el comando **Import-export de Erdas Imagine 8.2** para transformar el archivo en la extensión *.img del software.

La primera tarea a desarrollar, es definir la combinación de bandas a utilizar, tomando tres bandas por tarea con la saturación de colores en el sistema R(rojo)G(verde)B(azul) de la computadora. Es factible realizar operaciones entre bandas (suma, restas, producto, cocientes, exponencial y radicación).

El software Erdas cuenta en sus comandos de una variada posibilidad de mejorar las imágenes satelitales entre las que se citan aquellas que producen:

- Realces Espaciales
- Realces Radiométricos
- Realces Espectrales
- Análisis Fourier
- Análisis Topográficos

En este trabajo en particular se utilizó los Realces Radiométricos, utilizando para ello las técnicas de Equalización de Histogramas, que consiste en aplicar a un sistema no lineal un estiramiento del valor de los pixeles, de tal modo que se mantiene el mismo número de pixeles en el nuevo rango.

4.2.- RECTIFICACIÓN DE IMÁGENES

En los trabajos de rectificación de imágenes, se utilizaron un total de 273 puntos de control con G.P.S. distribuidos en toda el área de trabajo (ver tablas 1 y gráfico 2), los que se ingresaron a los archivos de las imágenes por medio de una tabla G.C.P.Editor (Editor de Puntos de Control de Campo), ubicando los puntos en la imagen mediante un invento que permite ver ampliada el área del punto que se debe plotear y el ingreso de los valores de coordenadas por Keyboard.

Una vez que los puntos de control han ingresado al archivo, será necesario el cálculo de los mismos por medio de una matriz de transformación. En el procesamiento matemático, se tiene en cuenta la distancia que separa a dos puntos en el terreno (establecidos por la distancia calculada por diferencia de coordenadas, y los que separa en la imagen (medidos en función del número de pixeles y su tamaño).

Este procesamiento es realizado para cada uno de los 273 puntos medidos entre si, de tal manera que finalmente se logra una valor de compensación entre todas las distancias, y se produce una nueva reubicación de los puntos compensados en la imagen.

El proceso de rectificación **no elimina los errores de la imagen** sino los compensa a un valor aceptable para una actividad determinada.

El procesamiento permite finalmente observar las desviaciones de cada punto, a tal punto que se pueden eliminar los ubicados en peores condiciones (producto de una determinación por G.P.S. poco feliz debido a la degradación de la señal original)

La información final determinará un **error cuadrático medio cercano al valor del un pixel (mínimo valor de lectura) con un 95% de probabilidad.**

En el trabajo final se utilizaron 40 puntos de control con un error cuadrático promedio de 9.732 metros.(tabla N° 3)

Será necesario realizar posteriormente un resamplero por algunos de los métodos disponibles (Convolución cúbica) para ajustar los pixeles a un nuevo tamaño definitivo. Se optó por llevar el tamaño de pixel final a 6x6 metros para mejorar la calidad de impresión.

4.3.- DEFINICIÓN DE LÍMITES DE LAS CARTAS

Las imágenes rectificadas serán unidas en mosaicos con el proceso Mosaic images y deberán ser contrastadas si ello fuera necesario.

Las imágenes formadas en mosaicos y georeferenciadas podrán ser preparadas para la producción de cartas de imagen/topográficas teniendo en cuenta la ubicación prevista para cada caso por el Instituto Geográfico Militar.

Las cartas en escala 1:25.000 tendrán una dimensión de 7'30" en longitud (12.150 m) y 5'00" en latitud (9.000m)

En el estudio de distribución de las cartas, se debe partir de las hojas madres en escala 1:500.000 y realizar las sucesivas divisiones de acuerdo a la normativa en vigencia.

4.4.- DEFINICIÓN DE CARÁTULAS Y DATOS MARGINALES

La definición de la carátula que llevarán las cartas de imagen y topográficas, deberán contener todos los datos marginales necesarios para el mayor esclarecimiento de la información suministrada.

Toda esta información a proveer, deberá ir, de lo general a lo particular, de tal manera que el usuario pueda extraer toda la información necesaria de la misma carta.

En la misma se debe plantear en primer lugar la fecha de producción y la fuente de información que se usó para la producción de la carta. Asimismo debe ubicarse la misma en forma sintética de que parte del país proviene, y las cartas que rodean a la misma.

Será necesario conocer el grado de desviación de la carta con respecto al norte geográfico y magnético, si fuera necesario por parte del usuario la utilización de algunos de estos parámetros.

Los signos cartográficos utilizados en las cartas topográficas, serán en lo posible similares a los establecidos por el Instituto Geográfico Militar, no solo en forma, sino en tamaño establecido para la escala 1:25.000.

Las carátulas de las cartas se producen con software gráficos, cuyos archivos serán incorporados posteriormente al software de impresión.

4.5.- PRODUCCIÓN DE CARTA DE IMAGEN

La evolución técnica que se ha producido, especialmente en los últimos años, ha sido acompañado por un mayor cultura del hombre normal, a tal punto que, no le es extraño para el hombre moderno la utilización de satélites artificiales para estudiar la corteza terrestre. Otro factor importante es el mayor interés por conocer otros lugares que nunca ha visitado.

Este interés se ha traducido en un mayor uso de mapas cartográficos y la observación de imágenes satelitales. Se ha despertado un autentico interés de aprender a interpretar la imágenes satelitales por personal técnico relacionados con la Ciencia de la Tierra.

Este fenómeno, y el menor costo para su producción, ha permitido que en la última década se comience a producir en forma permanente este tipo de cartografía, en donde el usuario tendrá que interpretar los elementos que está observando.

Las cartas de imagen tienen las mismas dimensiones que una carta topográfica de igual escala, con la sola variación de sus signos cartográficos, que han sido reemplazados por porciones de la misma imagen con su información correspondiente.

Desde el punto de vista de un técnico en la materia, podrá sacar mayor información de la carta de imagen, ya que la carta le permite su propia interpretación, que estarán orientadas a una determinada especialidad.

4.6.- PRODUCCIÓN DE CARTAS TOPOGRÁFICAS

La producción de cartas topográficas, provienen de la misma información que las cartas de imagen, con la única diferencia de que los elementos de la corteza terrestre que figura en las cartas de imagen se les conferirá un signo cartográfico de acuerdo a las normas del Instituto Geográfico Militar.

Las **Cartas de Imagen**, provienen de las imágenes satelitales georeferenciadas, vale decir que las mismas cuentan con un **formato raster**, es decir que cada punto de información esta formado por un pixel con valores de color, perfectamente diferenciado del otro.

En las **Cartas Topográficas**, los signos cartográficos no pueden ser incluidos de la misma forma, y se deberá transformar el sistema a uno **vectorial** donde los elementos a introducir puedan asimilarse a puntos, vectores y polígonos.

Para ello será necesario contar con un nuevo software denominado **arc-view/arc-info** que tienen esa función

A partir de la imagen en formato raster, se procede a su vectorización (digitalización sobre imagen) utilizando el software Arcview 3.1.

