

## NOTA TECNICA

PLANIALTIMETRÍA DEL ARROYO NAPOSTA, ENTRE EL CAMINO DE  
CIRCUNVALACION BAHÍA BLANCA Y EL DERIVADOR DEL  
PARQUE DE MAYO

*Osvaldo Manuel Fernández<sup>1</sup>, Nélica Beatriz Aldalur<sup>1</sup>, Nora Liliana Plana<sup>2</sup>, María Irene Pintos<sup>2</sup>, Karina Neuman<sup>2</sup>, Claudia Bel<sup>3</sup> y Esteban Laffitte<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Profesor del Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur. osvaldof@uns.edu.ar

<sup>2</sup> Auxiliar de Docencia del Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur.

<sup>3</sup> Alumno del Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur

## RESUMEN

La idea de la investigación surgió en conjunto con el Departamento Catastro de la Municipalidad de Bahía Blanca, ante la escasa información planialtimétrica de la zona. El lugar se ha desarrollado notablemente, en los últimos años, a partir de la construcción de la avenida Sarmiento y el camino de Circunvalación Bahía Blanca, pasando a ser uno de los vectores de crecimiento de la ciudad. Se utilizaron técnicas de fotogrametría-digital con ayuda de métodos geodésicos. Se confeccionó un ortofotomapa, que reflejara la planimetría a escala y un DEM (Modelo Digital de Elevaciones), que hiciera lo propio, con la altimetría del arroyo Napostá.

**Palabras claves:** Inundación, Napostá, Ortofotocarta, GPS y EPBB.

## ABSTRACT

The idea of the investigation was provided by the Cadastre Department of the Municipality of Bahía Blanca, due to the lack of planimetric information of the zone. The place has been developed in the last years since Sarmiento avenue and Circumvallation Bahía Blanca way (road) have been built, passing to be one of the growth vectors of the city. Using photogrametric-digital techniques and geodesic methods it was confeccioned an orthophotomap that shows the planimetry in scale and a DEM (Digital Elevation Model) that gives the altimetry of the Napostá creek.

**Keywords:** Flooding, Napostá, orthophotochart, GPS y EPBB.

## INTRODUCCION

La zona de trabajo, acordada con el Departamento Catastro, dependiente de la Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de Bahía Blanca, surge ante la escasa información planialtimétrica del lugar. Los límites de la planimetría a desarrollar son, partiendo del canal derivador del Parque de Mayo, en sentido horario, siguiendo por el camino "La Carrindanga", ca-

mino de Circunvalación de Bahía Blanca y avenida Sarmiento, excluyendo el Barrio Parque Palihue (Fig. 1).

La zona ha sufrido un gran desarrollo en los últimos años, producto de las construcciones de la avenida Sarmiento y el camino de Circunvalación Bahía Blanca, erigiéndose en uno de los vectores de crecimiento de la ciudad. Allí se levantará el Campus de la Universidad Nacional del Sur. Sobre la avenida Sarmiento, la parte más elevada, se encuentran

la mayoría de las construcciones existentes, no así sobre el camino “La Carrindanga”, zona deprimida e inundable, debido a la presencia del arroyo “Napostá”.

El planteo de trabajo fue obtener la plani-altimetría del lugar, mediante una solución no fotogramétrica-digital, con el auxilio de la geodesia, buscando la complementación entre distintas disciplinas.

La solución fue la confección de un ortofotomapa, producto que le sigue al mapa, en cuanto a precisión, que reflejara la planimetría a escala del lugar, y un DEM (Modelo Digital de Elevaciones).

## METODOLOGIA DE TRABAJO

Sobre un plano de la ciudad, a escala 1:20.000, que abarca el proyecto, se plotearon los fotogramas necesarios para obtener los DEMs que cubrieran la zona de trabajo. Estos fotogramas (17), del 10 de mayo de 2000, a escala 1:5.000, corresponden a 5 líneas de vuelo: 4, 5, 6, 7, y 8. (Fig. 1) Los fotogramas fueron cedidos por la Municipalidad de Bahía Blanca.

