

Análisis de Rutinas de un Software CAD para ser aplicadas en Procesos fotogramétricos simples

Prof. MEng. Mario Gardiol
Prof. Ing. Carlos Tonini

Universidad Nacional del Litoral (UNL)
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) - Depto. de Cartografía
Laboratorio de Fotogrametría Aérea y Terrestre
Pasaje Suarez 2631 - 3000 - Santa Fe - Argentina
mariogardiol66@yahoo.com.ar
cjtonini@hotmail.com

Resumen : Para la realización de trabajos fotogramétricos es necesario de disponer de información sobre las características del material fotográfico y como también de su instrumental. Sin embargo, al utilizar materiales fotográficos históricos en la realización de estudios temporales no siempre es posible de disponer de dicha información. Por lo tanto, esta situación obliga aplicar procesos fotogramétricos simple y que empleen equipamientos de bajo costo. No obstante, si consideramos que en estos procesos se deben realizar manipulaciones de fotografías digitalizadas y que en el mercado existen diferentes softwares CAD que presentan rutinas que permiten la manipulación de imágenes raster. Es necesario previamente evaluar su capacidad de manipulación. Por lo tanto, es intención por medio del presente artículo mostrar una evaluación realizada a las rutinas que dispone el software Autocad Overlay 2000. Estos análisis forman parte del desarrollo del Proyecto CAI+D "Determinación de un proceso cartográfico para delimitar zonas de afectación hídrica en ambientes isleños del valle actual del río Paraná en función de la altimetría" (UNL - FICH).

Palabras claves: procesos fotogramétricos simple, software CAD, manipulación imagen raster

Abstract: In photogrametrics work is necessary have information of characteristics the photographic material and photogrametrics instrumental. However, to use the material photographic historic no always is possible have this information. Therefore, this situation obliges to apply simple photogrammetrics process and low cost equipments. Nevertheless, in the process is necessary to realize manipulation of digital photographs and in the market exist different CAD software with tool of raster image manipulation. In consequence, is necessary to evaluate your capacity of manipulation. The intention of present work is evaluate of tool what have the Autocad Overlay 2000 software. This analysis to integrate of procedure of CAI+D Project "Determination of cartographic process for delimitate zone of hidric affectation in the Paraná river floodplain in function of altimetry" (UNL-FICH)

Keywords: simple photogrammetrics processes, CAD software, raster image manipulation.

1 Introducción

La planicie aluvial del río Paraná posee una extensión de 900 km y una superficie de 33.000 km². Las condiciones hidrológicas y sedimentológicas del río Paraná determinan que dicha planicie sufra continuos procesos de erosión y sedimentación que afectan a las márgenes de las islas que integran los límites de las propiedades privadas y públicas.

Según un estudio temporal de 1901 a 1966 realizado en un sector de 15 km del río Paraná, DRAGO (1977), determinó que el mayor avance producido en la margen alcanzó los 222 m/año, el mayor retroceso fue de 90 m/año, los bancos e islas del curso avanzaron en dirección aguas abajo y lateralmente un promedio de 60 y 36 m respectivamente y las migraciones del thalweg (línea que une las máximas profundidades) llegaron a valores de 350 m/año.

Estas modificaciones areales, producidas en forma continua sobre las islas aledañas a los diferentes cursos, influyen en el desarrollo de las actividades de producción (ganadera, turística, apícola, etc.) y en la definición de políticas de gestión territorial a corto y largo plazo.

Como consecuencia es necesario establecer grados de afectación de dichos procesos de erosión y sedimentación a nivel temporal. Y debido a la dimensiones de estos procesos la información ideal a utilizar es la fotografía aérea.

No obstante, al analizar los vuelos fotográficos históricos (1955, 1968, 1974, 1983, 1989, 1992 y 1998) de la planicie aluvial del río Paraná se puede observar que en algunos casos no se dispone de información específica sobre los mismos y presentan diferentes condiciones (escala fotográfica, cobertura estereoscópica total, inclinación del eje de toma). Y que a su vez todos estos inconvenientes se encuentran influenciados por las características físicas del paisaje, el cual es muy dinámico, lo que dificulta la identificación de puntos de control.

