

# **Estudio para la generación de una cartografía urbana en las Localidades de Villa Serrana y Marco de Los Reyes utilizando métodos no tradicionales**

**Jorge FAURE y Danilo BLANCO, Uruguay**

**Palabras claves:** Parcelario, Cartografía, Catastro

## **RESUMEN**

The National Cadaster Office has among its goals to have the georeferenced vectorial parcels from all the small urban towns of the country with the best possible geometric quality.

There are several towns in which we found with the particularity that if we think of working with the traditional way with aerial images, it couldn't be possible to build a vectorial parcels due to the fact that in this zones it isn't possible to distinguish apparent parcels due to multiple factors, for example: unopened streets, irregular blocks, lands without enclosing. It's necessary to manage other methodologies if it is wished to obtain

Villa Serrana and Marco de Los Reyes localities, both settled at Lavalleja Department are in this situation, that's why it's necessary to study and implement these alternative methodologies.

Among the activities to achieve we can emphathize: the confection of vectorial parcels from the localities and the definition of a valid methodology that could be repeated by the National Cadaster's Office for similar cases.

## **RESUMEN**

La Dirección Nacional de Catastro cuenta entre sus objetivos el disponer de parcelarios vectoriales georeferenciados de todas las localidades catastrales del país con la mayor calidad geométrica posible.

Existen varias localidades para las cuales nos encontramos con la particularidad que si se piensa en la metodología tradicional de trabajar con imágenes aéreas, no se podría realizar la confección de un parcelario vectorial ya que en esas zonas no es posible distinguir un parcelario aparente debido a múltiples factores, como ser: calles sin abrir, manzanas muy irregulares, predios sin cercar. Resulta necesario manejar otras metodologías si se desea obtener parcelarios catastrales vectoriales con cierto grado de calidad de las zonas en cuestión.

Las Localidades de Villa Serrana y Marco de Los Reyes pertenecientes al Departamento de Lavalleja se encuentran en esta situación, por lo que se hace necesario estudiar e implementar estas metodologías alternativas.

Entre las actividades a realizar se destacan: confección de los parcelarios vectoriales de las localidades y definir una metodología validada que podrá ser replicada por la Dirección Nacional de Catastro para casos similares.

# Estudio para la generación de una cartografía urbana en las Localidades de Villa Serrana y Marco de Los Reyes utilizando métodos no tradicionales

Jorge FAURE y Danilo BLANCO, Uruguay

## 1. DESARROLLO

### 1.1 Recopilación de antecedentes.

Se realizó el estudio catastral y determinación de antecedentes gráficos que conforman la zona de estudio (localidades Villa Serrana y Marco de los Reyes).

La Localidad de Villa Serrana se encuentra a 20 km de la ciudad de Minas, capital del Departamento de Lavalleja, fue empadronada por la Dirección General de Catastro como zona suburbana en el año 1968.

La Localidad de Marco de los Reyes se encuentra contigua a Villa Serrana y fue creada por Decreto de la Junta Departamental Nro. 4759 y empadronada por la Dirección General de Catastro como zona suburbana en el año 1973.

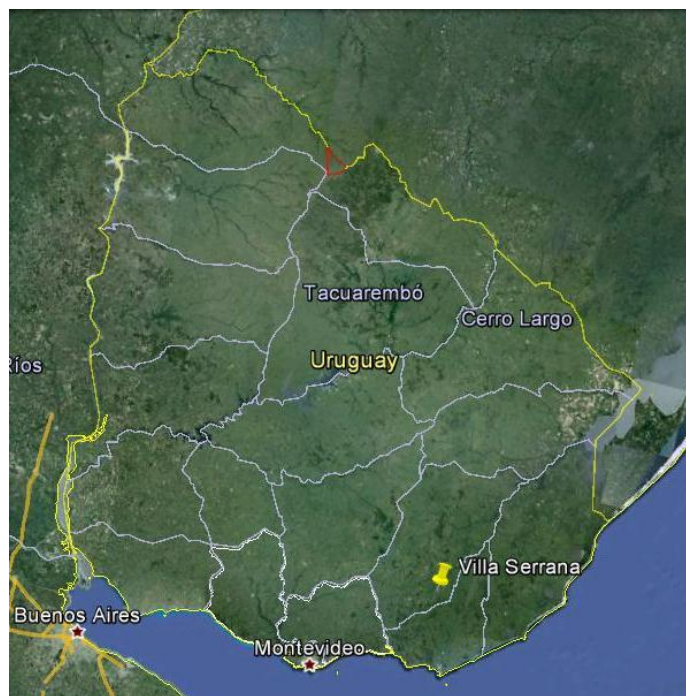


Figura 1.- Ubicación de Villa Serrana en el Uruguay.