Los fotogramas se escanearon a 1.000 dpi (puntos por pulgada), con un pixel (elemento pictórico) de 0,0254 mm y una resolución en el terreno de 0,127 m. Luego se disminuyó su resolución a 300 dpi, con un pixel de 0,0846666 m y una resolución en el terreno de 0,423333 m debido a limitaciones de memoria del software utilizado (DMS 4.1). Se describe el procedimiento para las líneas de vuelo 4 y 5, que son las terminadas en la actualidad.

En una primera etapa se procedió a realizar el reconocimiento general del terreno, comparándolo con las fotos y tratando de determinar los posibles lugares en los que se ubicarían los GCPs (Puntos de Apoyo de Campo). Estos puntos deben estar ubicados en la zona de triple superposición longitudinal, que es el 20% del lado del fotograma (Fig. 1), y

transversal, que es el 30% del lado del fotograma.

Para la línea de vuelo 4, están en el fotograma 56; para la 5, en el 93. En síntesis, los puntos de apoyo de campo estarán ubicados en las zonas amarillas, izquierda, central, y derecha, de los fotogramas mencionados y distribuidos dentro de las mismas, en las partes superior, central e inferior.

## Archivos GCPs

En campaña se trabajó con equipos GPS (Sistema de Posicionamiento Global) geodésicos Trimble 4800, los que permitieron obtener una máxima precisión dado que trabajan con doble frecuencia y sus archivos fueron procesados en forma diferencial con los archivos provistos, para la misma época e igual constelación por la EPBB (Estación Permanente Bahía Blanca), dicho procesamiento se realizó con el programa Trimble Geomatic. Las coordenadas geodésicas fueron luego transformadas a coordenadas planas Gauss-Krüger, a los efectos de utilizarlas para orientar los fotogramas.

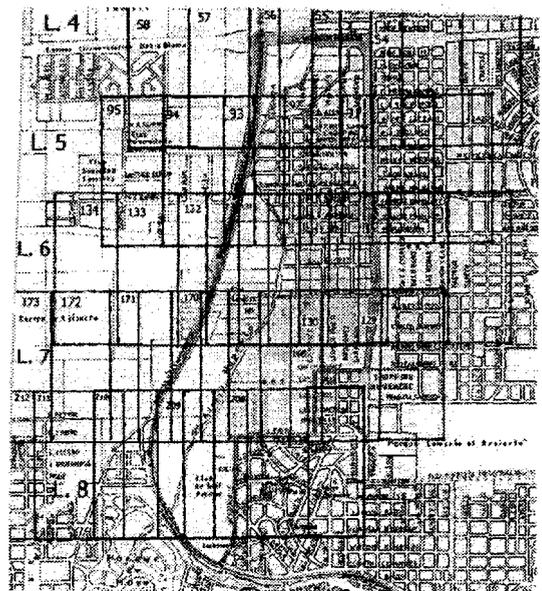


Figura 1. Zona de estudio

Como se sabe la altura merece un tratamiento especial, dado que con las observaciones realizadas se obtuvieron las alturas elipsóidicas ( $h$ ) y se necesitaban alturas geoidales ( $H$ ). Se utilizó el Modelo Geoidal de la Provincia de Buenos Aires, (Perdomo *et al.*, 2002), para obtener la ondulación geoidal ( $n$ ), tal Bahía Blanca que pudo obtenerse  $H = h + n$ . Se llevan medidos 48 puntos.

### **Archivos CPs (Puntos de Control) de las líneas de vuelo 4 y 5**

Se crearon los archivos CPs para cada uno de los fotogramas (Fernández, 1999 y 2004). Estos archivos incluyen las marcas fiduciales (-1, -2, -3, -4) y los GCPs. Están expresados en coordenadas de la imagen, es decir, líneas y columnas.