Esta situación determina que los procesos fotogramétricos tradicionales no puedan ser aplicados correctamente y sea necesario desarrollar métodos sencillos con equipamientos de bajo costo. Siendo los softwares CAD unos de los que presentan rutinas que pueden ser utilizados para procesos fotogramétricos simples.

2 Objetivo

El objetivo del presente trabajo es evaluar las distintas rutinas disponibles en el software Cad Overlay 2000 que puedan ser utilizadas en procesos fotogramétricos sencillos con el fin de establecer el grado de afectación areal de procesos de erosión y sedimentación en la planicie aluvial del río Paraná.

3 Características de las fotografías aéreas

La fotografía aérea esta basada en una proyección central o cónica. Esto indica que los elementos que se encuentran en la superficie terrestre son proyectados por rayos que al pasar por el centro de proyección u óptica de la cámara son registrados en el filme o película fotográfica.

Sin embargo, la imagen registrada se encuentra deformada por las características propias de la proyección. Y además, según PAREDES (1987), la imagen fotográfica sufre “desplazamientos principales que son provocados por la inclinación del eje de toma de la cámara fotográfica, el movimiento del relieve (topográficos o estructuras verticales), por arrastramiento de la película, por la curvatura terrestre y por la refracción atmosférica; y desplazamientos residuales, que son provocados por la distorsión de las lentes, la deformación del material fotográfico y por el ojo humano”.

FINSTERWALDER (in SCHWIDEFSKY, 1943) establece que el objeto de la fotogrametría es la restitución o confección de un modelo geoméricamente semejante al objeto registrado en las fotografías. Por lo tanto, las técnicas e instrumentos fotogramétricos son las que posibilitan extraer información métrica de los objetos que se encuentran registrados en las fotografías que presentan deformaciones o desplazamientos.

Pero, para la aplicación de las diferentes técnicas e instrumentales fotogramétricos es necesario disponer de determinada información, como ser: coordenadas planialtimétricas del entorno del objeto fotografiado, datos del vuelo fotográfico, datos de calibración de la cámara fotográfica, superposición estereoscópica, etc.

Sin embargo, en determinados trabajos, no se puede acceder a instrumentos fotogramétricos o a la información requerida para el desarrollo de las técnicas que ofrecen un resultado con mayor precisión. Como consecuencia, es necesario desarrollar métodos sencillos y que utilicen equipamientos de bajo costo.

Esta es la situación que presenta el caso del estudio actual, donde se desea realizar un estudio temporal de la afectación areal de los procesos de erosión y sedimentación en un sector de la planicie aluvial del río Paraná. Donde los registros fotográficos históricos disponibles se encuentran en diferentes escalas fotográficas, en diferentes condiciones de vuelo fotográfico y se dispone de datos técnicos parciales de las cámaras fotográficas.

4 Características de las rutinas disponibles en el software Autocad

Los softwares o programas de diseño y dibujo asistido por computadora (CAD) presentan rutinas que permiten administrar y editar en forma parcial las imágenes raster.

Específicamente, las distintas versiones de Autocad presentan rutinas que permiten el ingreso (con el comando *insert*), desplazamiento (comando *move*), rotación (comando *rotate*) y escalado de la imágenes raster (comando *scale*).

No obstante existen otros softwares que se integran al software de Autocad y los cuales proveen rutinas que posibilitan la manipulación de las entidades raster.

Uno de ellos, es el software Cad Overlay 2000, que presenta diferentes rutinas que permiten la inserción, correlación, administración, edición de filtros, captura y edición de imágenes raster.

A su vez, la rutina de correlación (comando *correlate*) presenta diferentes opciones, como ser: escala y posiciona una imagen insertada tomando como base un archivo vectorial o una imagen raster (comando *match*), desplaza una imagen (comando *displace*), escala una imagen (comando *scale*), rota una imagen (comando *deskew*) y deforma una imagen insertada utilizando transformaciones polinómicas donde previamente se relacionaron un conjunto de puntos en la imagen insertada y los mismos puntos en un archivo base vectorial o raster (comando *rubbersheet*).