El trabajo consiste en las siguientes actividades:

a.- Se creó una vista en la cual se desplegó el archivo imagen.

b.- Las capas estarían formadas por :

1. Tema de polígono : que representan áreas cultivadas, áreas desmontadas o cercos, arrea de cultivos en descanso.
2. Tema de líneas : que representan a rutas nacionales y provinciales, caminos consolidados, huellas y sendas, canales, ríos, etc.
3. Tema de puntos que representan a caseríos, capilla, posta sanitaria, destacamento policial y escuela.

La simbología y los colores de cada uno de lo temas responden en general a la establecida por las normas de I.G.M.





















A su vez cada tema se grava en un archivo en el directorio de trabajo.

c.- Se procede al diseño de la composición de la Carta Topográfica utilizando el archivo que contiene la distintas capas ; el cuál está constituido por una plantilla personalizada conteniendo información de coordenadas, norte geográfico, escala y referencias.

En la producción de Cartas Topográficas, la información se organizó por capas, de tal manera que las mismas concentren un carácter único

La información reconocida e incorporadas en capas son las siguientes:

LEYENDA

	Población de 2000 a 5000 habitantes
	Población de 500 a 2000 habitantes
	Población menor de 500 habitantes
	Casero - estancia
	Puesto - casa aislada
	Limite departamental
	Limite catastral
	Camino pavimentado
	Camino consolidado
	Camino de tierra
	Huella - senda
	Vía ferrea
	Ruta Provincial
	Curso de agua permanente
	Curso de agua temporario
	Lago o laguna permanente
	Lago o laguna temporaria
	Bañado
	Salinas
	Canal
	Acequia
	Comisaria - Destacamento de policia
	Escuela - Cementerio - Capilla
	Posta sanitaria - Edificios
	Área de cultivada
	Cultivo en descanso
	Área desmontada abandonada - cercos
	Área afectada por incendios
	Área con montes productivos
	Área con montes degradados

5.- TÉCNICAS DE IMPRESIÓN

Estos productos cartográficos pueden ser provistos en formato papel o electrónico en CD ROM. En este último caso, el usuario deberá conocer y disponer de los software que permitan operar con este material.

Todos los software que se han operado en este trabajo, incluyen un comando que le permite imprimir en formato de mapa la cartografía correspondiente.

Para ello será necesario realizar una planificación del mapa a producir, acomodar las capas que componen los archivos (las cartas topográficas pueden contener hasta 252 capas de información – nuestro trabajo contiene 30 capas), teniendo en cuenta las escalas, leyendas, coordenadas, marco de mapa, títulos, flecha del norte, etc.

La impresión de las cartas pueden producirse de dos maneras:

- a.- Cantidad reducida de impresiones
- b.- Producción grande de impresiones.

En el primer caso se puede realizarse con los conocidos PLOTTER que puede imprimir hasta un ancho de 92 cm en formato A0, y que producirá una hoja por vez. Este equipo es particularmente apto para producciones pequeñas.

En el caso de producciones grandes, será necesario preparar un archivo especial para Off Set en donde se dividirá al mismo en tres capas de acuerdo a los colores primarios.

El archivo deberá adaptarse a las necesidades de la imprenta.

6.- METODOLOGÍA DE TRABAJO - CARTOGRAFÍA ESCALA 1: 5.000

El tercer trabajo encomendado fue la producción de una Carta de Imagen escala 1: 5.000, para ser utilizada en el rediseño de las Obras de Arte, el volcado de información complementaria como curvas de nivel, trazado de nuevos endicamientos, etc.

La misma se realizó utilizando las mismas técnicas que para la producción de las Cartas de Imagen 1:25.000, salvo que el material original utilizado fueron fotografías aéreas de formato medio (60x45mm), tomadas con una cámara especial marca Mamiya 645 PRO montada sobre un avión Cessna 182 a una velocidad de 170 km/hora y a una altura de 2.000 metros de altitud.

La planificación y ejecución del vuelo fue realizada por medio de una navegación controlada con un equipo G.P.S. XPRO Magellan de diez canales.

7.- PRODUCCIÓN DE UN FOTOMOSAICO

El proceso de mosaiqueado se realizó con el software Adobe Photoshop, agrupando fotografías que finalmente serían parte de cuatro cartas conjuntas a los efectos de reducir el tamaño de los archivos.

Los trabajos incluyeron técnicas de realce y filtrado para reducir los efectos de los valores tonales de cada una de las fotografías aéreas.

Una vez logrado el archivo final (cuatro cartas) de aproximadamente 800 MB de tamaño, se procedió a su conversión a la extensión *.img para operar con el software Erdas Imagine 8.2. para su rectificación.

Las cartas finales obtenidas tienen un tamaño final de 50" x 1'15" (1.500 x 2.250 metros aproximadamente)

8.- PROCESAMIENTO FINAL

Los trabajos de rectificación, producción de cartas, composición de mapas e impresión, son válidos los comentarios realizados en las Cartas 1:25.000.

9. – LISTADOS DE LAS CARTAS

Se produjeron en el trabajo un total de:

Cartas de Imagen escala 1:25000:	49 unidades (ver el índice de cartas de imagen, página 6 del anexo).
Cartas Topográficas escala 1:25.000:	49 unidades (ver índice de cartas topográficas, página 7 del anexo)
Cartas de Imagen escala 1:5.000	65 unidades (ver índice de cartas de imagen, página 8 del anexo)

En las páginas 9 y 10 del anexo se puede observar el modelo de cartas utilizadas con todos los parámetros inscriptos en ellas.

10.- CÁLCULOS DE COSTOS

El levantamiento de puntos de la corteza terrestre y expresarlos gráficamente en una carta de escala grande, no fue tarea fácil hasta finales de la década del ochenta, ya que se carecía de tres elementos importantes para su producción:

- Imágenes Satelitales que realicen levantamiento de la corteza terrestre con un tamaño de pixel no mayor de 10 metros.
- Utilización de un equipo de trabajo (G.P.S.) que pueda extraer de un punto, coordenadas con suficiente precisión, de acuerdo al trabajo que se está realizando.

- c. Disponer de software y Hardware aptos para realizar los procesamientos matemáticos necesarios para su producción.

A finales del siglo veinte, gracias a estos equipos se pueden realizar este tipo de cartografía a bajo costo, que permitirá a las provincias argentinas más rezagadas de contar con esta información tan valiosa.

En este trabajo de investigación, se ha analizado los costos del tipo de cartografía producida, la cual resultó de un costo de \$ 0.0948 por hectárea cartografiada para la escala 1:25.000.

La distribución de estos costos son los siguientes:

▪ Compra de Imágenes.....	29.5 %
▪ Trabajo de Campaña.....	15.6 %
▪ Amortizaciones.....	12.0 %
▪ Honorarios.....	18.2 %
▪ Gastos de Impresión y otros.....	12.7 %
▪ Gastos de Administración.....	12.0 %

11.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La mayoría de las Provincias Argentinas carecen de una cartografía a escala grande (1:25.000) debido a los problemas que atraviesa el órgano encargado de su producción.

Los resultados observados permite determinar que es factible realizar una cartografía en sus dos variantes (Carta de Imagen y Cartas Topográficas) a un costo accesible para el estado provincial.

El nivel de precisión es aceptable para el tipo de escala producida y el nivel de resolución es suficiente para un uso técnico adecuado de las cartas de imagen.