Línea de vuelo 4, fotograma 57: 16 GCPs; fotograma 56: 34 GCPs; y fotograma 55: 25 GCPs. línea de vuelo 5, fotograma 94: 11 GCPs; fotograma 93: 30 GCPs; y fotograma 92: 25 GCPs.

### **Cálculo de las orientaciones de las líneas de vuelo 4 y 5**

Previamente se calcula la orientación de cada fotograma (Fernández, 1999 y 2004) de la línea de vuelo 4. Luego, se transfieren los GCPs comunes, 19 puntos, de la corrida 4 a la 5, y se calcula la orientación de cada fotograma de la línea de vuelo 5. Esto es para conocer los errores de la orientación y para detectar algún punto dudoso que, debido a la magnitud de su error, deba ser corregido, o eventualmente, eliminado.

La orientación externa de cada fotograma vincula sus archivos .CP y .GCP, con la distancia focal (153,12 mm). El DMS 4.1 calcula la orientación, con su error en píxeles, y en el terreno. A continuación, las 3 soluciones de la línea de vuelo 4:

Fotograma 57, con 16 puntos en la solución, el error es de 0,87 pixel, y 0,40 m en el terreno.

Fotograma 56, con 34 puntos en la solución, el error es de 1,33 pixel, y 0,61 m en el terreno.

Fotograma 55, con 25 puntos en la solución, el error es de 0,98 pixel, y 0,45 m en el terreno.

En la línea de vuelo 5 se desecharon 7 GCPs.

Las 3 soluciones de la línea de vuelo 5:

Fotograma 94, con 11 puntos en la solución, el error es de 0,99 pixel, y 0,45 m en el terreno.

Fotograma 93, con 30 puntos en la solución, el error es de 1,89 pixel, y 0,86 m en el terreno.

Fotograma 92, con 25 puntos en la solución, el error es de 1,21 pixel, y 0,55 m en el terreno.

### **Precisión**

Al graficar una carta, a escala del producto final, 1:10.000, el error gráfico que se comete es de 0,2 mm, que traducido a valores en el terreno, es 2 m. Esto permite afirmar, que aún con esta nueva resolución, 300 dpi, el error en el terreno, se mantiene dentro de los límites de la tolerancia, por no superar el metro.

### **Creación de los modelos estéreos de las líneas de vuelo 4 y 5**

El DMS 4.1 relaciona la zona común a las imágenes 57 y 56, primer par de la línea de vuelo 4, creando el estéreomodelo (Fernández, 1999 y 2004), 57-56, que puede ser visualizado con anaglifos.

Primero rectifica la zona común de la foto 57. Luego rectifica la zona común de la foto 56. Al rectificar las fotos se eliminaron los errores de inclinación de la cámara, transformando el fotograma oblicuo, en uno vertical. Son imágenes sin paralajes transversales ( $y$ ). Los desplazamientos residuales se deben a las alturas, por ello la necesidad de trabajar con terrenos llanos. Se reitera el proce-

dimiento para el segundo par de la línea de vuelo 4: las imágenes 56 y 55, el estéreo modelo es 56-55.

Para la línea de vuelo 5, primer par, las imágenes son 94 y 93 y el estéreo modelo es 94-93. Se reitera el procedimiento para el segundo par de la corrida, las imágenes 93 y 92 y el nombre del estéreo modelo es 93-92.

### Creación de los DEMs de las líneas de vuelo 4 y 5

Se genera el DEM (Fernández, 1999 y 2004) del primer par de la corrida 4, 57-56, y su rango de elevación es de 35 m a 50 m. En nuestro caso, las cotas mínima y máxima de cada modelo, que se deben suministrar al programa antes de la estereocorrelación, fueron obtenidas de una carta topográfica, a escala 1:50.000, con una equidistancia, entre curvas de nivel, de 5 m. Para el par 57-56 la correlación exitosa fue del 98%. Reitérase el procedimiento para el segundo par de la línea de vuelo 4, 56-55, y su rango de elevación es de 35 m a 50 m. La correlación exitosa del par 56-55 es del 92%. Para el primer par de la línea de vuelo 5, 94-93, el rango de elevación es de 32 m a 45 m. La correlación exitosa fue del 90%. El segundo par de la línea de vuelo 5, 93-92, tiene un rango de elevación de 30 m. a 45 m. La correlación exitosa es del 94%.