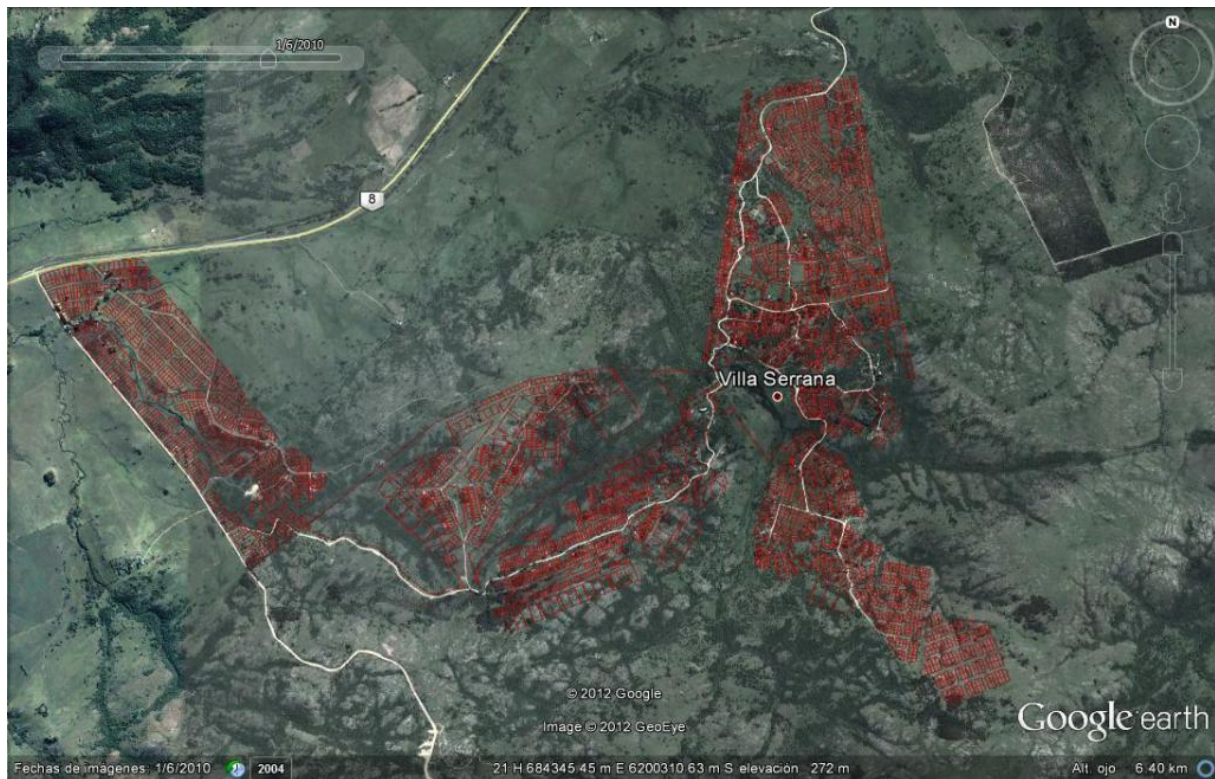
Las localidades surgieron y se fueron desarrollando en base a Planos de Mensura de Fraccionamiento. En nuestro país los Planos de Mensura son realizados por Ingenieros Agrimensores y registrados por la Dirección Nacional de Catastro. Los mismos documentan la existencia de hechos y/o derechos relacionados con las unidades catastrales y sirven de base para las diversas mutaciones dominiales que son inscriptas en el registro correspondiente.

Unas vez individualizados aquellos Planos de Mensura, Fraccionamientos involucrados, se obtuvo copia de la totalidad de los mismos al Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Dirección Nacional de Topografía, disponiéndose de los mismos para su digitalización.

Se realizó un estudio de las posibles imágenes aéreas disponibles de la zona, lo cual dio como

resultado dos opciones: las fotos del vuelo de la Fuerza Aérea Uruguaya de la década de 1960 o las imágenes del Google Earth®.

