



Parámetros de Transformación para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Dirección de Geodesia

**Instituto Geográfico
Nacional**

- 2017 -

Contenido

1. Introducción	3
2. Antecedentes técnicos.....	4
2.1. Sistema de referencia de la Ciudad (CABA-1919)	4
2.2. Mediciones GPS sobre puntos de la red	5
2.2.1. Medición de la empresa IFTA	5
2.2.2. Medición de los profesionales Ortiz Basualdo y Roberts.....	5
2.2.3. Medición de la Dirección de Catastro de la CABA y el IGN	5
2.2.4. Resultados finales de las mediciones GPS	6
3. Transformación del sistema 1919 a POSGAR07.....	7
3.1. Introducción.....	7
3.2. Conversión de las observaciones GPS a POSGAR07.....	7
3.3. Definición de una proyección cartográfica para la CABA.....	8
3.3.3. Nueva proyección cartográfica para la CABA	8
3.3.4. Algunas consideraciones sobre la proyección cartográfica	8
3.4. Metodología empleada para determinar la transformación	9
3.5. Parámetros de transformación	11
3.6. Aplicación de los parámetros de transformación	13
Anexo I - Coordenadas geodésicas de los puntos medidos por IFTA y Ortíz Basualdo-Roberts.....	14
Anexo II - coordenadas planas de puntos observados en los sistemas CABA-1919 y CABA-PG07	15
Anexo III - Efectos de la transformación bidimensional de similitud utilizada	16
Anexo IV - Aplicación de parámetros de transformación mediante el programa ArcGIS™ 9.3	19

1. Introducción

Las redes geodésicas son parte de la infraestructura geodésica básica para la determinación de coordenadas precisas sobre la superficie terrestre. Una de las principales aplicaciones de estas redes en el ámbito catastral es la determinación de las coordenadas de las manzanas, parcelas y líneas municipales. Estas últimas, separan al dominio público del dominio privado, y por lo tanto, resultan esenciales para garantizar la seguridad jurídica de los bienes inmuebles.

Antiguamente, la determinación de coordenadas se realizaba a partir la definición de un sistema geodésico local (es decir, la elección de un punto Datum y de un elipsoide de referencia) y la posterior materialización de dicho sistema mediante redes de triangulación. Estas redes estaban basadas en mediciones angulares, de distancias y astronómicas, que se llevaban a cabo con instrumental geodésico y topográfico clásico (por ejemplo, teodolitos, cintas e instrumentos de pasos)

En la actualidad, los sistemas de posicionamiento satelital (por ejemplo, GPS) permiten determinar coordenadas precisa sobre cualquier punto de la superficie terrestre en forma relativamente sencilla. Estos sistemas de posicionamiento requieren de un Marco de Referencia Geodésico preciso y global al cual poder vincular las mediciones realizadas.

En ese sentido, en el año 2009, el Instituto Geográfico Nacional oficializó el Marco de Referencia Geodésico Nacional POSGAR07 mediante la Disposición 20/09, reemplazando al hasta entonces vigente POSGAR94. POSGAR07 constituye la materialización sobre el territorio Nacional del más moderno sistema de referencia a nivel mundial y responde a los más estrictos estándares de precisión en vigencia. Por otra parte, POSGAR07 incorporó las más importantes redes geodésicas nacionales y provinciales en uso, a fin de facilitar una georreferenciación unívoca en toda la República Argentina.

Sin embargo, la red planimétrica de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, utilizada en esta jurisdicción a partir del año 1919, no había sido transformada al Marco POSGAR07.

En el presente trabajo, se describe una solución práctica desarrollada por el Instituto Geográfico Nacional para convertir coordenadas referidas a la red planimétrica de la Ciudad de Buenos Aires en coordenadas referidas al Marco de Referencia Geodésico Nacional POSGAR07.

2. Antecedentes técnicos

A continuación se describen los antecedentes técnicos relacionados al desarrollo de la antigua red planimétrica de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y las mediciones GPS realizadas para vincular la red planimétrica a los marcos de referencia nacionales.

2.1. Sistema de referencia de la Ciudad (CABA-1919)

Hacia fines del siglo XIX, la por entonces Oficina de Catastro de la Municipalidad de Buenos Aires inició una serie de levantamientos topográficos en algunos sectores de la Ciudad para determinar las coordenadas de las manzanas y planificar el desarrollo urbano de la ciudad.

En el año 1919, el Instituto Geográfico Militar (actualmente Instituto Geográfico Nacional) materializó el sistema de referencia de la Ciudad de Buenos Aires, a partir de la medición de una red de triangulación compuesta por 110 puntos de primer, segundo y tercer orden. El origen de las coordenadas de los puntos coincide con la base de la cruz de la torre principal de la Iglesia San José de Flores (localizada Av. Rivadavia 6950), y los ejes de coordenadas X e Y se orientaron en dirección Norte y Este respectivamente.

En el año 1920, la Oficina de Catastro de la Ciudad inició la medición de una red de triangulación y poligonación compuesta por 91 puntos, que cubrieron la totalidad de la superficie de la Ciudad. La red comprendió polígonos de 1º orden, que envolvían aproximadamente 200 manzanas cada uno. A partir de éstos, se desarrollaron poligonales de 2º orden que abarcaban aproximadamente 4 manzanas, y finalmente, a partir de estas últimas se desarrollaron poligonales de 3º orden. A partir de los vértices de poligonal más cercanos a cada manzana se midieron, mediante radiaciones, las coordenadas de cada esquinero de manzana.

La monumentación de la red consistió en placas triangulares ubicadas en las veredas y cajas rectangulares con tapa ubicadas sobre el pavimento (Figura 1 y 2). En la actualidad, un alto porcentaje de los puntos han sido removidos o cubiertos por el asfalto.

Los métodos de cálculo utilizados para determinar las coordenadas de la red no permitieron obtener estimaciones de precisión o niveles de deformación de la red.



Figura 1: Monumentación de punto sobre vereda



Figura 2: Monumentación de punto sobre pavimento

2.2. Mediciones GPS sobre puntos de la red

2.2.1. Medición de la empresa IFTA

En marzo de 1997, el Instituto Foto-Topográfico Argentino S.A. (IFTA) publicó los resultados de la medición GPS de 29 puntos coincidentes con los puntos de triangulación de la red de la Ciudad. Las coordenadas de estos puntos fueron referidas al Marco POSGAR94, mediante la vinculación de las observaciones GPS a la estación permanente IGM0 (ubicada en la terraza del edificio técnico del Instituto Geográfico Nacional).

2.2.2. Medición de los profesionales Ortiz Basualdo y Roberts

Durante el año 1997, los Agrimensores Eduardo Ortiz Basualdo y Alejandro Roberts publicaron un informe en el cual se verificó la red catastral de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Se tomó una muestra de 26 puntos fijos de la red original donde se realizaron mediciones GPS diferenciales, relacionándolas a un punto de coordenadas previamente determinadas, mediante una vinculación al punto IGM0 del marco POSGAR94.

2.2.3. Medición de la Dirección de Catastro de la CABA y el IGN

Durante el mes de julio del año 2011, personal de la Dirección de Obras y Catastro de la Secretaría de Planeamiento del Ministerio de Desarrollo Urbano de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, junto con personal de la Dirección de Geodesia del IGN, realizaron la medición GPS diferencial de 5 puntos de la red original. Las observaciones fueron procesadas junto con las estaciones GPS permanentes IGM1 y MA02, pertenecientes a la Red Argentina de Monitoreo Satelital (RAMSAC), cuyas coordenadas estaban referidas al Marco POSGAR07.