### Filtrado de los DEMs de las líneas de vuelo 4 y 5

Se deben filtrar todos los DEMs (Fernández, 2000 y 2004). El tipo de filtro a aplicar, es el de la mediana, con umbral 3, mediante una matriz de 3 x 3. La finalidad de este filtro es eliminar los valores discordantes o puntas en los DEMs.

### Creación de las ortofotos de las líneas de vuelo 4 y 5

Las ortofotos a crear (Fernández, 2000 y 2004), posteriormente, conformarán el ortomosaico y la ortofotocarta. Conviene

elegir las fotos comunes a dos modelos, para que no haya variaciones en los tonos de gris, al confeccionar el mosaico.

Para la línea de vuelo 4 la imagen a ortocorregir, y que cumple este requisito, es la 56, común a los modelos 57-56 y 56-55. Se deben hacer varias ortofotos de la misma foto, siempre que sea necesario, para que no queden espacios libres en el ortomosaico. Para cubrir totalmente la parte izquierda del fotograma 56, modelo 57-56, fueron necesarias 6 ortofotos: 56-i1, 56-i2, 56-i3, 56-i4, 56-i5, y 56-i6 (Fig. 2).

Para cubrir totalmente la parte derecha del fotograma 56, modelo 56-55, fueron necesarias 3 ortofotos: 56-d1, 56-d2, y 56-d3 (Fig. 3). Para la línea de vuelo 5 la imagen a ortocorregir, es la 93, común a los modelos 94-93 y 93-92. Para cubrir totalmente la parte izquierda del fotograma 93, modelo 94-93, fueron necesarias 3 ortofotos: 93-i1, 93-i2, y 93-i3 (Fig. 4).

Para cubrir totalmente la parte derecha del fotograma 93, modelo 93-92, fueron necesarias 7 ortofotos: 93-d1, 93-d2, 93-d3, 93-d4, 93-d5, 93-d6, y 93-d7 (Fig. 5). En todas las ortofotos, el tamaño del pixel se unificó, en 0,5 m, para la confección del mosaico.