5 Procedimiento

Para realizar este proceso de evaluación se decidió tomar como base de referenciación las imágenes Spot pancromática (registradas en enero de 1994 y con una resolución geométrica de 10 m) del Servicio de Catastro e información Territorial de la Provincia de Santa Fe y que se encuentran georeferenciadas al sistema de coordenadas Gauss-Kruger.

Con respecto al material fotográfico se decidió utilizar un vuelo fotográfico realizado en el mes de noviembre de 1974, en escala 1.20.000, tomado por una cámara métrica con distancia focal de 152,81 mm y con película infrarroja. Donde dicho vuelo fotográfico cubrió un sector de la planicie aluvial del río Paraná, cercano a las ciudades de Santa Fe y Paraná.

Posteriormente, dicho material fotográfico (en formato papel) fue digitalizado por un scanner Umax Mirage Ilse, de formato A3 y con una resolución óptica de 1000 dpi. Dicha resolución permitió que el píxel mínimo de dicha imagen digitalizada correspondiera a 0,5 m.

5.1 Aplicación de las rutinas de correlación

En esta etapa se tenía como objetivo aplicar las rutinas de correlación *match* y *rubbersheet* (con sus diferentes transformaciones polinómicas), para determinar cual rutina es la más precisa en determinar la superficie y localización de un área determinada.

Entonces para realizar el análisis de las rutinas de correlación se decidió utilizar una fotografía aérea en la cual puedan identificarse una gran cantidad de puntos (para posteriormente calcular el error medio cuadrático), y que a su vez, los mismos puntos puedan ser identificados en las imágenes Spot.

Como consecuencia, se realizó un análisis visual de las fotografías aéreas correspondientes al vuelo fotográfico y se adoptó una fotografía que cubría un sector urbano/suburbano lindante a la planicie aluvial

del río Paraná. Ya que en el sector específico de la planicie aluvial las condiciones hidrológicas entre la fotografía aérea y la imagen Spot eran diferentes lo que influía en la determinación de los puntos de control.

Inicialmente se identificaron 31 puntos de control en las imágenes Spot de forma que también fueran identificados en la fotografía aérea, que estuvieran homogéneamente distribuidos y que no se encontraran muy próximos a los bordes de la fotografía aérea. Luego se extrajo las coordenadas X e Y de los mismos y fueron incorporados en una planilla.



Figura 1 : Cobertura fotográfica, identificación de puntos de control y área de análisis en la imagen Spot.

También fueron identificados 5 puntos de control que corresponderían a los vértices del área que se utilizaría para realizar los respectivos análisis de superficie areal y de localización.

Luego se insertó la fotografía aérea digitalizada y aplicando el comando *match* se seleccionaron dos puntos (5 y 26) al fin de escalar y orientar dicha fotografía. Luego se extrajo las coordenadas fotográficas de los 31 puntos identificados inicialmente en la imagen Spot y se incorporaron a la planilla.

Nuevamente fue insertada la misma fotografía aérea digitalizada y aplicando el comando *rubbersheet*, se relacionaron 4 puntos (5, 8, 23 y 26) de la fotografía digitalizada y la imagen Spot. Previa confirmación de la posición de los puntos demarcados se realizó la correspondiente deformación de la fotografía empleando transformaciones polinómicas de 1 grado (en la cual exige una demarcación mínima de 2 puntos). Y finalmente se extrajo las coordenadas fotográficas de los 31 puntos identificados inicialmente en la imagen Spot y se incorporaron a la planilla.

Es necesario destacar que este comando permite observar en una pantalla, antes de realizar el proceso de deformación, los errores de posicionamiento de los puntos de control demarcados y posibilita corregir la

posición de los mismos, adicionar puntos, eliminar puntos, importar coordenadas de puntos y exportar las coordenadas de los puntos demarcados. También permite la selección del grado de la transformación polinómica a emplear, y que a su vez, determina la cantidad mínima de puntos ha demarcar.