2.2.4. Resultados finales de las mediciones GPS

La totalidad de las coordenadas determinadas en los trabajos mencionados anteriormente arrojaron precisiones relativas inferiores a 2 cm.

En la Figura 3 se puede observar la distribución de los puntos que fueron medidos durante los trabajos mencionados en las secciones anteriores.

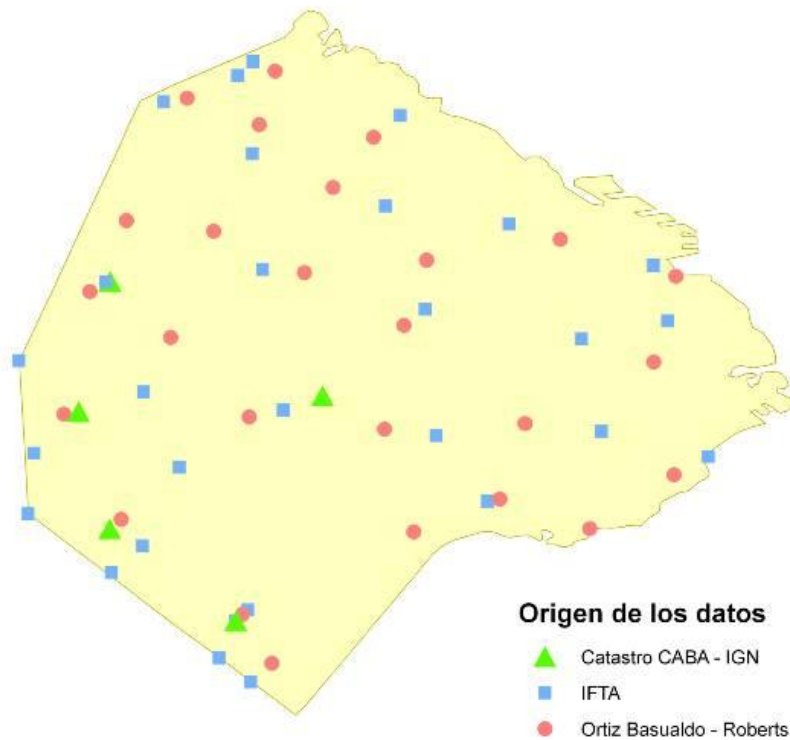


Figura 3: Distribución de los puntos medidos

3. Transformación del sistema 1919 a POSGAR07

3.1. Introducción

Para favorecer la adopción del Marco POSGAR07 en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, se desarrolló una metodología que permite efectuar la transformación de toda la base de datos generada en el sistema de la Ciudad (generalmente denominado "sistema Flores", y de ahora en adelante CABA-1919) al Marco POSGAR07, e incorporar fácilmente las nuevas mediciones realizadas con GPS.

Esta metodología consistió en: a) la definición de una proyección cartográfica conforme de Gauss (cuyo origen coincide con el establecido en el año 1919 y cuyo elipsoide asociado es el WGS84), y b) la determinación de una transformación de similitud bidimensional.

3.2. Conversión de las observaciones GPS a POSGAR07

Las coordenadas de los puntos de la red de 1919 determinadas en el año 1997 mediante el uso de tecnología GPS fueron referidas al Marco POSGAR94. En ese sentido, primeramente se debió transformar dichas coordenadas al Marco POSGAR07.

Para ello, se aplicó una simple traslación de coordenadas cartesianas geocéntricas, en base al punto IGM0, que sirvió de apoyo para ambos trabajos y que posee coordenadas en ambos marcos de referencia (es decir, POSGAR94 y POSGAR07). En la Figura 4 se puede observar un esquema del proceso empleado.

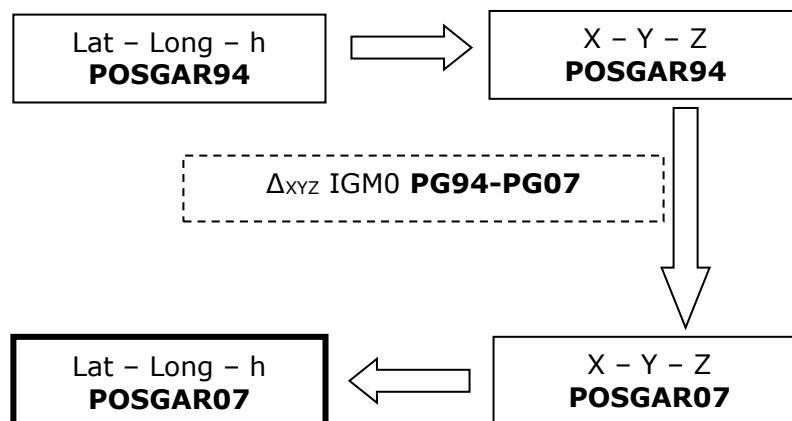


Figura 4: Esquema de la conversión del Marco POSGAR94 al POSGAR07 aplicada

Las componentes del desplazamiento de las coordenadas cartesianas geocéntricas del punto IGM0 son las siguientes:

$$\begin{aligned}\Delta X &= 0.47 \text{ m} \\ \Delta Y &= -0.69 \text{ m} \\ \Delta Z &= 0.25 \text{ m}\end{aligned}$$

En el Anexo I se pueden observar las coordenadas geodésicas referidas al marco POSGAR07 de los puntos medidos durante las campañas geodésicas realizadas por la empresa IFTA, los profesionales Ortíz Basualdo y Roberts, y la Dirección de Catastro de la CABA y el IGN.

3.3. Definición de una proyección cartográfica para la CABA

3.3.3. Nueva proyección cartográfica para la CABA

La definición de la proyección cartográfica se basó en la proyección conforme de Gauss, que tiene la particularidad de conservar los ángulos, que definen las formas de los objetos. Sin embargo, esta proyección deforma las distancias y las áreas, aspecto inevitable al utilizar una proyección cartográfica conforme. Los parámetros de la proyección definida son los siguientes:

<i>Latitud de origen</i>	-34° 37' 45.36"
<i>Longitud del meridiano central</i>	-58° 27' 47.91"
<i>Falso Norte</i>	70000.00 m
<i>Falso Este</i>	20000.00 m
<i>Factor de escala del meridiano central</i>	1
<i>Elipsoide de referencia</i>	WGS84

En el Anexo II se pueden observar las coordenadas referidas al Marco POSGAR07 de los puntos observados durante las campañas realizadas por IFTA, Ortíz Basualdo y Roberts, y Catastro CABA e IGN, en la nueva proyección cartográfica. De ahora en adelante, estas coordenadas serán denominadas CABA-PG07.

3.3.4. Algunas consideraciones sobre la proyección cartográfica

Las coordenadas geodésicas de la latitud de origen y longitud del meridiano central se aproximan a las del punto que definió originalmente el sistema CABA-1919, es decir, la cruz de la torre principal de la Iglesia San José de Flores.

Los valores de falso Norte y Este utilizados fueron definidos de forma de: a) evitar el uso de valores negativos en las coordenadas, y b) asegurar que el dígito correspondiente a la unidad de las decenas de miles de las coordenadas Norte y Este siempre sea distinto.

El elipsoide de referencia utilizado en este caso, coincide con aquel adoptado por el Marco de Referencia Geodésico Nacional POSGAR07, es decir, WGS84.

Las proyecciones conformes inevitablemente deforman los valores de las áreas y longitudes reales. La fórmula que expresa la relación entre una longitud proyectada y medida es la siguiente:

$$m = 1 + \frac{Y'^2}{2R^2}$$

donde m es el módulo de deformación, Y' es el apartamiento al meridiano central, y R el radio medio terrestre.