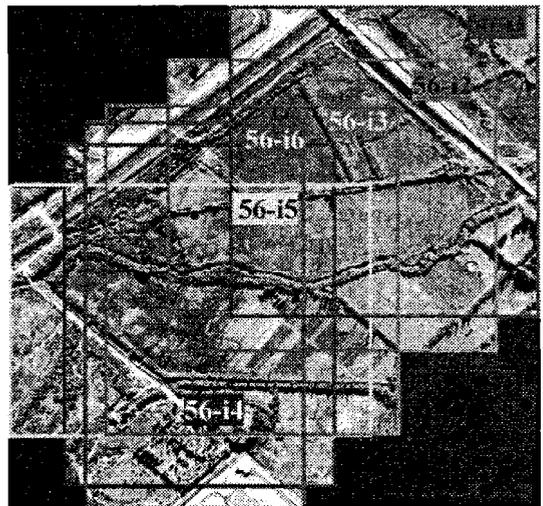


Figura 2. Ortomosaico izquierdo, línea de vuelo 4

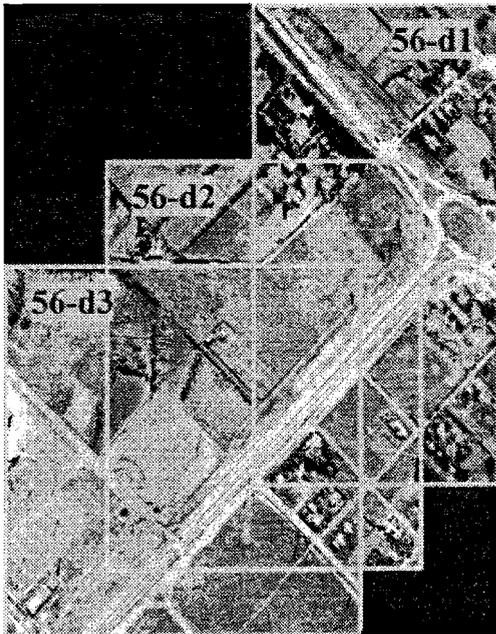


Figura 3. Ortomosaico derecho, línea de vuelo 4

### Realce de las líneas de vuelo 4 y 5

Esto se realiza para mejorar el contraste de los ortofotogramas que compondrán el ortomosaico. Es válido porque varían los DNs (Números Digitales), alterando sólo el tono de gris del píxel. A todas las ortofotos se las equalizó linealmente, con valor 2, a fin de realzarlas (Fernández, 2004).

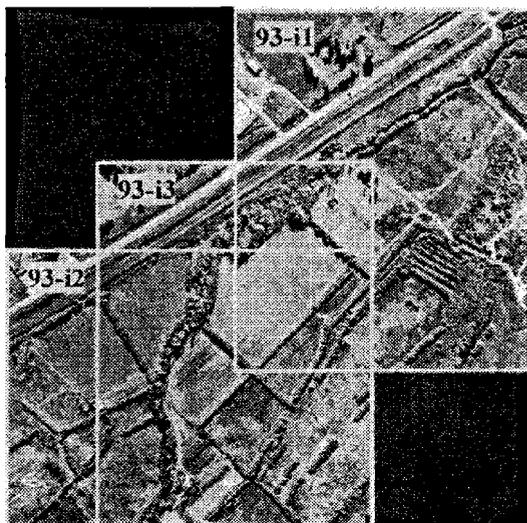


Figura 4. Ortomosaico izquierdo, línea de vuelo 5

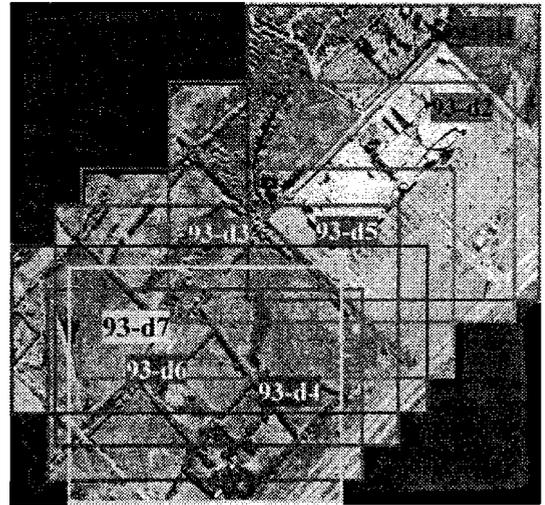


Figura 5. Ortomosaico derecho, línea de vuelo 5

### Confección del Ortomosaico de las corridas 4 y 5

Con las 9 ortofotos, creadas, de la corrida 4: 56-i1, 56-i2, 56-i3, 56-i4, 56-i5, 56-i6, 56-d1, 56-d2, 56-d3 (Fig. 2 y 3), y las 10 ortofotos, creadas, de la corrida 5, 93-i1, 93-i2, 93-i3, 93-d1, 93-d2, 93-d3, 93-d4, 93-d5, 93-d6, y 93-d7 (Fig. 4 y 5), se armó el ortomosaico (Fernández, 2000 y 2004) de ambas corridas.