El requisito primordial de éstas es que estén actualizadas y tener una precisión tal que permita la georreferenciación inicial de la cartografía digital. Las fotos aéreas, no tienen la actualización necesaria, fundamentalmente teniendo en cuenta el desarrollo de la zona en el período transcurrido desde la toma de las imágenes, por lo cual se optó por utilizar las imágenes del Google Earth®.



**Figura 2.-** Imagen Google Earth®, y parcelario de la zona de estudio.



Figura 3.- Detalle del parcelario superpuesto en la imagen.

## 1.2 Vectorización de los planos de mensura.

Considerando que la información gráfica base para la generación de la cartografía surge de los planos de mensura registrados de la zona, de acuerdo a lo reseñado en el párrafo anterior, es que se procedió a digitalizar los mismos.

Se consideró adecuado realizar la vectorización de los planos en forma matemática, es decir reconstruir la geometría de los mismos a partir de la información que en ellos hubiere.

Para esto se concibió el concepto de Bloque Homogéneo (B.H.), el cual comprende aquellos sectores de un plano que inequívocamente pueden ser gráficamente reconstruidos a partir de los datos disponibles en él. Esto implica que un plano pueda tener más de un Bloque Homogéneo.

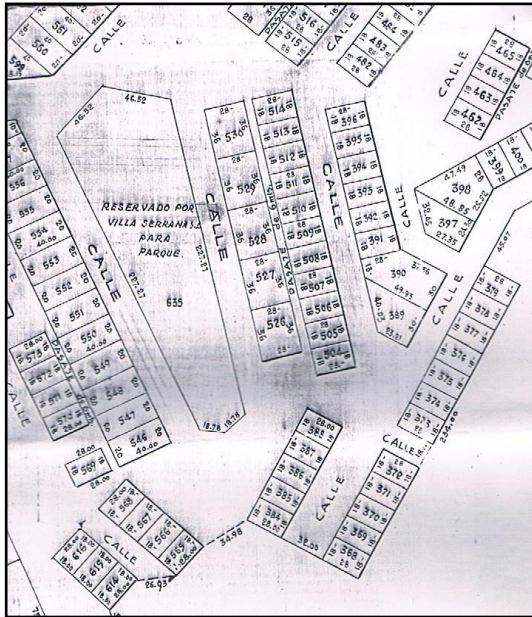


Figura 4.- Sector de un Plano de Mensura.



Figura 5.- Bloque Homogéneo.

Teniendo en consideración que la mayoría de los Planos de Mensura comprendidos en el estudio son anteriores a la vigencia del Decreto de Cotejo y Registro de Planos (318/1995), es que la información contenida en los gráficos responde al criterio del profesional que realizó el plano. En los casos en que dicha información no permitió la reconstrucción de la figura en forma inequívoca, se recurrió a la utilización de un scanner, con lo cual se logra disponer del plano en formato raster, siendo posible su transformación a un formato vectorial.

En la mayor parte de los casos se realizó la vectorización matemática y en un porcentaje mínimo se recurrió al formato raster descrito previamente. Por tal motivo se optó por hacer uso de un software de diseño asistido (CAD), el cual es la herramienta informática que mejor se adapta a tales fines.

A continuación se transcribe el detalle de los Planos de Mensura registrados en la zona.

Agrimensor	Número de registro	Fecha de registro	Número de manzanas	Número de solares o fracciones	Escala	Bloques
Juan Bernasconi	2	13/01/1950	28	271	1/2000	2
Juan Bernasconi	3	10/01/1949	60	269	1/2000	3
Juan Bernasconi	110	28/05/1948	46	362		1
Juan Bernasconi	124	12/06/1950	50	583	1/2000	3
Juan Bernasconi	600	21/06/1954	21	150	1/2000	2
Juan Bernasconi	602	21/06/1954	9	90		1
Juan Bernasconi	1387	13/11/1957	1	2	1/2000	1
Juan Bernasconi	1452	22/04/1958	3	12	1/2000	1
Juan Bernasconi	1453	22/04/1958	4	12	1/2000	1
Juan Bernasconi	1771	13/06/1956	3	46		1
Juan Bernasconi	1894	02/10/1957	5	15	1/2000	1
Juan Bernasconi	2057	06/11/1959	73	740	1/2000	6
Juan Bernasconi	2117	22/08/1960	39	373		3
Juan Bernasconi	2133	08/11/1960	6	52	1/2000	1
Juan Bernasconi	2134	08/11/1960	7	57		1
Juan Bernasconi	2135	08/11/1960	14	131		3
Juan Bernasconi	2167	13/04/1961	1	14	1/1000	1
Damasco	2327	09/07/1963	9	36	1/1000	2
Damasco	2328	09/09/1963	5	39	1/1000	2
Miguel Graña	2889	17/01/1969				1
Miguel Graña	7106	09/07/1992	1	1	1/2000	1
Hugo Rivero	10326	25/03/2010	1	2	1/4000	1
Pablo Fuentes	10592	08/11/2011	1	2		1
<b>TOTALES</b>			<b>387</b>	<b>3259</b>		<b>40</b>