Con respecto a las deformaciones de la proyección, a 15 km de distancia del meridiano central, se tiene una deformación de 3 mm para una distancia de 1 km y de 14 mm para una distancia 5 km. Esto implica que las deformaciones propias de la proyección son despreciables frente a la precisión de la red original.

3.4. Metodología empleada para determinar la transformación

Para obtener los parámetros de transformación se utilizó una transformación de similitud bidimensional, también conocida como transformación de Helmert 2D. La misma se basa en la definición de 4 parámetros que describen la relación que existe entre las coordenadas de un punto referido en dos sistemas de coordenadas planos libres de deformación, en este caso, CABA-1919 y CABA-PG07.

Resulta importante destacar que, si bien la proyección utilizada para dar origen a CABA-PG07 no se encuentra libre deformaciones (por estar basada en una proyección cilíndrica transversa), a los efectos de su definición en el ámbito de la CABA sus deformaciones pueden despreciarse. Esto permite compatibilizar las geometrías de ambas redes (la original y la medida con GPS) y tratar a ambas en forma análoga.

Las operaciones necesarias para transformar las coordenadas del sistema CABA-1919 al CABA-PG07 se pueden observar en la Figura 5 y son las siguientes:

- a. Traslación bidimensional del origen;
- b. Rotación diferencial de los ejes; y
- c. Aplicación de un factor de escala entre los sistemas, que expresa la relación entre las medidas lineales.

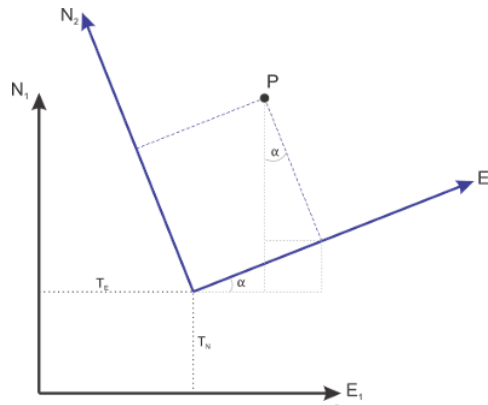


Figura 5: Esquema de una transformación de similitud bidimensional

La expresión matricial de la transformación es la siguiente:

$$\bar{X}_2 = \bar{T} + \lambda.R.\bar{X}_1$$

donde $\bar{X}_1 = (E_1; N_1)^T$ representa las coordenadas en el sistema CABA-PG07, $\bar{X}_2 = (E_2; N_2)^T$ simboliza las coordenadas en el sistema CABA-1919, $\bar{T} = (T_E; T_N)^T$ es el vector de traslación de origen entre ambos sistemas, λ es el factor de escala entre los sistemas y $R = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\text{sen} \alpha \\ \text{sen} \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}$ es la matriz de rotación entre los sistemas.

Para determinar los parámetros de transformación se aplicó el método de las ecuaciones de observación, que tienen la siguiente forma:

$$\begin{aligned} E_2 &= T_E + a.E_1 - b.N_1 \\ N_2 &= T_N + a.N_1 + b.E_1 \end{aligned}$$

donde $a = \lambda.\cos \alpha$ y $b = \lambda.\text{sen} \alpha$.

Estas ecuaciones se pueden desarrollar matricialmente de la siguiente forma:

$$A.X = L + V$$

donde

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & E_1 & -N_1 \\ 0 & 1 & N_1 & E_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix} \quad L = \begin{pmatrix} E_2 \\ N_2 \\ \vdots \end{pmatrix} \quad X = \begin{pmatrix} T_E \\ T_N \\ a \\ b \end{pmatrix}$$

La resolución del sistema anterior se puede realizar a partir del método de mínimos cuadrados de la siguiente forma:

$$X = (A^T.A)^{-1}.(A^T.L)$$

La estimación del error en el cálculo de los parámetros (también denominado error medio de la unidad de peso) se obtiene de la siguiente forma:

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{V_T \cdot V}{2n - 4}}$$

donde n es el número de puntos que tienen coordenadas en los dos sistemas (es decir, CABA-1919 y CABA-PG07).

3.5. Parámetros de transformación

Para obtener los parámetros de transformación se utilizó la metodología propuesta en la Sección anterior junto con las coordenadas de los 47 puntos observados con GPS (ver Figura 6).

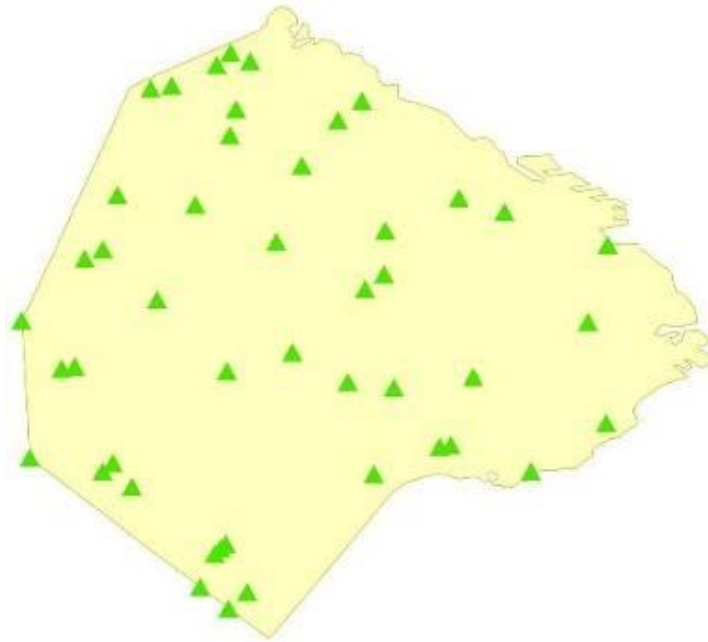


Figura 6: Puntos utilizados para el cálculo de los parámetros

Los parámetros determinados para pasar del sistema CABA-1919 al sistema CABA-PG07 son los siguientes:

$$X = \begin{pmatrix} T_E = 20000.35m \\ T_N = 70000.69m \\ a = 0.99998 \\ b = -0.00005 \end{pmatrix}, \text{ donde } \alpha = 0^\circ 0' 10'' \text{ y } \lambda = 0.99998$$

El error medio de la unidad de peso (σ_0) de la transformación arrojó un valor de 0.07 m.

Los parámetros determinados para pasar del sistema CABA-PG07 al sistema CABA-1919 son los siguientes:

$$X = \begin{pmatrix} T_E = -19997.25m \\ T_N = -70002.94m \\ a = 1.00002 \\ b = 0.00005 \end{pmatrix}, \text{ donde } \alpha = 359^\circ 59' 50'' \text{ y } \lambda = 1.00002$$

En la Figura 7 se pueden observar los desvíos obtenidos, es decir, las diferencias entre los valores CABA-PG07 transformados y los medidos. Estos resultados expresan el nivel de consistencia entre los dos marcos de referencia.

En el Anexo III se podrá observar el análisis de las deformaciones ocasionadas por la aplicación de los parámetros de transformación en la Ciudad de Buenos Aires.