### Confección del Mosaico con los DEMs de las líneas de vuelo 4 y 5

Se confecciona el mosaico (Fernández, 2000) con los 9 DEMs, de las 9 ortofotos (Fig. 2 y 3), de la corrida 4: 56-i1, 56-i2, 56-i3, 56-i4, 56-i5, 56-i6, 56-d1, 56-d2, y 56-d3. Conviene ver el mosaico. Aquí concluyó el mosaico de los DEMs de la línea de vuelo 4.

Se confecciona el mosaico con los 3 DEMs, de las 3 ortofotos izquierdas (Fig. 4), de la línea de vuelo 5: 93-i1, 93-i2, y 93-i3.

Se confecciona el mosaico con los 7 DEMs, de las 7 ortofotos derechas (Fig. 5), de la línea de vuelo 5: 93-d1, 93-d2, 93-d3, 93-d4, 93-d5, 93-d6, y 93-d7. Conviene ver los mosaicos. Concluyeron los mosaicos de los DEMs de la línea de vuelo 5.

### **Productos finales planimétrico y altimétrico**

Con el ortomosaico de las líneas de vuelo 4 y 5, se crea el ortomapa (Fernández, 2004), producto final planimétrico (Fig. 6).

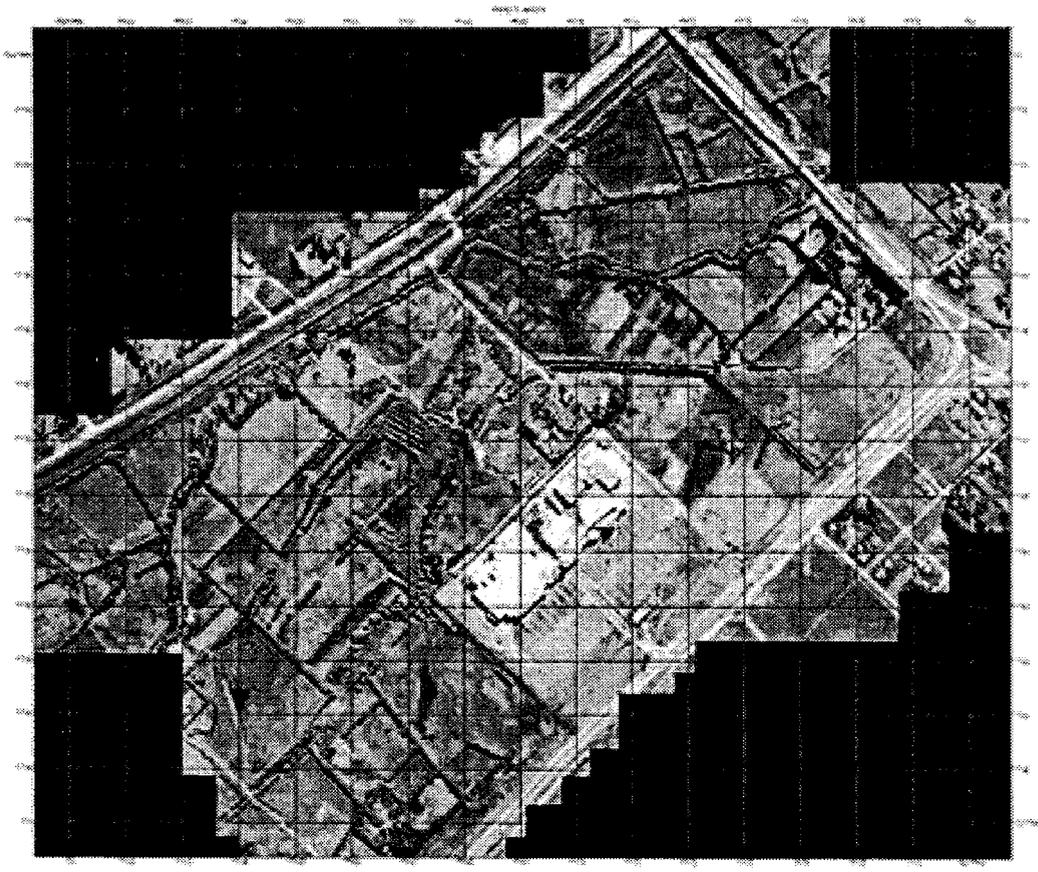
Con los mosaicos de los DEMs, de las 19 ortofotos (Fig. 2, 3, 4 y 5), se crea el mosaico (Fernández, 2000) de los DEMs de las ortofotos, de ambas corridas, producto final altimétrico (Fig. 7).