### 1.3 Investigación de algoritmos para la georreferenciación y ajuste.

La georreferenciación de la cartografía implicará una transformación de coordenadas, entre sistemas bidimensionales. Por una parte consideramos los B.H. referidos a un Sistema de Referencia Bidimensional: Este, Norte, y por otra parte las correctas posiciones de los vértices de las parcelas referidas al Sistema de Referencia Global WGS84, con una proyección local Transversa Mercator..

Una vez definido el algoritmo de transformación más adecuado, habrá tantas transformaciones como B.H. se consideren.

Estas transformaciones quedarán definidas a partir de contar con coordenadas de puntos homólogos en los dos sistemas antes descritos. El mínimo número de puntos necesarios para esta tarea vendrá dado por el algoritmo a utilizar. En caso de poder contar con mayor cantidad de puntos, se puede realizar un ajuste del modelo a los efectos de optimizar la solución.

Para definir el Sistema Bidimensional Aproximado se hizo uso del Google Earth® y se llevó a cabo una jornada de campo en donde se relevaron varios mojones demarcatorios de parcelas. Esto permitió georreferenciar en forma aproximada los B.H. facilitando de esta forma la etapa siguiente en campo, consistente en el relevamiento mediante receptores GNSS de puntos vértices de padrones.

Al momento de evaluar las diferentes alternativas disponibles para la georreferenciación, se entendió que las opciones aplicables corresponden a la aplicación de dos traslaciones (dX, dY), un giro ( $\alpha$ ) y un factor de escala ( $\mu$ ):

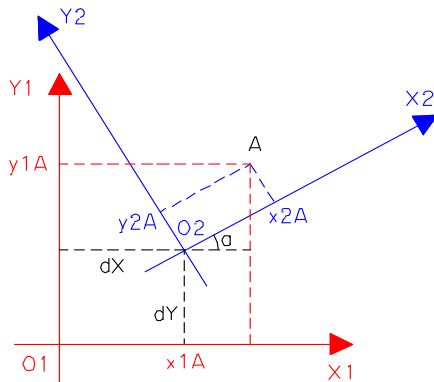


Figura 6.- Esquema de transformación de coordenadas.

Se disponen de las coordenadas del Punto A, en el Sistema 1: A ( $x_{1A}$ ,  $y_{1A}$ ) y en el Sistema 2: A ( $x_{2A}$ ,  $y_{2A}$ ), por lo cual la expresión matemática que permite su vinculación es:

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = (1 + \mu) \cdot \begin{bmatrix} 1 & \alpha \\ -\alpha & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} dX \\ dY \end{bmatrix}$$

Resultando: ~~$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = (1 + \mu) \cdot \begin{bmatrix} 1 & \alpha \\ -\alpha & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} dX \\ dY \end{bmatrix}$$~~

Se evaluará como alternativa la transformación de tres parámetros (dX, dY,  $\alpha$ ), sin factor de escala, así como transformaciones cuyo centro de giro difiera del origen ( $X_0$ ).

$$[X]_2 = R \cdot [X]_1 + \Delta$$

$$[X]_2 = (1 + \mu) \cdot R \cdot ([X]_1 - X_0) + \Delta$$

$$[X]_2 = \cdot R \cdot ([X]_1 - X_0) + \Delta$$

En cuanto al método seleccionado para realizar el ajuste de las transformaciones de los diferentes B.H. se optó por el de Mínimos Cuadrados debido a ser el más reconocido y el que

mejores resultados muestra desde el punto de vista estadístico.