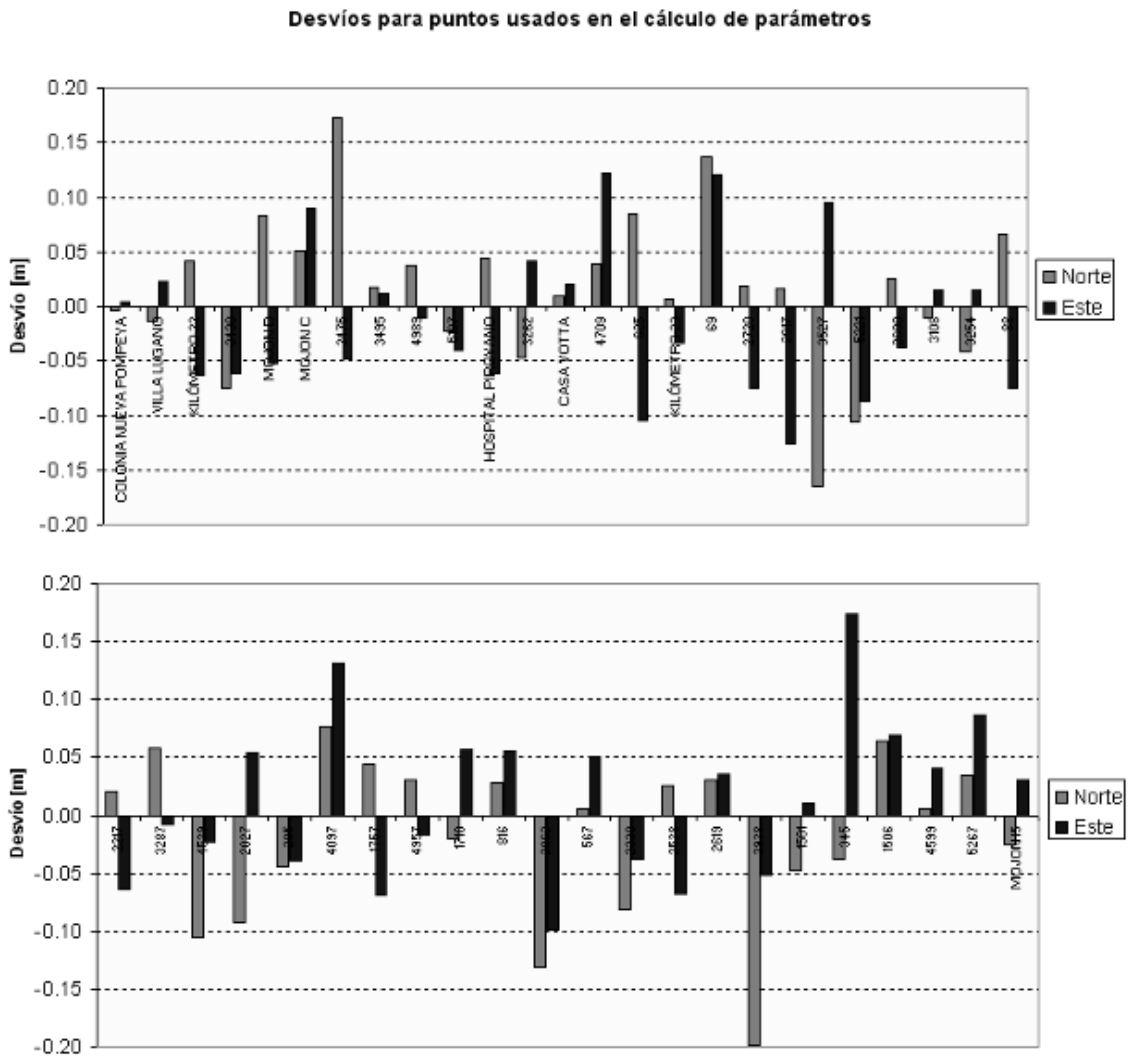


Figura 7 – Desvíos para puntos usados en el cálculo de parámetros definitivos

3.6. Aplicación de los parámetros de transformación

Para realizar el pasaje de coordenadas del sistema CABA-1919 a CABA-PG07 se deberá realizar lo siguiente:

$$\begin{aligned}E_{CABA-PG07} &= T_E + a.E_{CABA-1919} - b.N_{CABA-1919} \\ N_{CABA-PG07} &= T_N + a.N_{CABA-1919} + b.E_{CABA-1919}\end{aligned}$$

donde

$$\begin{aligned}T_E &= 20000.35 \text{ m} \\ T_N &= 70000.69 \text{ m} \\ a &= 0.99998 \\ b &= -0.00005\end{aligned}$$

Para realizar el pasaje de coordenadas del sistema CABA-P07 a CABA-1919 se deberá realizar lo siguiente:

$$\begin{aligned}E_{CABA-1919} &= T_E + a.E_{CABA-P07} - b.N_{CABA-P07} \\ N_{CABA-1919} &= T_N + a.N_{CABA-P07} + b.E_{CABA-P07}\end{aligned}$$

donde

$$\begin{aligned}T_E &= -19997.25 \text{ m} \\ T_N &= -70002.94 \text{ m} \\ a &= 1.00002 \\ b &= 0.00005\end{aligned}$$

En el Anexo IV se describe el procedimiento empleado para transformar un archivo en formato shape file utilizando el programa ArcGIS™ 9.3 desde el sistema CABA 1919 al sistema CABA-PG07.

Anexo I - Coordenadas geodésicas de los puntos medidos por IFTA y Ortíz Basualdo-Roberts

Nomenclatura del punto	Coordenadas geodésicas POSGAR07							
	Latitud			Longitud			h [m]	
COLONIA NUEVA POMPEYA	-34	39	4.23733	-58	24	46.02357	19.952	IFTA
VILLA LUGANO	-34	40	53.2089	-58	28	35.60746	34.895	
KILÓMETRO 22	-34	41	49.05789	-58	28	21.89585	25.94	
3438	-34	39	44.95432	-58	30	0.62976	29.253	
MOJON D	-34	39	15.4387	-58	31	45.17267	41.53	
MOJON C	-34	36	55.73779	-58	31	53.49438	42.592	
3475	-34	32	59.49203	-58	29	41.39607	27.986	
3495	-34	32	35.55779	-58	28	33.99366	27.405	
4989	-34	33	11.95644	-58	26	5.37363	19.318	
5197	-34	32	22.76295	-58	28	19.95922	33.183	
HOSPITAL PIROVANO	-34	33	46.81658	-58	28	20.31921	32.8	
3262	-34	40	43.16277	-58	28	24.53603	32.572	
CASA VOTTA	-34	38	4.14106	-58	25	32.73459	51.871	
4709	-34	34	50.79619	-58	24	26.23705	20.462	
625	-34	36	8.67171	-58	25	42.88156	34.365	
KILÓMETRO 23	-34	41	27.15041	-58	28	50.88717	29.556	
69	-34	35	38.68048	-58	21	53.98772	12.366	
2720	-34	39	29.08372	-58	23	12.56733	11.105	
2917	-34	33	20.36213	-58	28	14.19168	25.416	
3527	-34	32	56.0519	-58	29	19.98221	24.946	
5221	-34	32	31.45559	-58	27	59.67429	20.296	
2608	-34	39	2.32536	-58	24	34.76975	19.895	
3108	-34	41	32.2279	-58	28	2.77001	23.094	
3254	-34	40	47.67774	-58	28	29.85398	30.975	
88	-34	39	20.76212	-58	30	20.15243	38.845	
2217	-34	34	57.53622	-58	28	55.79176	32.086	
3287	-34	34	47.90222	-58	30	15.42771	39.446	
4539	-34	35	52.611	-58	30	48.71683	40.395	
2027	-34	36	34.52741	-58	29	34.98633	35.815	
205	-34	37	47.07339	-58	28	23.45072	37.785	
4097	-34	37	44.70396	-58	31	12.41625	39.685	
1757	-34	34	17.5798	-58	27	6.91564	35.916	
4957	-34	33	31.81692	-58	26	29.87663	19.086	
1710	-34	39	32.14609	-58	25	53.36085	21.135	
816	-34	37	58.3583	-58	26	20.00988	25.705	
2062	-34	37	53.09226	-58	24	11.8291	33.335	
567	-34	36	23.58897	-58	26	2.23601	30.485	
2339	-34	35	35.49867	-58	27	33.03421	29.696	
2528	-34	36	57.13891	-58	22	14.39072	20.185	
2619	-34	35	5.14283	-58	23	39.6662	21.546	
2938	-34	38	40.08249	-58	21	55.71467	18.765	
1581	-34	35	23.97817	-58	25	41.42948	27.816	
345	-34	37	28.05272	-58	27	16.48633	38.951	Catastro CABA - IGN
1506	-34	39	29.43767	-58	30	30.69912	39.044	
4599	-34	35	43.31707	-58	30	30.4434	41.496	
5267	-34	37	42.44276	-58	30	59.02607	38.133	
MOJON I5	-34	40	53.2085	-58	28	35.60777	34.806	