Las imágenes satelitales podrían ser aprovechadas también para la realización de un mapa de uso de la tierra y forestal que tanto necesita la provincia, si pretende tener una desarrollo sostenido de sus recursos naturales.

Ing. Agr. VICTORIO MARIOT
BUENOS AIRES
Facultad de Ciencias Forestales
U N S F

12.– BIBLIOGRAFÍA

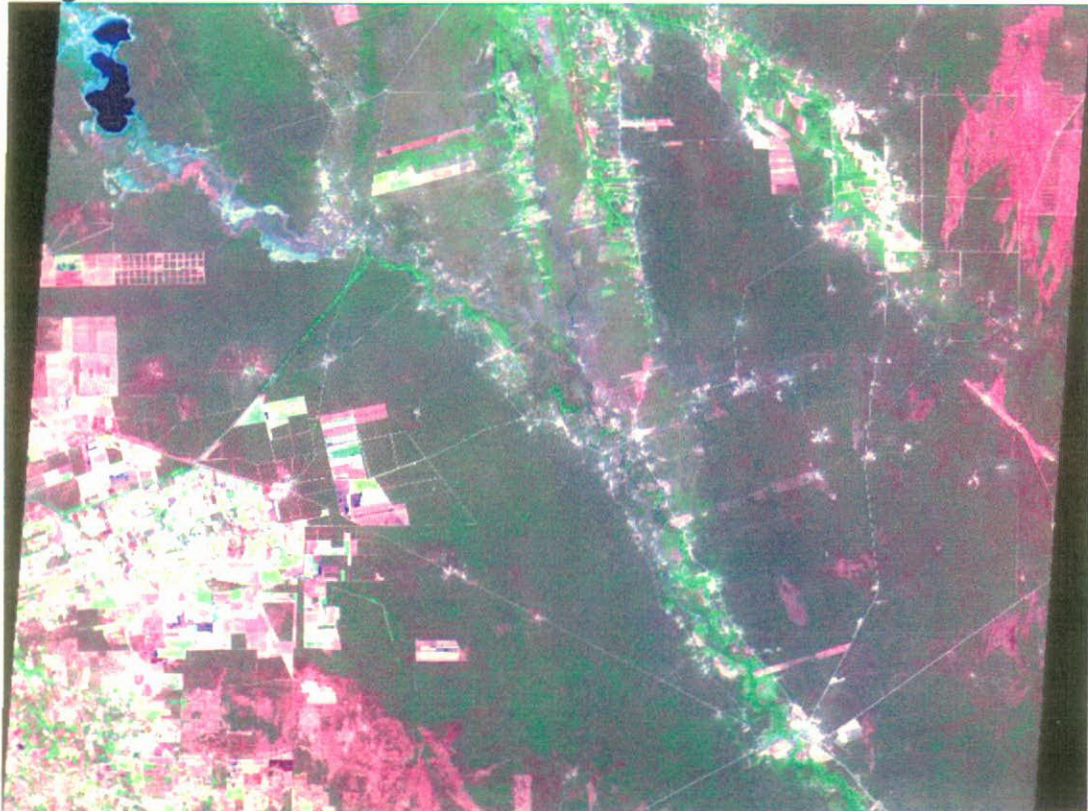
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. - RC-65-69 LECTURA DE CARTOGRAFÍA, SET. 92
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR – RC-65-102 SIGNOS CARTOGRAFICOS, FEB 62.-
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR – RC-29-50 TOPOGRAFÍA PARA LA ARTILLERÍA MAR 69.-
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR- RT-32-7 RADIOLOCALIZACIÓN.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR - RC-31-50 ESTUDIO DEL TERRENO
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR - RC-16-29 INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES, FOTOINTERPRETACIÓN AÑO 1992.
- SPOT IMAGE S.A. MANUALES DE SERVICIOS Y VENTAS, AÑO 1999.
- ERDAS INCORPORATED MANUALES ERDAS IMAGINE 8.2., AÑO 1995.
- ESRI INCORPORATED MANUALES ARCVIEW 3.1.-AÑO 1998.
- ESRI INCORPORATED MANUALES ARCVIEW 7.3.- AÑO 1999.

ANEXO

Imagen SPOT 684 404/4 sin referenciar



Imagen SPOT 684 405/4 sin referenciar

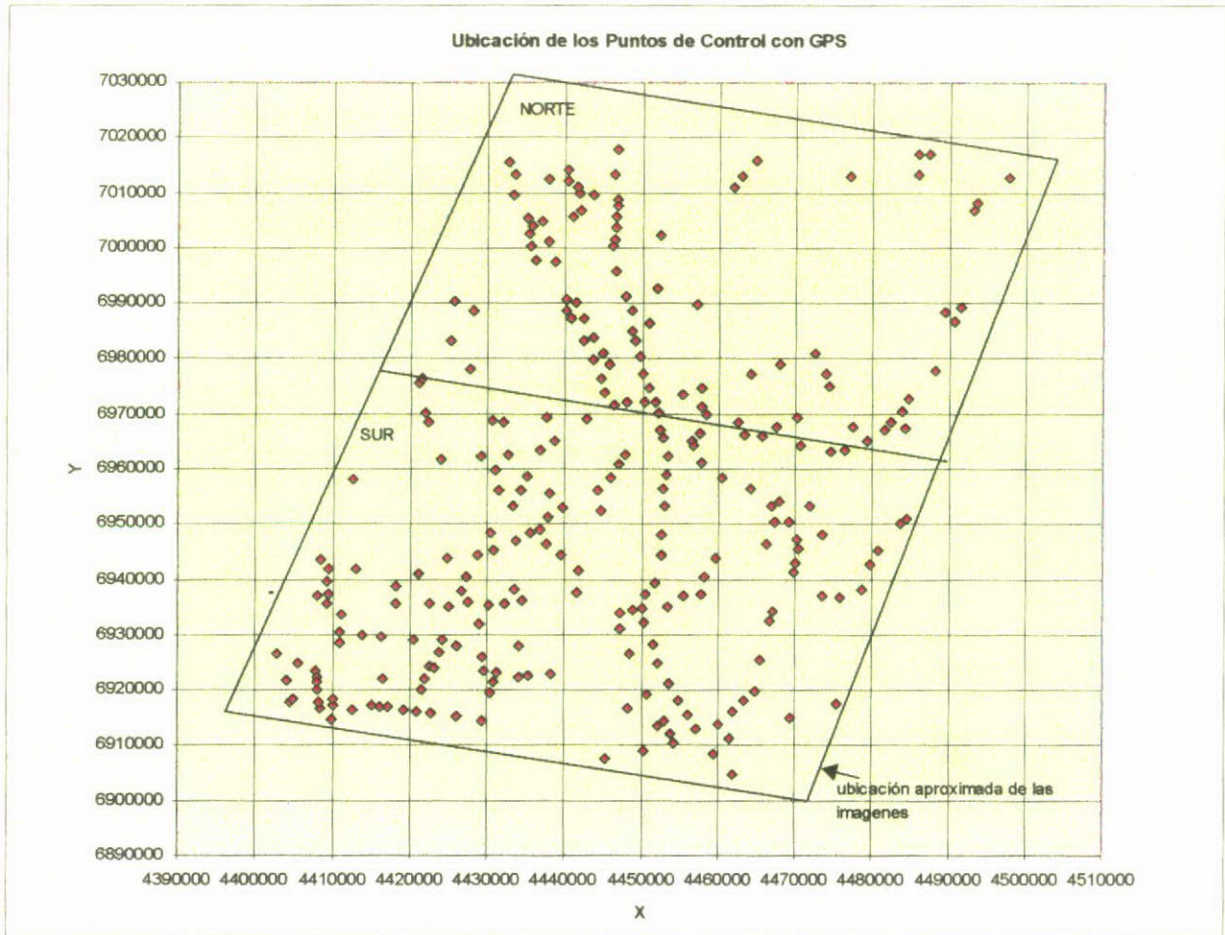


Puntos de control utilizados (GPS)