Posteriormente fue insertada la misma fotografía aérea digitalizada y aplicando el comando *rubbersheet* (con la transformación polinómica de 2 grado, en la cual exige una demarcación mínima de 6 puntos), se relacionaron 8 puntos (5, 8, 10, 15, 16, 20, 23 y 26), se aplicó el proceso de relación, se extrajo las coordenadas fotográficas de los 31 puntos identificados y se incorporaron a la planilla.

De la misma forma se procedió para aplicar el comando *rubbersheet* (con la transformación polinómica de 3 grado, en la cual exige una demarcación mínima de 9 puntos), se relacionaron 12 puntos (5, 8, 9, 10, 15, 16, 20, 21, 23, 26, 30 y 31) y se extrajo las coordenadas de los 31 puntos identificados.

Luego de aplicado estas 4 métodos, se demarcó en cada fotografía resultante o deformada los 5 vértices del área a analizar y se extrajo para cada método sus respectivas superficie y diferencias de distancia entre los vértices del área demarcada en la imagen Spot y en cada fotografía deformada.

5.2 Aplicación ante las condiciones de inclinación del eje de toma del material fotográfico

Como habíamos visto previamente los principales desplazamientos en las imágenes fotográficas son provocados por la inclinación del eje de toma de la cámara fotográfica y por el movimiento del relieve.