Anexo II - coordenadas planas de puntos observados en los sistemas CABA-1919 y CABA-PG07

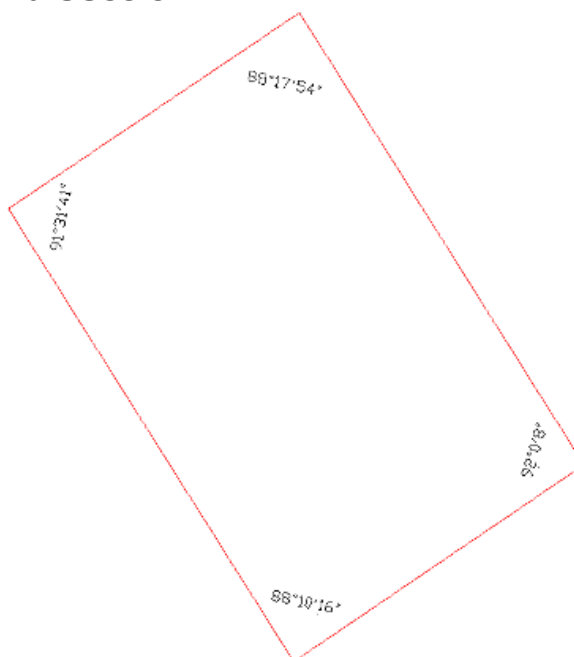
Nomenclatura	CABA-1919		CABA-PG07	
	N [m]	E [m]	N [m]	E [m]
COLONIA NUEVA POMPEYA	-2432.27	4631.59	67568.23	24631.73
VILLA LUGANO	-5789.52	-1214.24	64211.34	18785.83
KILÓMETRO 22	-7510.45	-865.03	62490.38	19135.03
3438	-3686.92	-3379.54	66314.08	16620.75
MOJON D	-2778.71	-6042.04	67222.25	13958.34
MOJON C	1526.07	-6256.93	71526.99	13743.52
3475	8808.00	-2894.32	78808.50	17106.57
3495	9545.84	-1175.87	79546.40	18824.96
4989	8424.13	2613.42	78424.49	22614.15
5197	9940.13	-818.12	79940.70	19182.78
HOSPITAL PIROVANO	7350.07	-826.96	77350.63	19173.83
3262	-5479.93	-932.43	64520.95	19067.63
CASA VOTTA	-579.90	3442.69	69420.62	23442.93
4709	5377.43	5139.53	75377.73	25139.93
625	2978.50	3185.16	72978.89	23185.71
KILÓMETRO 23	-6835.52	-1603.02	63165.37	18397.05
69	3899.18	9018.54	73899.22	29018.80
2720	-3199.29	7010.87	66801.09	27011.01
2917	8165.26	-670.92	78165.82	19329.97
3527	8913.85	-2348.23	78914.66	17652.51
5221	9672.24	-300.89	79672.87	19700.03
2608	-2373.46	4918.16	67627.00	24918.34
3108	-6991.81	-378.22	63009.03	19621.78
3254	-5619.08	-1067.81	64381.80	18932.27
88	-2941.50	-3876.99	67059.37	16123.37
2217	5170.64	-1730.73	75171.30	18269.97
3287	5466.85	-3760.44	75467.57	16240.26
4539	3472.24	-4607.81	73473.20	15392.82
2027	2181.42	-2728.51	72182.30	17271.94
205	-53.62	-905.68	69947.16	19094.72
4097	17.88	-5209.44	70018.75	14790.87
1757	6402.17	1044.20	76402.65	21044.92
4957	7812.24	1988.60	77812.66	21989.32
1710	-3291.70	2916.64	66708.92	22916.72
816	-401.37	2238.63	69599.19	22238.87
2062	-240.46	5503.46	69760.09	25503.80
567	2518.87	2692.05	72519.37	22692.43
2339	4000.97	378.50	74001.65	20379.08
2528	1481.81	8496.32	71482.03	28496.66
2619	4934.65	6326.11	74934.90	26326.56
2938	-1691.10	8969.21	68309.37	28969.37
1581	4355.60	3222.69	74356.10	23223.19
345	532.61	800.27	70533.29	20800.46
1506	-3208.97	-4145.27	66791.91	15854.93
4599	3758.99	-4142.25	73759.81	15858.32
5267	87.72	-4868.45	70088.61	15131.91
MOJON I5	-5789.52	-1214.24	64211.35	18785.82

Anexo III - Efectos de la transformación bidimensional de similitud utilizada

La transformación bidimensional de similitud es la herramienta a utilizar para el traspaso de la información expresada en el sistema CABA-1919 a CABA-PG07. Al tratarse de una transformación de similitud, mantendrá los rumbos, es decir, las formas de los elementos (parcelas, manzanas, en este caso). En contrapartida, las distancias y áreas se verán deformadas. Esto es así debido al factor de escala incluido en la transformación.

Para la transformación obtenida, el factor de escala es $\lambda=0.99998$, lo cual implica que las distancias del sistema original se verán reducidas. Consecuentemente se verán reducidas también las áreas. A continuación se realizan algunos ejemplos.

Manzana 45 de la sección 41



Distancia CABA-1919 [m]	Distancia CABA-PG07 [m]	Diferencia [m]
86.16	86.16	0.00
130.93	130.93	0.00
85.78	85.78	0.00
131.37	131.37	0.00

Área original= 11270.00 m²

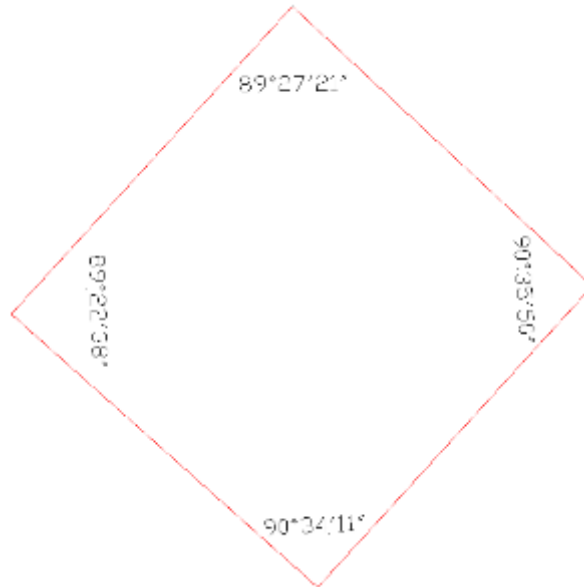
Área proyectada= 11269.60 m²

Diferencia= -0.63 m²

Puede notarse que para una manzana, las deformaciones en las distancias se encuentran por debajo del centímetro, mientras que la

diferencia de área representa solamente el 0.6% de la superficie original, lo cual hace tolerable esta deformación.