Punto	X	Y	Punto	X	Y	Punto	X	Y
1	4404467	6917902	51	4409206	6935686	101	4456186	6915589
2	4404171	6921620	52	4407971	6936963	102	4457215	6913029
3	4402939	6926419	53	4409396	6937237	103	4459409	6908496
4	4405565	6924866	54	4409368	6939554	104	4461840	6904706
5	4407851	6923469	55	4409554	6941787	105	4461494	6911186
6	4407943	6922328	56	4408389	6943512	106	4469374	6914819
7	4408003	6921329	57	4413071	6941818	107	4475332	6917538
8	4408113	6920058	58	4418188	6938882	108	4460034	6913943
9	4404897	6918473	59	4421173	6941060	109	4461816	6916195
10	4409877	6914643	60	4424743	6943932	110	4463450	6918162
11	4408388	6916640	61	4428722	6944452	111	4464826	6919895
12	4408328	6917770	62	4430784	6945204	112	4465384	6925341
13	4410144	6917148	63	4433817	6947087	113	4466695	6932495
14	4410206	6918209	64	4435683	6948249	114	4473590	6937144
15	4412571	6916391	65	4436852	6948962	115	4475748	6936681
16	4417219	6916849	66	4437703	6946306	116	4478770	6938080
17	4416203	6917056	67	4439611	6944441	117	4479731	6942650
18	4415111	6917233	68	4441810	6941705	118	4480709	6945324
19	4419155	6916475	69	4441635	6937525	119	4483606	6949998
20	4420784	6916088	70	4434505	6936095	120	4484425	6950947
21	4422707	6915727	71	4433604	6938063	121	4467020	6934294
22	4426010	6915090	72	4432345	6935726	122	4469700	6941244
23	4429363	6914462	73	4430220	6935392	123	4469944	6943118
24	4421575	6920152	74	4427610	6935945	124	4470321	6945635
25	4421992	6921957	75	4426697	6937888	125	4466185	6946504
26	4422470	6924229	76	4427337	6940576	126	4459697	6943972
27	4423230	6924102	77	4430437	6948391	127	4458182	6940487
28	4423777	6926776	78	4433244	6953100	128	4457817	6937301
29	4416571	6922095	79	4434275	6955913	129	4455452	6937057
30	4410955	6928404	80	4435256	6958684	130	4453492	6935094
31	4410870	6930457	81	4436909	6963454	131	4450571	6937188
32	4413802	6930056	82	4432707	6962631	132	4451851	6939399
33	4416349	6929626	83	4445403	6907576	133	4452569	6944304
34	4420435	6929242	84	4450380	6909076	134	4452557	6948010
35	4424213	6929248	85	4454223	6910379	135	4452905	6953299
36	4426113	6928066	86	4453738	6912115	136	4452725	6956428
37	4429354	6926078	87	4448228	6916593	137	4453234	6958935
38	4429583	6923372	88	4452112	6913473	138	4453437	6962204
39	4431274	6923043	89	4453014	6914308	139	4457701	6961099
40	4430466	6919439	90	4450810	6919132	140	4460566	6958393
41	4430929	6921520	91	4448524	6926471	141	4464227	6956196
42	4434077	6922394	92	4447295	6931226	142	4466933	6953203
43	4435343	6922525	93	4447102	6934030	143	4467407	6950353
44	4438212	6922792	94	4448766	6934355	144	4469070	6950292
45	4434115	6927908	95	4450076	6934668	145	4470222	6947107
46	4429011	6932078	96	4450358	6932141	146	4473556	6948196
47	4424946	6935105	97	4451489	6928156	147	4471816	6953156
48	4422481	6935631	98	4452242	6924890	148	4467995	6954106
49	4418272	6935509	99	4453686	6921218	149	4476501	6963351
50	4411150	6933636	100	4454811	6917970	150	4474514	6963083

Punto	X	Y	Punto	X	Y	Punto	X	Y
151	4470522	6964319	201	4484752	6972839	251	4445726	6979062
152	4465564	6966078	202	4488190	6977979	252	4444975	6980899
153	4463275	6966344	203	4490718	6986575	253	4441449	6990053
154	4462512	6968538	204	4489387	6988315	254	4438801	6997370
155	4458347	6969911	205	4491549	6989285	255	4437787	7001197
156	4457726	6971339	206	4493211	7006694	256	4435485	7002606
157	4455342	6973564	207	4493642	7008157	257	4440931	7005702
158	4449072	6983205	208	4497730	7012664	258	4441954	7006890
159	4449646	6980406	209	4487419	7017090	259	4441589	7011096
160	4450194	6977381	210	4486056	7017070	260	4440435	7012209
161	4450904	6974696	211	4486047	7013253	261	4437919	7012386
162	4451725	6972145	212	4476955	7013011	262	4440368	7014158
163	4452127	6970228	213	4461887	7011122	263	4446706	7017837
164	4452299	6967062	214	4462991	7012877	264	4446448	7013359
165	4457619	6966649	215	4464909	7015816	265	4446741	7007470
166	4452784	6965739	216	4452392	7002095	266	4446158	7000336
167	4456564	6965045	217	4446474	7001269	267	4446657	6995805
168	4456708	6964132	218	4422291	6968489	268	4448755	6984858
169	4450244	6972167	219	4421833	6970330	269	4451029	6986337
170	4448040	6972185	220	4421037	6975625	270	4457105	6989716
171	4447837	6962534	221	4421467	6976334	271	4452024	6992508
172	4446979	6960957	222	4427627	6978090	272	4447836	6991228
173	4446039	6958338	223	4425139	6983174	273	4448699	6988658
174	4444346	6955893	224	4428195	6988734			
175	4444681	6952391	225	4425711	6990197			
176	4439812	6952904	226	4430556	6968790			
177	4437789	6951097	227	4432172	6968632			
178	4438001	6955484	228	4437763	6969228			
179	4431458	6956059	229	4445233	6973838			
180	4431135	6959614	230	4444658	6976406			
181	4412553	6958122	231	4443683	6979857			
182	4423940	6961777	232	4442413	6983121			
183	4429135	6962289	233	4443713	6983908			
184	4438628	6965090	234	4442537	6987138			
185	4442926	6969163	235	4440716	6987069			
186	4446280	6971619	236	4440073	6988587			
187	4457695	6974599	237	4440166	6990657			
188	4464170	6977424	238	4436202	6997583			
189	4467927	6979058	239	4435608	7000129			
190	4472483	6981044	240	4435816	7004016			
191	4474007	6977205	241	4435239	7005236			
192	4474398	6974908	242	4433256	7009712			
193	4470240	6969336	243	4433456	7013350			
194	4467606	6967676	244	4432742	7015676			
195	4477434	6967777	245	4437031	7004646			
196	4479346	6965214	246	4441738	7009841			
197	4481535	6967210	247	4443688	7009458			
198	4482450	6968588	248	4446824	7008881			
199	4484357	6967321	249	4446676	7005530			
200	4483868	6970424	250	4446545	7003635			