#### 1.4 Determinación del Número de Puntos a considerar.

Una vez determinados los algoritmos de ajuste que se iban a utilizar, se determinó un número de puntos a relevar por cada Bloque Homogéneo vectorizado (B.H.). Para esto se tuvo en cuenta el mínimo número necesario para determinar los correspondientes parámetros de transformación y el número adecuado para ajustar los modelos por el método de Mínimos Cuadrados, realizando una ponderación entre la precisión y los factores económicos involucrados. Se llegó a la conclusión de relevar 4 puntos por cada bloque, dando un total de 160 puntos.

Además de los puntos a determinar en el campo a los efectos de ajustar los bloques, se determinó el número de puntos de control a relevar para determinar la calidad geométrica absoluta de los parcelarios catastrales resultantes, una vez ajustados los bloques.

Para esto se decidió obtener un tamaño muestral para el caso de una muestra aleatoria simple. El elemento a relevar y que consideramos como nuestro objeto de estudio son los vértices de las parcelas, por lo cual se procedió a realizar el conteo correspondiente de posibles puntos a relevar, dando un resultado de  $N = 24794$ .

Variable a considerar:  $\Delta X$ : distancia entre puntos homólogos (parcelario – terreno)

Estimador:  $\overline{\Delta X}$

Estimación del error de muestreo o error de estimación (precisión de la estimación):

$$\sigma_{\overline{\Delta X}} = \sqrt{\frac{(N-n) \cdot s^2}{N \cdot n}} \text{ donde } s \text{ es la desviación estándar muestral.}$$

Considerando un Intervalo de confianza de  $\overline{\Delta X}$ , con  $\sigma$  conocida, para un nivel de significancia  $\alpha$ :

$$I(\overline{\Delta X}, \alpha) = \left( \overline{\Delta X} - z_{\alpha/2} \cdot \sigma_{\overline{\Delta X}}; \overline{\Delta X} + z_{\alpha/2} \cdot \sigma_{\overline{\Delta X}} \right)$$

El tamaño de la Muestra se puede calcular considerando el error máximo de estimación admisible:

$$\varepsilon = z_{\alpha/2} \cdot \sigma_{\overline{\Delta X}}$$



Una vez fijado el  $\varepsilon$  se obtiene n:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad \text{con} \quad n_0 = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot s^2}{\varepsilon^2}$$

Haciendo uso de las observaciones de campo obtenidas en la jornada detallada anteriormente, se estimó la desviación estándar muestral (s) en 5 m.

Para determinar el error máximo de estimación admisible ( $\varepsilon$ ) se tuvo en cuenta la escala promedio de los distintos Planos de Mensura, el límite de la separación visual y el nivel de confianza considerado (95%); con lo cual se obtuvo un valor de 1 m.

En resumen:

$$\left. \begin{array}{l} N = 24794 \\ \left. \begin{array}{l} \text{Sep\_visual} = 1/4 \text{ mm} \\ \text{Esc\_media} = 1/2000 \end{array} \right\} \rightarrow \varepsilon = 1 \text{ m} \\ Z_{\alpha/2, 95\%} = 1.96 \\ s = 5 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow n = 96$$

Todo esto resulta en un tamaño muestral de 96 puntos que incrementado en 10% como seguridad ante la posible existencia de puntos que se deban eliminar del muestreo resulta en 106 puntos que sumados a los 160 para el ajuste da un total de 266 puntos a relevar.

### 1.5 Resultados primarios de Bloques Homogéneos procesados.

A la fecha del presente trabajo, se ha completado la primera etapa de relevamiento en campo, habiéndose culminado la toma de puntos correspondientes a 15 B.H. En cada caso se procedió a calcular los parámetros de transformación descritos anteriormente, así como las coordenadas ajustadas de los vértices de los B.H. A partir de dichos valores se ajusta el B.H. a los efectos de su integración en la cartografía general.

El procedimiento en la práctica consistió por un lado en relevar con receptores GNSS los vértices preseleccionados, y obtener las coordenadas en la proyección local Transversa Mercator, adoptada para la zona (Coordenadas GNSS en tablas). Dicha proyección fue definida a partir del Punto Base utilizado en la medición GNSS, ubicado en el centro de la zona de estudio, y adoptando como Falso Este y Falso Norte el valor de 10.000.