Sector de 4 manzanas



Distancia CABA-1919 [m]	Distancia CABA-PG07 [m]	Diferencia [m]
281.72	281.71	0.01
277.36	277.36	0.01
276.07	276.06	0.01
277.62	277.62	0.01

Área original= 77386.00 m²
 Área proyectada= 77383.20 m²

 Diferencia= -1.67 m²

En este caso se consideró un bloque de 4 manzanas, para el cual la deformación de sus lados ascendió a solamente un centímetro, y la deformación de superficie representa solamente el 0.2% del total.

Sector grande

Distancia CABA-1919 [m]	Distancia CABA-PG07 [m]	Diferencia [m]
2000.00	1999.96	0.04
2000.00	1999.96	0.04
2000.00	1999.96	0.04
2000.00	1999.96	0.04

Área original= 4000000 m²
 Área proyectada= 3999855 m²

 Diferencia= -12.04 m²

Para este bloque de un tamaño importante, 2Km de lado, las deformaciones de los lados ascendieron a solamente 4cm, lo cual es representa solamente el 0.002%, y el área de la región se ve reducida en un 0.03%, lo cual es un valor ínfimo.

En conclusión, la transformación bidimensional de similitud permite el traspaso de la información en el sistema CABA-1919 a CABA-PG07, manteniendo las magnitudes angulares pero inevitablemente deformando las distancias y áreas medidas, en un porcentaje muy pequeño.

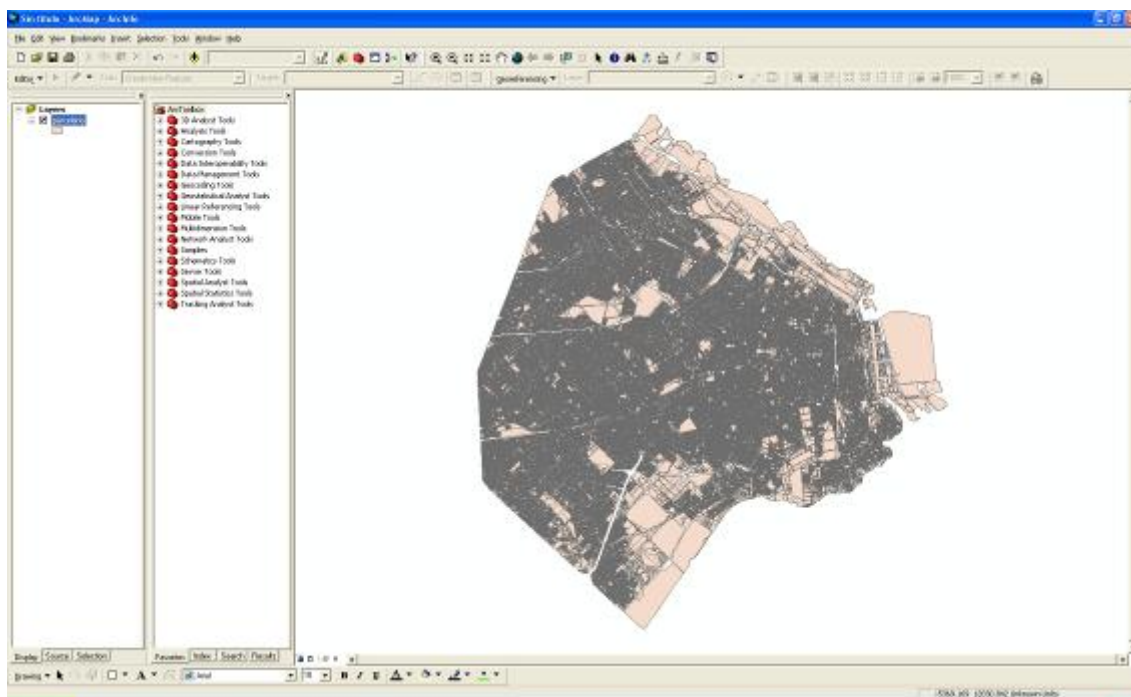
Anexo IV - Aplicación de parámetros de transformación mediante el programa ArcGIS™ 9.3

Para la aplicación de los parámetros obtenidos a un listado de coordenadas, es suficiente la programación de las fórmulas en una planilla de cálculo para la transformación de las mismas.

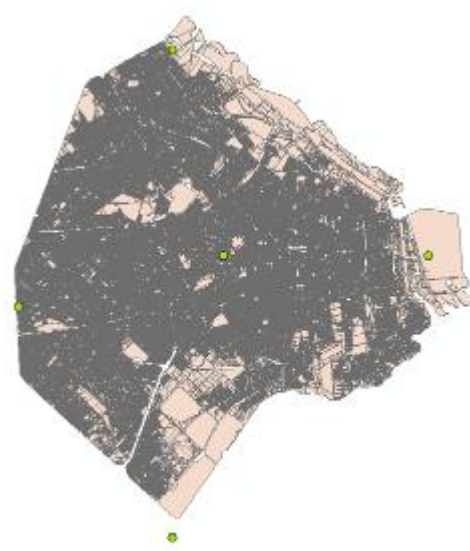
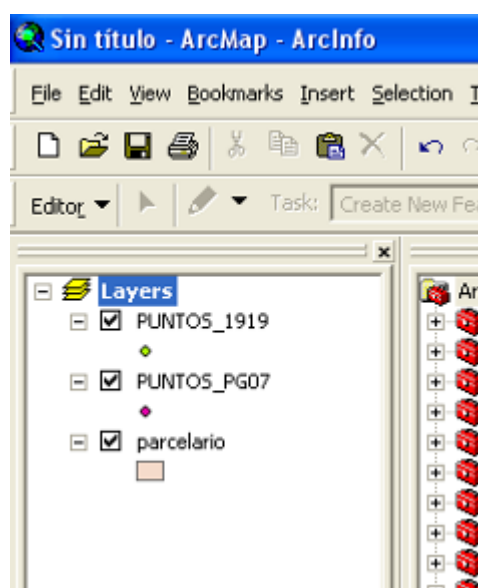
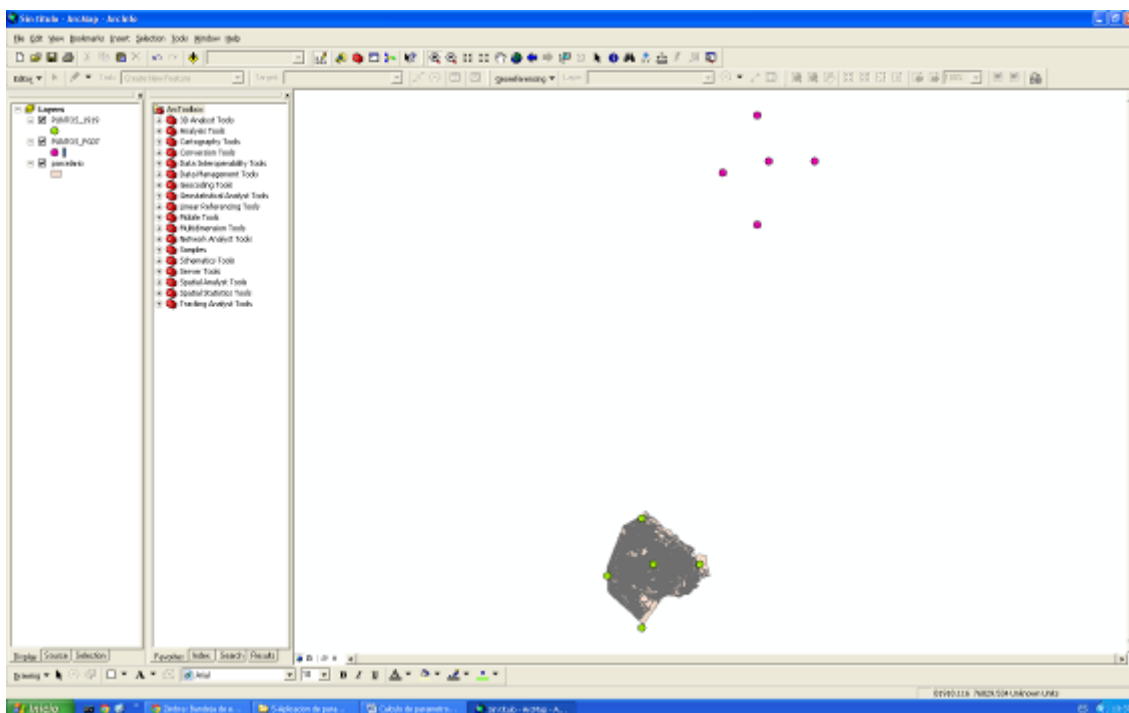
A la hora de tratar un archivo vectorial con una tabla de atributos asociada (formato shapefile por ejemplo), es necesario utilizar un programa que permita aplicar una transformación a todo el archivo, respetando la tabla de atributos asociada. Esta aplicación es fundamental para la conversión de una base de datos catastral.