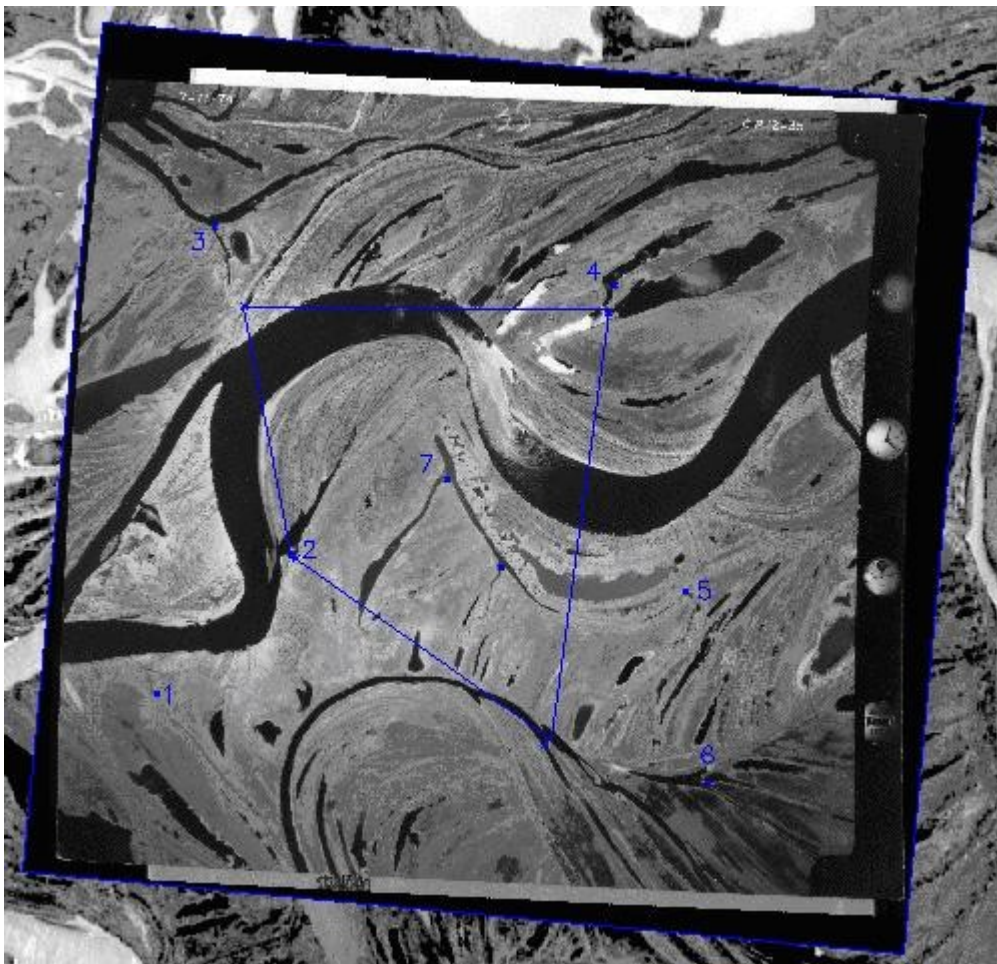


Figura 2 : Imagen fotográfica deformada, puntos de control y área de análisis correspondiente a la fotografía cuya inclinación del eje de toma es de 3°.

Debido a que el relieve en los paisajes aluviales es plano, se decidió en esta etapa aplicar el método que ofreciera una mayor precisión (de los desarrollados en el punto 5.1) ante fotografías aéreas que presentaran diferentes grados de inclinación en su eje de toma, para determinar el porcentaje de influencia en la superficie y localización de un área determinada.

Por lo tanto, inicialmente, se realizó un análisis visual de las fotografías aéreas correspondientes al vuelo fotográfico y se adoptaron fotografías que cubrían el sector correspondiente a la planicie aluvial del río Paraná y presentaban una inclinación en su eje de toma de 0°, 1°, 2° y 3°.

Luego cada fotografía digitalizada fue insertada y se identificaron 6 puntos de control en las imágenes Spot de forma que también fueran correctamente identificados en la fotografía aérea, que estuvieran homogéneamente distribuidos y que no se encontraran muy próximos a los bordes de la fotografía aérea. Luego se extrajo las coordenadas X e Y de los mismos y fueron incorporados en una planilla.

También fueron identificados 4 o 5 puntos en cada fotografía digitalizada para que los mismos representen los vértices del área que se utilizaría para realizar los respectivos análisis de superficie areal y de localización.

Posteriormente, se aplicó el comando *rubbersheet* (con la transformación polinómica de 2 grado) a la fotografía digitalizada que presentaba una inclinación de 0° en el eje de toma, luego se relacionaron los 6 puntos de control identificados en la imagen Spot con los respectivos puntos en la fotografía y se aplicó el proceso de relación. Este proceso fue aplicado a cada una de las fotografías que presentaban diferentes grados de inclinación del eje de toma (1°, 2° y 3°).

A continuación, se aplicó nuevamente el comando *rubbersheet* (con la transformación polinómica de 2 grado) a las mismas fotografías, pero en este caso se adoptó un séptimo punto de control para luego aplicar el proceso de relación.

Finalmente, se extrajo para cada imagen deformada (con 6 y 7 puntos de control) las superficies de las áreas identificadas en cada fotografía y las diferencias en distancia entre los vértices de las áreas demarcadas en la imagen Spot y el correspondiente vértice en cada fotografía deformada.

6 Análisis

6.1 Análisis de las rutinas de correlación

Extraía la superficie del área de análisis para cada imagen fotográfica deformada en cada método aplicado, se calculó la diferencia porcentual en hectáreas tomando como base la correspondiente a la superficie de la imagen Spot.

Tabla1: Diferencia porcentual en superficies según los métodos aplicados.

Método	Match	Rubbersheet		
		1° grado	2° grado	3° grado
Superficie spot (hectáreas)	230.54	230.54	230.54	230.54
Superficie fotografía (hectáreas)	234.27	234.62	233.11	233.30
Porcentaje	101.62	101.77	101.11	101.20
Diferencia de porcentaje	1.62	1.77	1.11	1.20

Se puede observar que la aplicación del comando *rubbersheet* (con la transformación polinómica de 2 grado), presenta la menor diferencia porcentual entre las superficies de área.

Luego tomando las diferencias de distancia entre los vértices del área demarcada en la imagen Spot y los correspondientes vértices en cada imagen fotográfica deformada en cada método aplicado se calculó el promedio de distancia.

Tabla 2: Promedio de distancia en vértices según los métodos aplicados.