Los B.H. fueron referenciados en forma aproximada a partir de la identificación de dos puntos homólogos relevados con GNSS e identificados en el Bloque. Hecho esto, se obtienen las Coordenadas Teóricas de los vértices preseleccionados..

De esta forma se logró una buena aproximación en la posición geométrica del B.H. lo cual permite minimizar los movimientos a calcular con los parámetros, simplificando las expresiones matemáticas involucradas.

Una vez calculados los parámetros de transformación, se aplican a las coordenadas Teóricas, obteniendo las Transformadas, las cuales permiten georreferenciar los B.H.

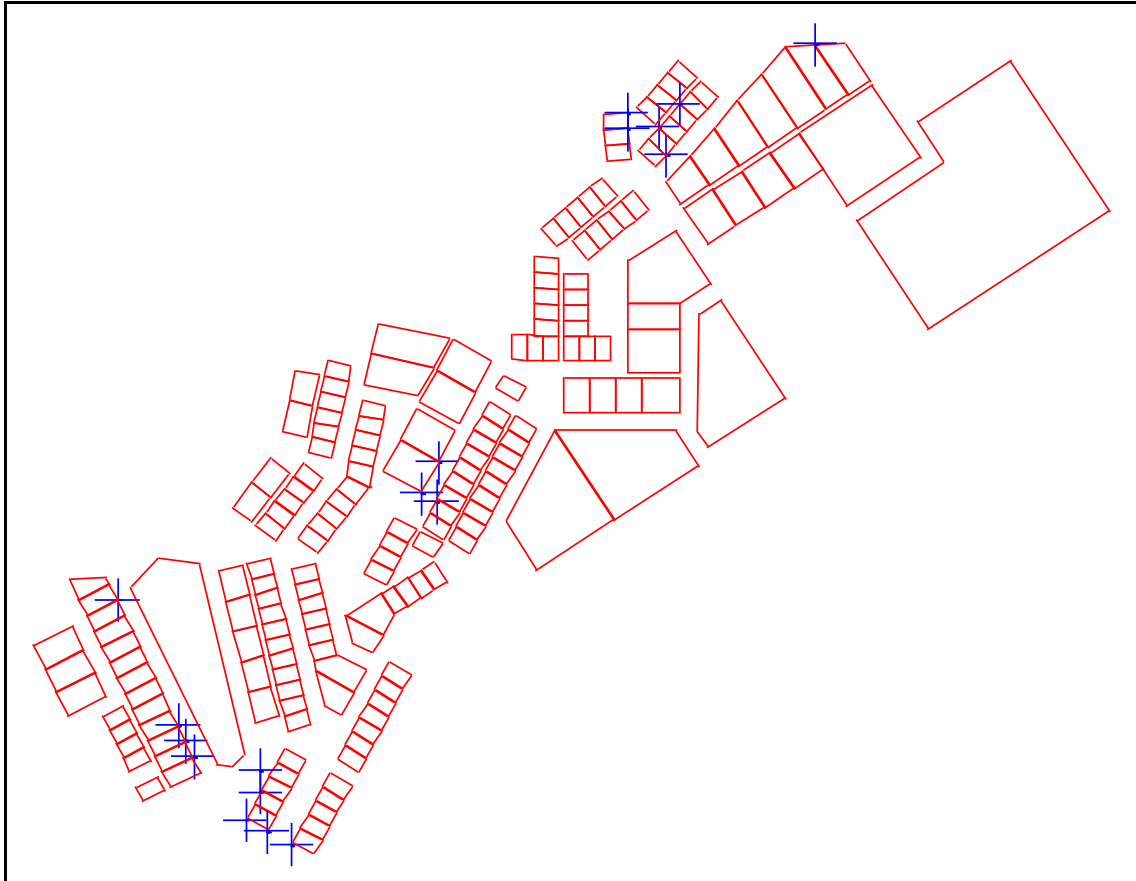
Se presentan los resultados obtenidos para los Bloques 3A y 3C.