Distribución de los puntos de control



Puntos de control seleccionados, calculo de error y matriz de transformación

273 puntos de control
233 eliminados
40 utilizados

Mosaico_spot

Point #	Point ID	X_Source	Y_Source	X_Dest	Y_Dest	X_Residual	Y_Residual	RMS_Error	Contribution
1	254	1921.544	3026.323	4438901.000	6997370.000	-1.024	-0.061	1.218	1.252
2	250	2555.725	3791.687	4448545.000	7003636.000	-0.749	-0.611	1.109	1.134
3	290	6959.644	1271.696	4483668.000	6970424.000	-0.303	-0.302	0.428	0.440
4	298	6706.061	1053.208	4462450.000	6966538.000	-0.275	0.666	0.712	0.731
5	152	5151.209	467.355	4465564.000	6966378.000	0.340	-0.243	0.421	0.433
6	189	5135.367	1804.601	4467927.000	6979098.000	0.610	-0.729	0.943	0.976
7	192	5850.767	1524.974	4474398.000	6974908.000	1.211	-0.291	1.245	1.279
8	225	781.033	2065.774	4425711.000	6990197.000	-0.622	1.080	1.246	1.281
9	237	2186.073	2394.719	4440166.000	6990667.000	1.076	0.564	1.210	1.243
10	158	3205.799	1840.192	4449072.000	6983205.000	1.240	0.189	1.256	1.289
11	161	3554.607	1043.365	4450904.000	6974686.000	0.367	-0.039	0.368	0.378
12	176	2899.975	1307.504	4439812.000	6952904.000	0.070	0.114	0.133	0.137
13	61	1901.201	-2352.244	4428722.000	6944452.000	-0.042	0.051	0.066	0.068
14	59	1308.065	-2831.508	4421173.000	6941060.000	0.848	-0.732	1.121	1.152
15	119	7245.775	-732.452	4483606.000	6983998.000	0.372	-0.636	0.915	0.940
16	115	6741.633	-2191.895	4475748.000	6980981.000	-0.489	0.922	1.094	1.063
17	114	6520.542	-2198.042	4473590.000	6987144.000	-0.018	0.066	0.088	0.090
18	119	5937.490	-2778.375	4466595.000	6932495.000	-0.153	0.142	0.209	0.214
19	121	5933.940	-2594.878	4467020.000	6934294.000	-0.403	-0.875	0.963	0.990
20	134	6032.519	-1422.193	4470321.000	6945636.000	-0.224	1.260	1.369	1.406
21	135	5611.159	1417.270	4486186.000	6946504.000	-1.187	0.410	1.256	1.291
22	34	4145.037	-2948.856	4448756.000	6934355.000	-0.561	1.207	1.376	1.414
23	91	4226.373	-3724.959	4448524.000	6904547.000	0.416	0.794	0.887	0.911
24	110	5801.933	-4244.476	4463450.000	6918162.000	1.467	-0.463	1.538	1.591
25	111	6004.186	-4047.578	4454628.000	6919895.000	-0.425	-0.738	0.951	0.875
26	42	2541.996	-4406.689	4434037.000	6922394.000	0.462	0.175	0.494	0.508
27	41	3051.901	-4552.466	4430929.000	6921520.000	-0.078	-1.303	1.305	1.341
28	22	2297.761	-5279.407	4426010.000	6915090.000	-0.823	-0.263	0.964	0.688
29	19	1697.495	-5278.245	4419165.000	6916475.000	0.581	-0.236	0.627	0.644
30	74	2040.611	-3206.940	4427610.000	6936245.000	0.082	0.176	0.196	0.201
31	75	1914.006	-3034.853	4426697.000	6937960.000	-1.215	0.397	1.278	1.313
32	73	2108.428	-3209.959	4430220.000	6935362.000	-1.139	0.231	1.162	1.194
33	72	2509.465	-3136.643	4432345.000	6935226.000	-0.645	0.272	0.704	0.723
34	32	604.349	-4052.913	4413802.000	6930056.000	0.482	-1.040	1.147	1.178
35	17	1297.139	-5275.724	4416203.000	6917056.000	0.294	0.244	0.362	0.392
36	12	512.293	-5363.036	4408328.000	6917770.000	-0.349	-0.936	0.999	1.028
37	1	129.669	-5427.100	4404467.000	6917902.000	1.582	0.354	1.621	1.665
38	9	181.559	-5363.370	4404897.000	6918473.000	0.403	0.960	1.032	1.060
39	8	445.826	-5143.954	4408113.000	6920358.000	-0.247	-0.247	0.349	0.359
40	5	304.829	-4925.721	4407943.000	6922328.000	-0.651	0.392	0.937	0.962
41	GCP #273								