A continuación se detallan los pasos para efectuar la conversión de un archivo Shape del sistema CABA-1919 a CABA-PG07:

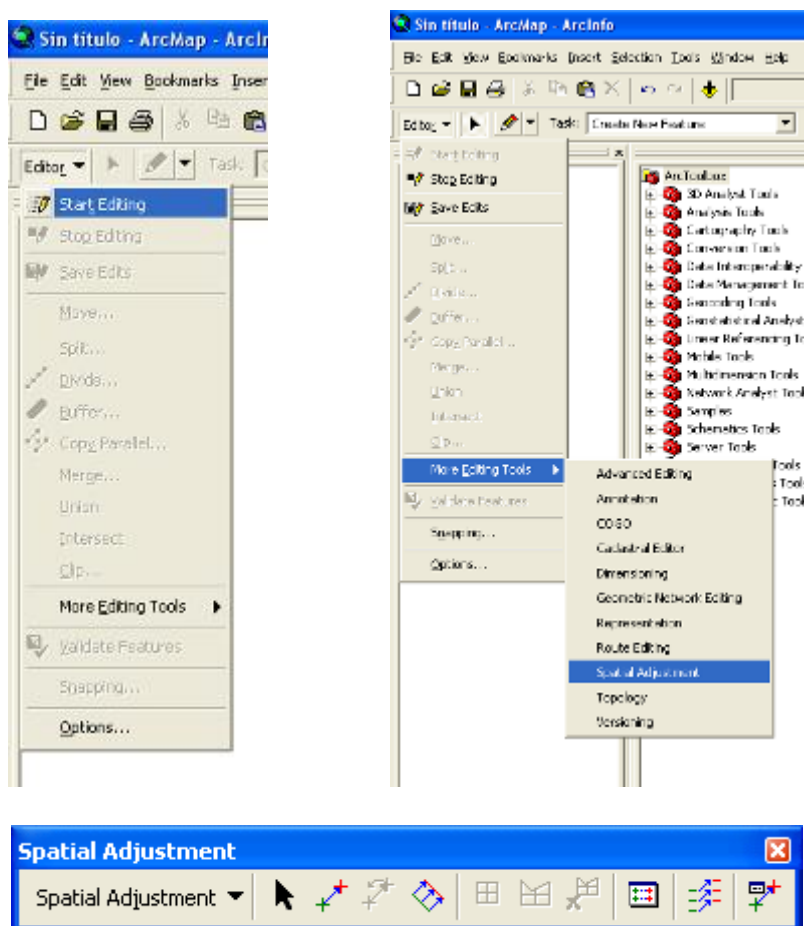
1) Debe cargarse el shape en el sistema CABA-1919 (no es necesario indicar el sistema de coordenadas ni la proyección).



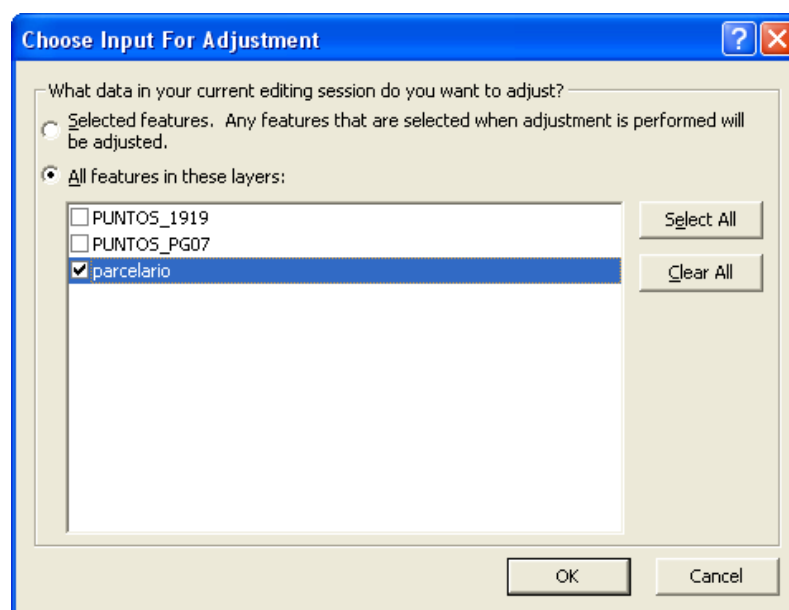
2) Luego se cargarán dos shapefiles generados previamente, que contengan respectivamente puntos en el sistema CABA-1919 (contenidos dentro de PUNTOS_1919.zip) y sus transformados en CABA-PG07 (contenidos dentro de PUNTOS_PG07.zip) mediante los parámetros obtenidos en el presente trabajo. Los mismos deberán hallarse en el mismo directorio que el shapefile a transformar (no es necesario indicar el sistema de coordenadas ni la proyección de ninguno de los shapefiles involucrados).



3) En ArcGIS, activar la opción de edición mediante el botón *Editor – Start Editing*. Luego ir a *Editor – More Editing Tools – Spatial Adjustment*.



4) Se debe seleccionar los elementos a transformar, es decir, el shapefile en cuestión ("parcelario" en el ejemplo). Para ello ir a *Spatial Adjustment – Set Adjust Data*.



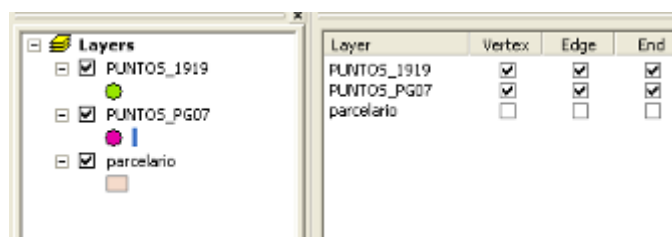
5) Con la opción *Spatial Adjustment – Adjustment Methods – Transformation - Similarity* se establece el uso de una transformación

de similitud. En este punto debe comprenderse que el programa calculará una transformación de similitud basada en los puntos ingresados previamente. Al haber sido calculados mediante los parámetros que se han explicado durante el presente trabajo, es esperable que la transformación que calcule el programa sea idéntica a la oficial.