Distancias (m)	Match	Rubbersheet		
		1º grado	2º grado	3º grado
Entre punto 1	14.84	12.77	12.12	10.32
Entre punto 2	9.42	9.46	3.16	6.95
Entre punto 3	11.98	10.54	9.10	10.33
Entre punto 4	17.83	15.11	14.18	16.92
Entre punto 5	10.51	6.03	5.48	6.52
Promedio	12.92	10.78	8.81	10.21

También se determina que la aplicación del comando *rubbersheet* (con la transformación polinómica de 2º grado), presenta el menor promedio de distancia entre los vértices del área.

Finalmente tomando las coordenadas de los 31 puntos de control identificados en la imagen Spot y las coordenadas correspondientes a los mismos puntos en cada imagen fotográfica deformada en cada método aplicado se calculó el error medio cuadrático, dando como resultado lo siguiente: método match = **7,84** m, método rubbersheet (con transformación polinómica de 1º) = **7,10** m, método rubbersheet (con transformación polinómica de 2º) = **4,62** m, método rubbersheet (con transformación polinómica de 3º) = **7,30** m.

Asimismo, se determina que la aplicación del comando *rubbersheet* (con la transformación polinómica de 2º grado), presenta el menor error medio cuadrático.

6.2 Análisis de las condiciones de inclinación del eje de toma del material fotográfico

Extraía la superficie del área de análisis para cada imagen fotográfica deformada con diferente grado de inclinación del eje de toma, se calculó la diferencia porcentual en hectáreas tomando como base la correspondiente a la superficie de la imagen Spot. Este cálculo se realizó para las fotografías procesadas con 6 y 7 puntos de control.

Tabla 3: Diferencia porcentual en superficies según inclinación eje de toma.

Método Rubbersheet (2º) con 6 puntos de control	Grado de inclinación del eje de toma			
	0º	1º	2º	3º
Superficie spot (hectáreas)	449.13	498.94	348.38	372.10
Superficie fotografía (hectáreas)	433.31	512.39	343.05	376.10
Porcentaje	96.47	102.69	98.47	101.07
Diferencia de porcentaje	3.52	2.69	1.53	1.07

Método Rubbersheet (2º) con 7 puntos de control	Grado de inclinación del eje de toma			
	0º	1º	2º	3º
Superficie spot (hectáreas)	449.13	498.94	348.38	372.10
Superficie fotografía (hectáreas)	449.15	498.20	346.46	376.75
Porcentaje	100.00	99.85	99.44	101.24
Diferencia de porcentaje	0	0.15	0.56	1.24

Si uno observa la Tabla 3 se aprecia que cuando se aplicaron 6 puntos de control para el proceso de relación, los porcentuales de superficie es menor en la fotografía que presenta una inclinación de 3º, lo cual no sería muy lógico. Pero si observamos los resultados cuando es aplicado 7 puntos de control se aprecia una relación más lógica entre los porcentuales de superficie y el grado de inclinación del eje de toma.

Luego tomando las diferencias de distancia entre los vértices de las áreas demarcadas en la imagen Spot y los correspondientes vértices en cada imagen fotográfica deformada y con diferente inclinación en el eje de

toma se calculó el promedio de distancia para aquellas fotografías procesadas con 6 y 7 puntos de control.

Tabla 4: Promedio de distancia en vértices según inclinación eje de toma.

Distancias con 6 puntos (m)	Grado de inclinación del eje de toma			
	0°	1°	2°	3°
Entre punto 1	74.03	60.63	106.22	7.31
Entre punto 2	20.40	14.73	79.70	22.07
Entre punto 3	49.60	13.97	79.66	53.15
Entre punto 4	66.16	53.21	96.12	7.00
Entre punto 5		53.09		
Promedio	42.84	33.44	73.14	18.71

Distancias con 7 puntos (m)	Grado de inclinación del eje de toma			
	0°	1°	2°	3°
Entre punto 1	7.43	16.72	36.95	11.05
Entre punto 2	6.35	9.91	15.16	30.54
Entre punto 3	8.65	12.74	12.26	34.00
Entre punto 4	21.78	18.69	4.80	14.14
Entre punto 5		8.28		
Promedio	9.64	11.89	14.63	18.75

En la Tabla 4, también se observa que cuando son utilizados 7 puntos de control para el proceso de relación, el promedio de las distancia entre los vértices presenta una relación lógica con el grado de inclinación del eje de toma.