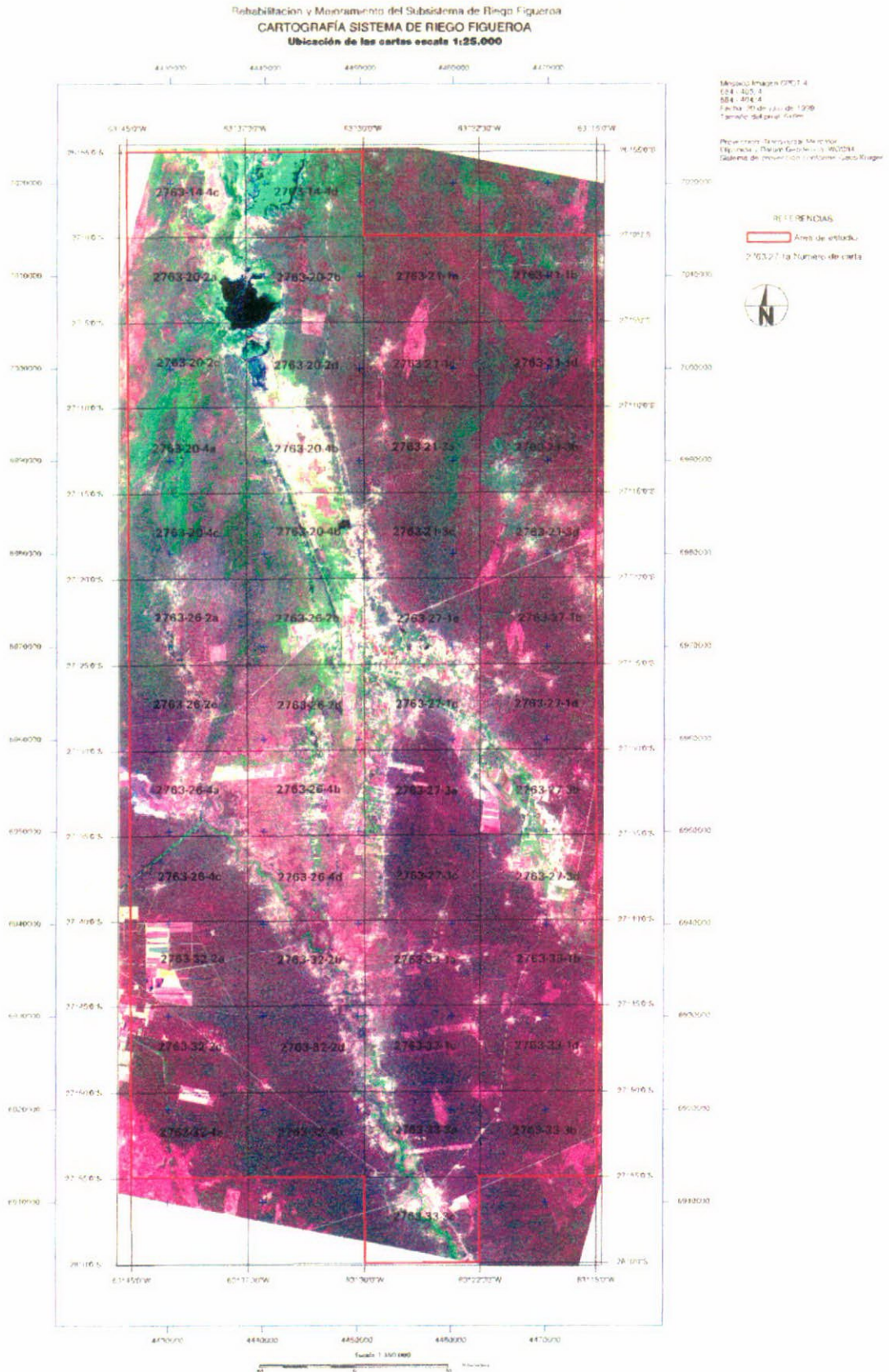
ERROR
x RMS 0.723578
y RMS 0.650854
RMS Total 0.973230 pixel = 9.732 m

Matriz de Transformación

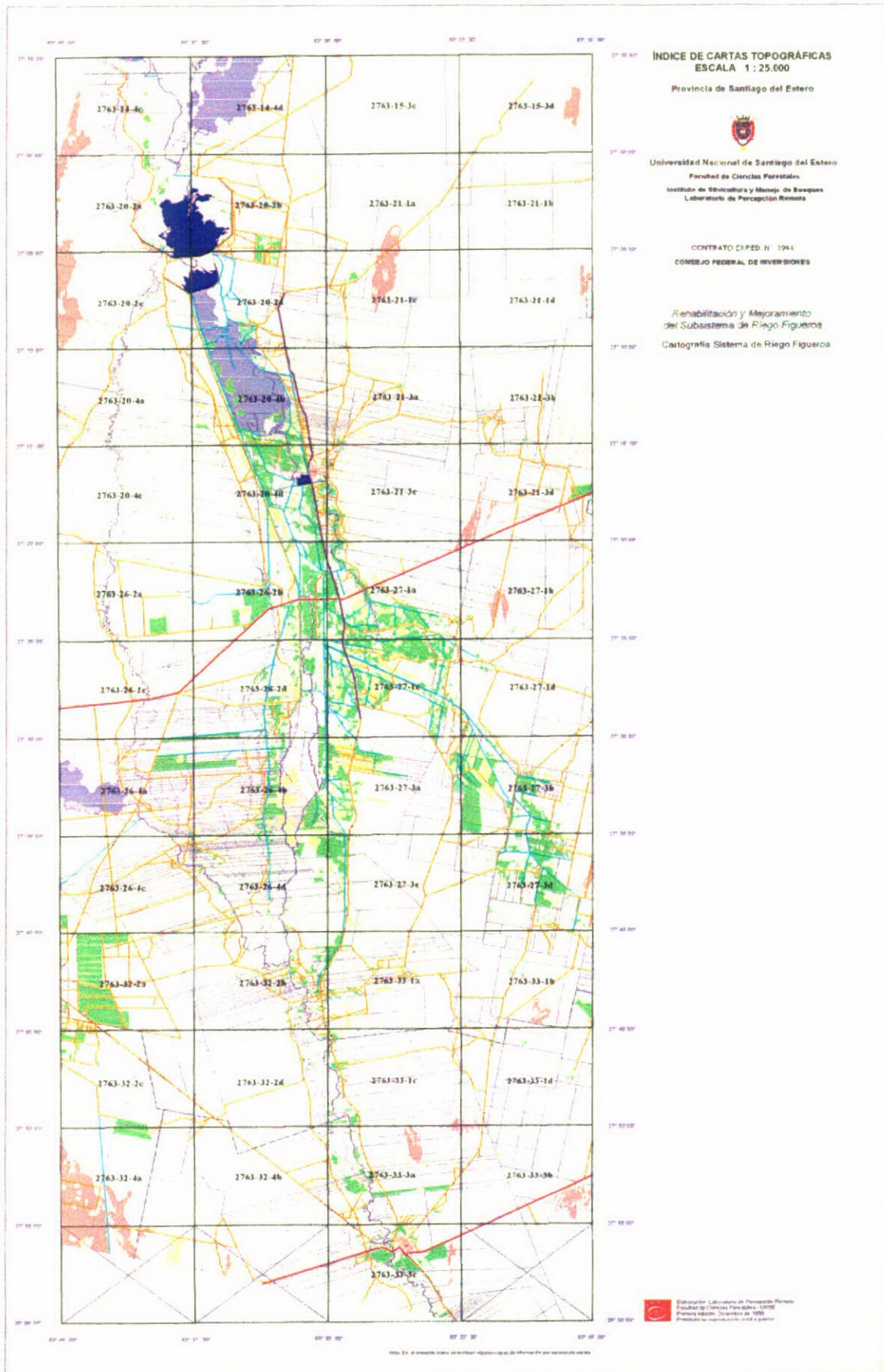
	x'	y'
Const.	-294294.207044	-768984.206326
x	0.097949	0.019605
y	-0.119802	0.097892