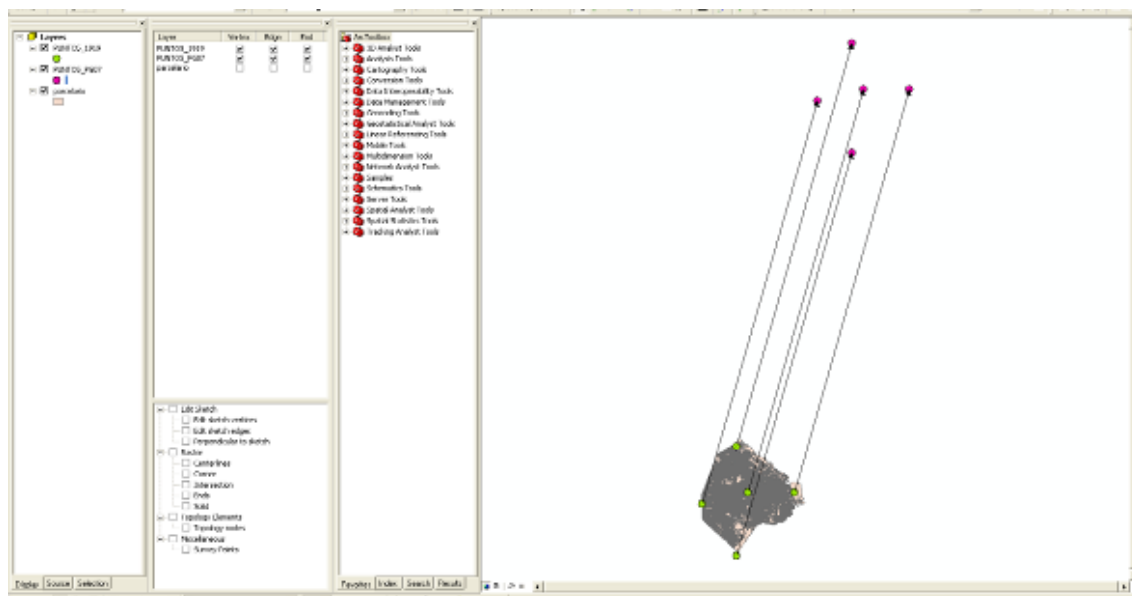
Con el botón *New Displacement Link* se deberán unir los puntos correspondientes entre los shapes PUNTOS_1919 y PUNTOS_PG07.



Observación: para asegurar la correcta selección de los puntos deben habilitarse las opciones de *Snapping*. Mediante la opción *Editor – Snapping*, se debe configurar el menú emergente del siguiente modo:



De este modo se podrán seleccionar con seguridad los puntos correspondientes.

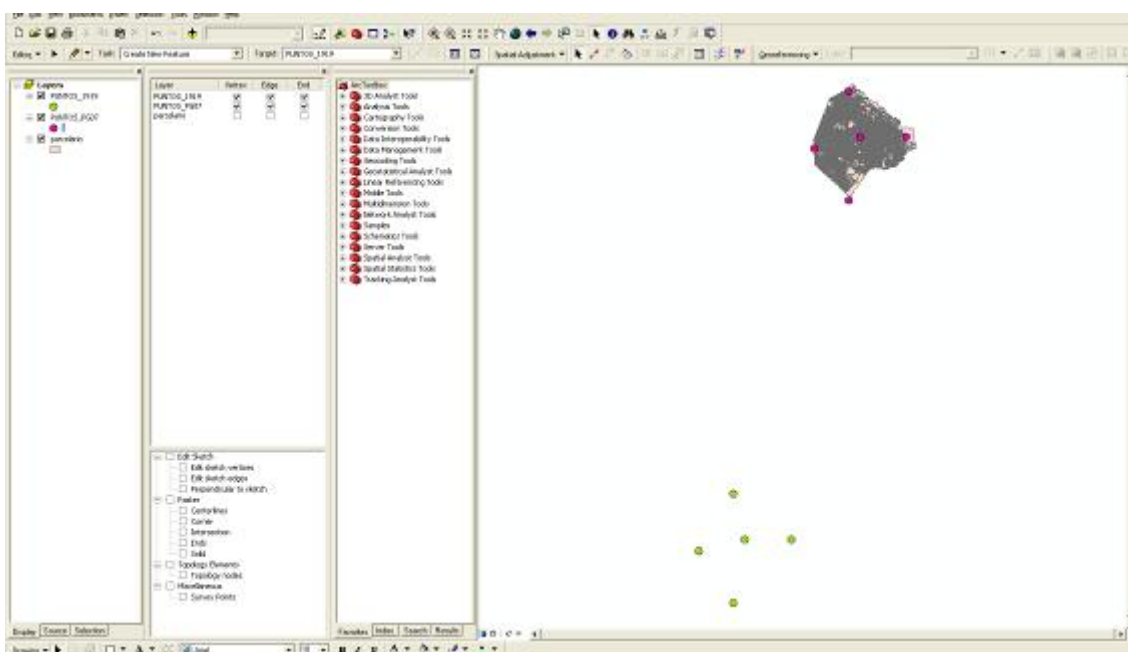


En la ventana *Spatial Adjustment – Links – View Link Table* se puede observar el error de la transformación. Al estar basada en puntos previamente transformados, su error será de pocos milímetros, debidos solamente al redondeo de datos.

ID	X Source	Y Source	X Destination	Y Destination	Residual Error
1	0.000000	10000.000000	20000.840000	80000.510000	0.002354
2	-6000.000000	0.000000	14000.460000	70000.980000	0.001909
3	2000.000000	2000.000000	22000.410000	72000.550000	0.003799
4	0.000000	-9000.000000	19999.910000	61000.850000	0.001960
5	10000.000000	2000.000000	30000.270000	72000.160000	0.001375

RMS Error: 0.002423

6) Para aplicar la transformación picar *Spatial Adjustment – Adjust*.



De este modo se habrá transformado el shapefile a CABA-PG07, manteniendo la tabla de atributos.

Finalmente, es necesario indicar el sistema y proyección utilizados. Para ello basta con crear un archivo de texto que contenga la siguiente línea de texto:

```
PROJCS ["CABA-
PG07",GEOGCS ["GCS_WGS_1984",DATUM ["D_WGS_1984",SPHEROID ["WGS_1984",637
8137.0,298.257223563]],PRIMEM ["Greenwich",0.0],UNIT ["Degree",0.0174532
925199433]],PROJECTION ["Transverse_Mercator"],PARAMETER ["False_Easting
",20000.0],PARAMETER ["False_Northing",70000.0],PARAMETER ["Central_Merid
ian",-
58.46330833333333],PARAMETER ["Scale_Factor",1.0],PARAMETER ["Latitude_of
_Origin",-34.62926666666667],UNIT ["Meter",1.0]]
```

El texto contiene los parámetros de la proyección cartográfica definida para el presente trabajo.

Al archivo generado y guardado se le cambiará la extensión a **.prj*, y el nombre que deberá tener es el mismo que el del resto de los archivos que comprenden el shapefile. De este modo, la próxima vez que se cargue el shapefile transformado, el programa automáticamente identificará la proyección utilizada y será posible combinar datos obtenidos en coordenadas geodésicas y reprojectar incluso a otros sistemas.