### **CONCLUSIONES**

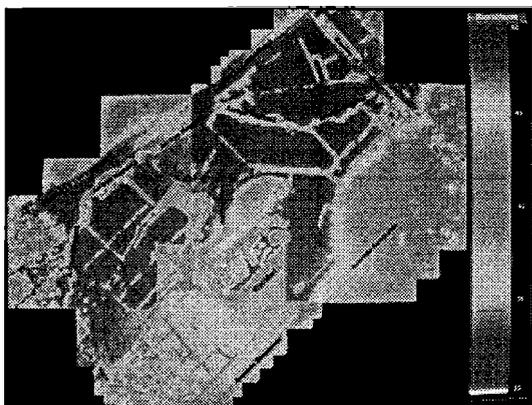
Habiéndose procesado dos líneas de vuelo, la 4 y la 5, de las 5 totales, se concluye que los resultados en planimetría han sido más satisfactorios que en altimetría. Esto se debe

a varios factores, que se podrían agrupar en tres fuentes, a saber:

1) El software utilizado, DMS 4.1, no es fotogramétrico, por lo tanto no realiza las tres orientaciones, interna, externa-recíproca, y externa-absoluta, sólo realiza una orientación externa. Es decir su precisión, no es óptima. En contraste, la parte geodésica, por los equipos utilizados, el tipo de medición empleado, así como las correcciones realizadas, con posterioridad, a los datos obtenidos en campaña, tiene una muy buena precisión. Esto produce, un desbalance de precisiones, entre la fotogrametría y la geodesia, que queda más en evidencia, sobre todo, en los DEMs. Se podría aumentar la precisión fotogramétrica, con matrices más grandes, en la generación de los DEMs.



**Figura 6.** Ortomapa



**Figura 7.** Mosaico de los DEMs

2) La data de los fotogramas, 10 de mayo de 2000. Seis años de antigüedad de las fotos, es mucho tiempo, que se ve traducido en otra realidad circundante, precisamente porque esta zona sufre un gran cambio.

3) La falta de detalles identificables, en las fotos y en el terreno, sobre el camino “La Carrindanga”, por ser una zona inundable, debido a la presencia del arroyo Napostá. Este motivo se hizo extensivo a terrenos de Universidad Nacional del Sur, que aunque altos, no tenían posibles puntos. Esto complicó la elección de los GCPs.

En conclusión, algunas fuentes de error se podrán eliminar o disminuir, en lo sucesivo, pero otras son imposibles de modificar.

**Agradecimientos:** A la Municipalidad de Bahía Blanca, por haber facilitado los fotogramas necesarios para el trabajo.

## REFERENCIAS

- Fernández, O. M. 1999. Aplicaciones Fotogramétricas del Programa Desktop Mapping System (Primera Parte). Biblioteca Central de la Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina.
- Fernández, O. M. 2000. Aplicaciones Fotogramétricas del Programa Desktop Mapping System (Segunda Parte). Biblioteca Central de

la Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina.

Fernández, O. M. 2004. Ortomapa Digital. Biblioteca Central de la Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina.

Perdomo, R., D. Del Cogliano, N. Di Croche y K. Neuman. 2002. “Advances in the calculation of a height transformation model in Buenos Aires Province, Vertical Reference Systems”. IAG Symposia 124, 75-77. Cartagena. Colombia.