7 Conclusión

Del análisis realizado se puede concluir que cuando es necesario realizar mediciones de superficie areales y se dispone de las rutinas presentadas por el software Cad Overlay 2000, la aplicación del comando *rubbersheet* (con la transformación polinómica de 2 grado) genera una diferencia porcentual de 1,11 con respecto a la superficie obtenida como base de referencia, que en este caso fue sacada desde una imagen Spot pancromática.

También se confirma que el mismo comando permite una mejor localización planimétrica del área (con un error de 8,81 m) con respecto a la base de referencia.

A su vez, estos dos análisis fueron confirmados por medio del cálculo de error medio cuadrático y que para ese mismo comando dio un valor de 4,52 m.

Y con respecto a la influencia del grado de inclinación del eje de toma de la fotografía aérea en la medición de superficies areales, se determinó que las fotografías que son verticales (grado de inclinación = 0°) y fueron relacionadas por intermedio del comando *rubbersheet* (con la transformación polinómica de 2 grado) con 7 puntos de control, presentan valores casi idénticos a la base de referencia.

Y asimismo, la localización planimétrica de dichas áreas y procesadas en esas mismas condiciones presentan un error de 9.64 m.

No obstante deberían aplicarse estos mismos procesos ante otras condiciones, como ser: tomando como base de referencia datos de campo medidos topográficamente, analizando materiales fotográficos obtenidos en distintas escalas fotográficas, evaluando el error cometido por el operador, entre otros.

Si volvemos a considerar que el fin de nuestro caso de estudio es obtener modificaciones areales para establecer el grado de afectación de los procesos de erosión y sedimentación originados en la planicie aluvial del río Paraná y si nos basamos en los estudios realizados por DRAGO (1977), estimamos que estos métodos pueden ser aplicados concretamente.

Tan solo considerando que si nuestro material fotográfico es vertical (grado de inclinación del eje de toma = 0°) se puede aplicar el método más sencillo (match = escalado y rotado) que presenta una menor influencia del 2% de la superficie de base de referencia. Y en el caso de que el material fotográfico presente un grado de inclinación del eje de toma de 3° se podrá aplicar el comando *rubbersheet* (con la transformación polinómica de 2 grado) que también presentará una influencia menor del 2% de la superficie de base de referencia.

8 Bibliografía

AMSLER, M.; PRENDES, H. *Transporte de sedimentos y procesos fluviales asociados*. In: **El río Paraná en su tramo medio**. Santa Fe: Editores Paoli C. y Schreider M., Centro de publicaciones de la Universidad Nacional del Litoral, 2000.

Autocad OVERLAY 2000. <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=2600114>.

DRAGO, E. "Erosión y sedimentación en un tramo de cauce del río Paraná medio (República Argentina)". **Revista Asociación Geológica Argentina**, Buenos Aires: 32 (4), p. 277-290, 1977.

GARDIOL, M.; TONINI, C. **Situación catastral en el valle aluvial del río Paraná (Argentina)**. In: 5° Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário (5 : 2002 : Florianópolis) Anais. Florianópolis, Brasil, 2002.

GIACOSA, R.; PAOLI, C.; CACIK, P. *Conocimiento del régimen hidrológico*. In: **El río Paraná en su tramo medio**. Santa Fe: Editores Paoli C. y Schreider M., Centro de publicaciones de la Universidad Nacional del Litoral, 2000.

PAREDES, E. **Introdução a aerofotogrametria para engenheiros**. Vol.1. Maringá: UEM, 1987.

SCHWIDEFSKY, K. **Fotogrametría terrestre y aérea**. Barcelona: Editorial Labor SA, 1943.