Metodo: Convolución cúbica
Resamplio a pixel de 6 metros

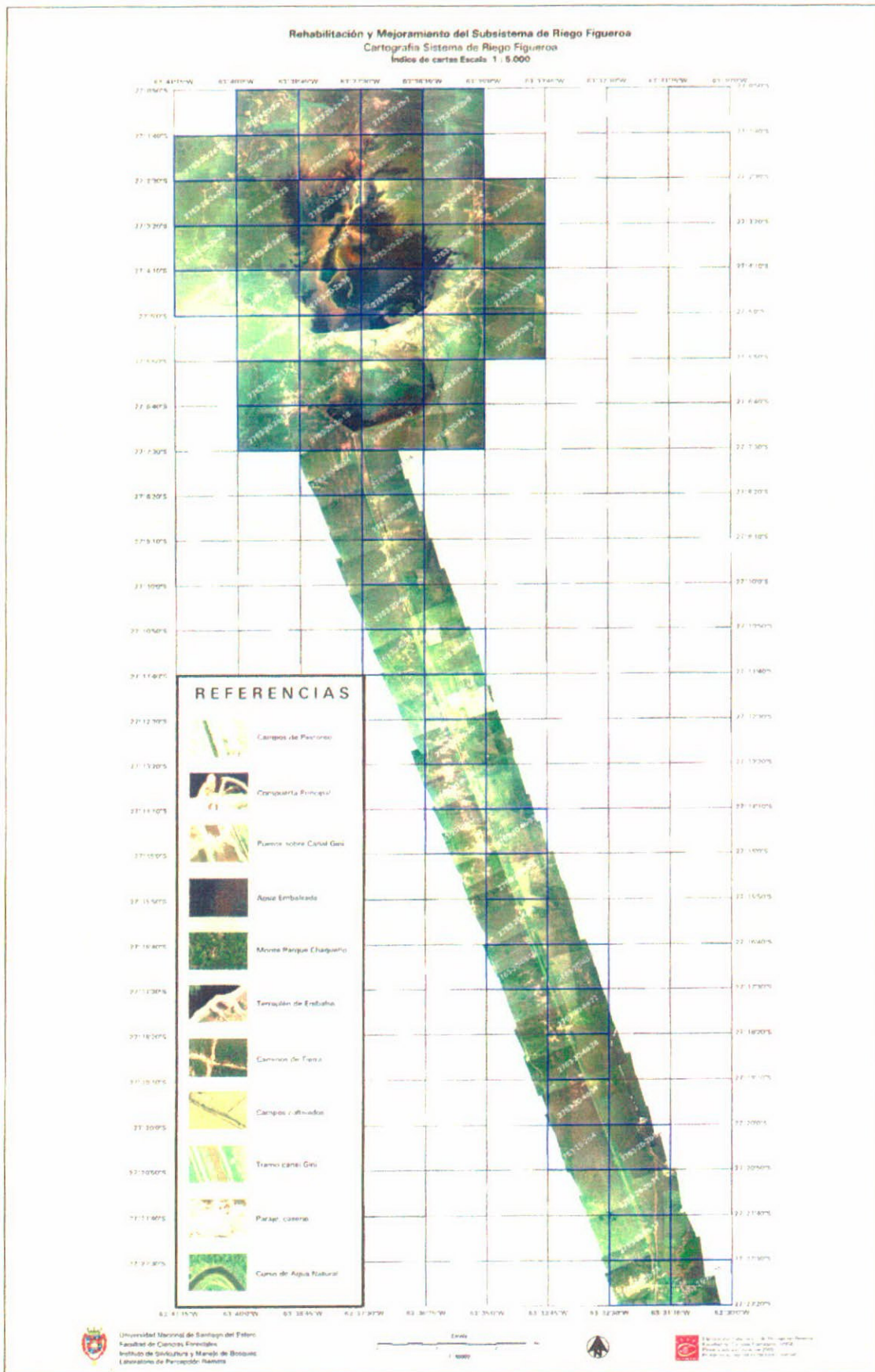
INDICE DE CARTA DE IMAGEN SATELITARIA ESCALA 1:25.000



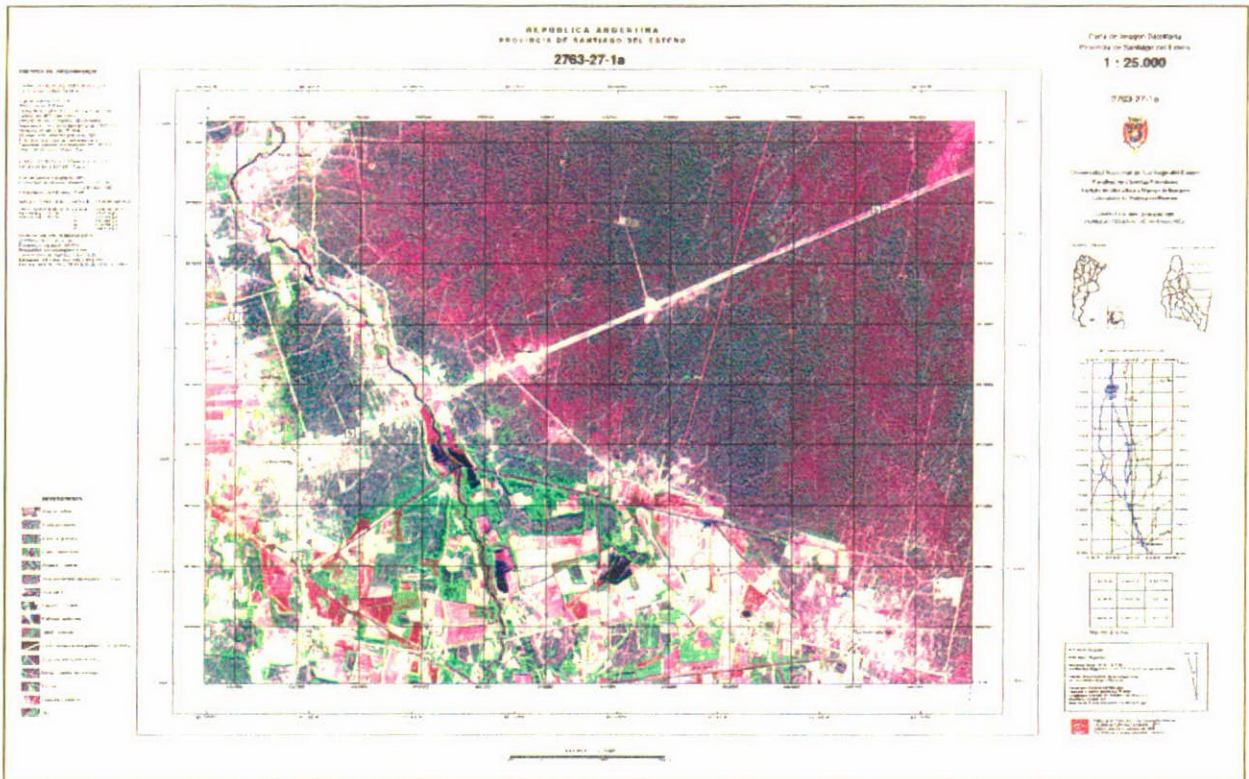
INDICE DE CARTA TOPOGRÁFICA ESCALA 1:25.000



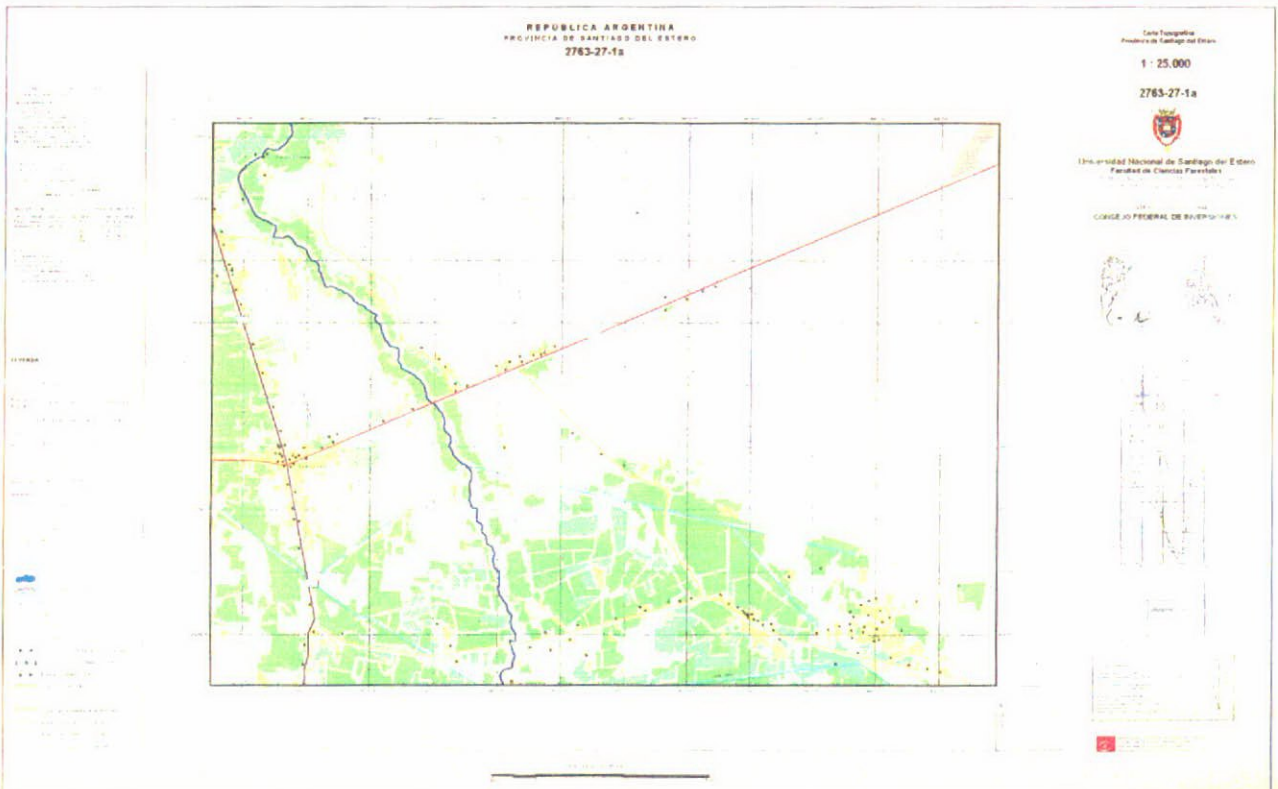
INDICE DE CARTA DE IMAGEN FOTOGRÁFICA ESCALA 1 : 5.000



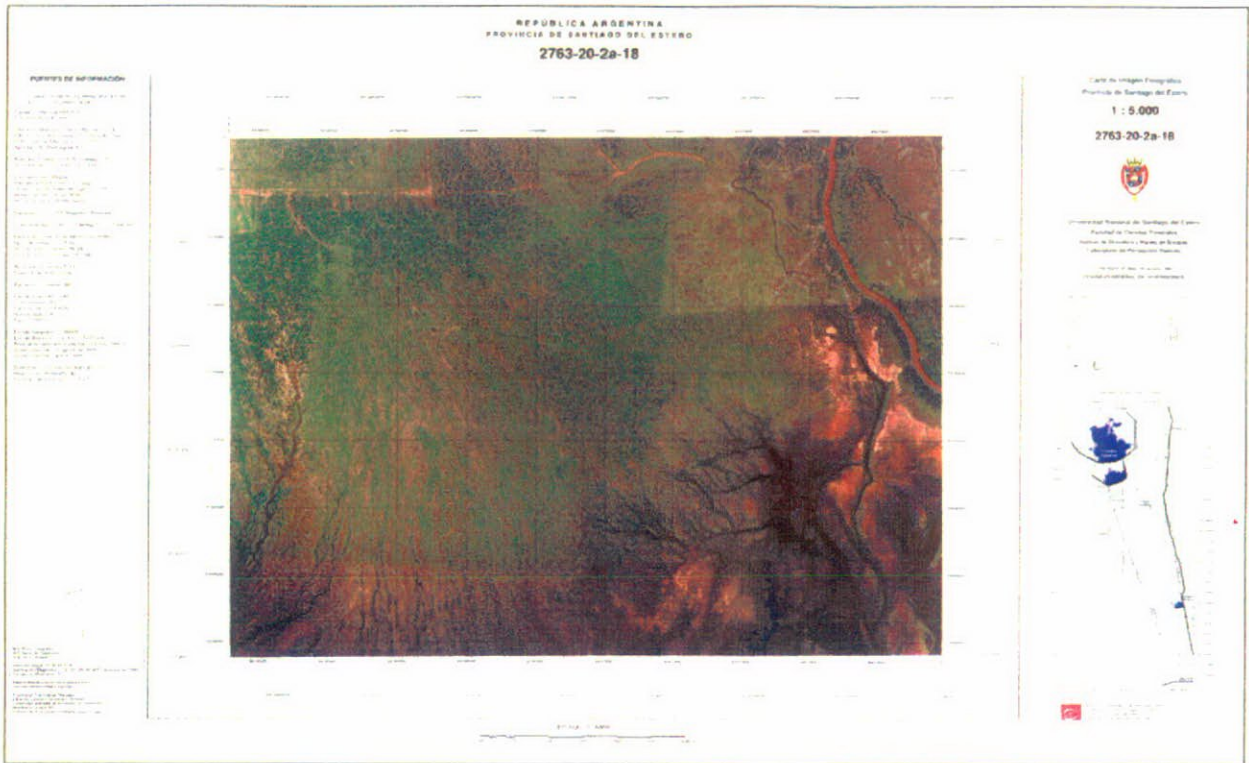
Composición de Mapa de la Carta Imagen escala 1:25.000



Composición de Mapa de la Carta Topográfica escala 1:25.000



Composición de Mapa de la Carta de Imagen Fotográfica escala 1:5.000



Información Marginal Cartas 1:5.000

Cámara: Mamiya 645 Pro
Formato: 60x45 mm
Objetivo: Mamiya - Sekor, 80 mm, 1:2.8 N
Filtros: UV (Ultra violeta), Y1 (Amarillo claro)
Velocidad de obturación: 1/125 s
Apertura de diafragma: f/11
Película: Kodak Pro 100, Formato 120
Sensibilidad: 100 ASA / 21° DIN
Intervalómetro digital
Intervalo de tiempo entre tomas: 13,2 seg.
Distancia entre líneas de vuelo: 1300 m
Distancia entre fotos: 650 m
Navegación: 2 GPS Magellan Pro Mark X
Velocidad del avión: 110 millas/h
Fecha y hora de toma: 4 Febrero de 2000, 11hs
Revelado: Proceso C-41
Papel: Foto brillo AGFA
Aeronave: Cessna 182
Condiciones atmosféricas
Temperatura: 23 °C
Vientos: NO 10 Km/h
Nubosidad: 3%
Techo: 1800 m
Escala del negativo: 1:36.000
Escala del positivo: 1:10.800 (15x20 cm)
Área abarcada por cada foto: 1620 x 2160 m
Superposición longitudinal: 60%
Superposición lateral: 40%
Digitalización: Scanner AGFA Arcus II
Resolución: 600x600 dpi
Tamaño de pixel: 0.47 m