#### Coordenadas de los vértices medidos. Bloque 3A

#	GNSS		Teóricas		Transformadas	
	X2	Y2	X1	Y1	X2	Y2
46	10316.494	9981.265	10317.789	9980.072	10316.0724	9979.8819
51	10100.181	9901.377	10101.484	9902.196	10100.5447	9902.2207
52	10160.432	9912.718	10161.567	9911.938	10160.4156	9911.9442
57	10101.210	9883.436	10102.720	9884.239	10101.7811	9884.3263
154	9680.101	9123.730	9681.046	9122.890	9681.7879	9125.5282
162	9865.139	9466.513	9865.139	9466.513	9865.1442	9467.9984
163	9883.974	9501.770	9883.997	9501.789	9883.927	9503.1556
164	9882.697	9457.076	9882.777	9457.084	9882.7228	9458.607
166	10136.590	9885.767	10137.717	9884.972	10136.6559	9885.0663
167	10145.610	9853.785	10146.765	9852.939	10145.6811	9853.1476
168	9603.508	9164.384	9601.860	9160.976	9602.8688	9163.4594
169	9594.817	9182.349	9593.173	9178.990	9594.2074	9181.409
170	9586.148	9200.385	9584.486	9197.005	9585.5461	9199.3585
171	9516.709	9344.503	9514.991	9341.125	9516.255	9342.9547

Residuales en los vértices, previos a la transformación, y posteriores a la aplicación de la misma.

#	GNSS - Teóricas			GNSS - Transformadas		
	dX	dY	v^2	dX	dY	v^2
46	-1.295	1.193	3.101	0.422	1.383	2.091
51	-1.303	-0.819	2.368	-0.364	-0.844	0.844
52	-1.135	0.780	1.898	0.016	0.774	0.599
57	-1.510	-0.803	2.923	-0.571	-0.890	1.119
154	-0.945	0.840	1.599	-1.687	-1.798	6.079
162	0.000	0.000	0.000	-0.005	-1.485	2.206
163	-0.023	-0.019	0.001	0.047	-1.386	1.922
164	-0.080	-0.008	0.006	-0.026	-1.531	2.345
166	-1.127	0.795	1.902	-0.066	0.701	0.495
167	-1.155	0.846	2.051	-0.071	0.637	0.411
168	1.648	3.408	14.333	0.639	0.925	1.263
169	1.644	3.359	13.982	0.610	0.940	1.255
170	1.662	3.380	14.184	0.602	1.026	1.416
171	1.718	3.378	14.366	0.454	1.548	2.603
		<b>Suma</b>	<b>72.715</b>		<b>Suma</b>	<b>24.650</b>



**Figura 7.-** Bloque 3A ajustado.

Similar procedimiento se siguió para el Bloque 3C, contiguo al 3A, con lo cual se logró la integración de ambos bloques contiguos, procedimiento a seguir por la totalidad de los B.H. para la confección de la cartografía general de Villa Serrana.

Coordenadas de los vértices medidos. Bloque 3C

#	GNSS		Teóricas		Transformadas	
	X2	Y2	X1	Y1	X2	Y2
<b>54</b>	10032.209	9956.074	10031.975	9955.947	10032.1193	9955.9335
<b>55</b>	10091.244	9965.867	10091.175	9965.712	10091.2505	9965.7303
<b>160</b>	9975.532	9733.655	9975.258	9733.514	9975.6193	9733.6925
<b>161</b>	9974.852	9667.927	9974.852	9667.927	9975.2603	9668.1736
<b>172</b>	9567.806	9744.812	9566.886	9744.986	9567.6655	9744.8627
<b>173</b>	9625.161	9716.482	9624.271	9716.579	9625.0107	9716.5261
<b>175</b>	10038.771	9916.614	10038.484	9916.480	10038.6495	9916.5123

Residuales en los vértices, previos a la transformación, y posteriores a la aplicación de la misma.

#	GNSS - Teóricas			GNSS - Transformadas		
	dX	dY	v <sup>2</sup>	dX	dY	v <sup>2</sup>
<b>54</b>	0.234	0.127	0.071	0.090	0.141	0.028
<b>55</b>	0.069	0.155	0.029	-0.006	0.137	0.019
<b>160</b>	0.274	0.141	0.095	-0.087	-0.037	0.009
<b>161</b>	0.000	0.000	0.000	-0.408	-0.247	0.228
<b>172</b>	0.920	-0.174	0.877	0.141	-0.051	0.022
<b>173</b>	0.890	-0.097	0.802	0.150	-0.044	0.025
<b>175</b>	0.287	0.134	0.100	0.122	0.102	0.025
		<b>Suma</b>	<b>1.974</b>		<b>Suma</b>	<b>0.355</b>

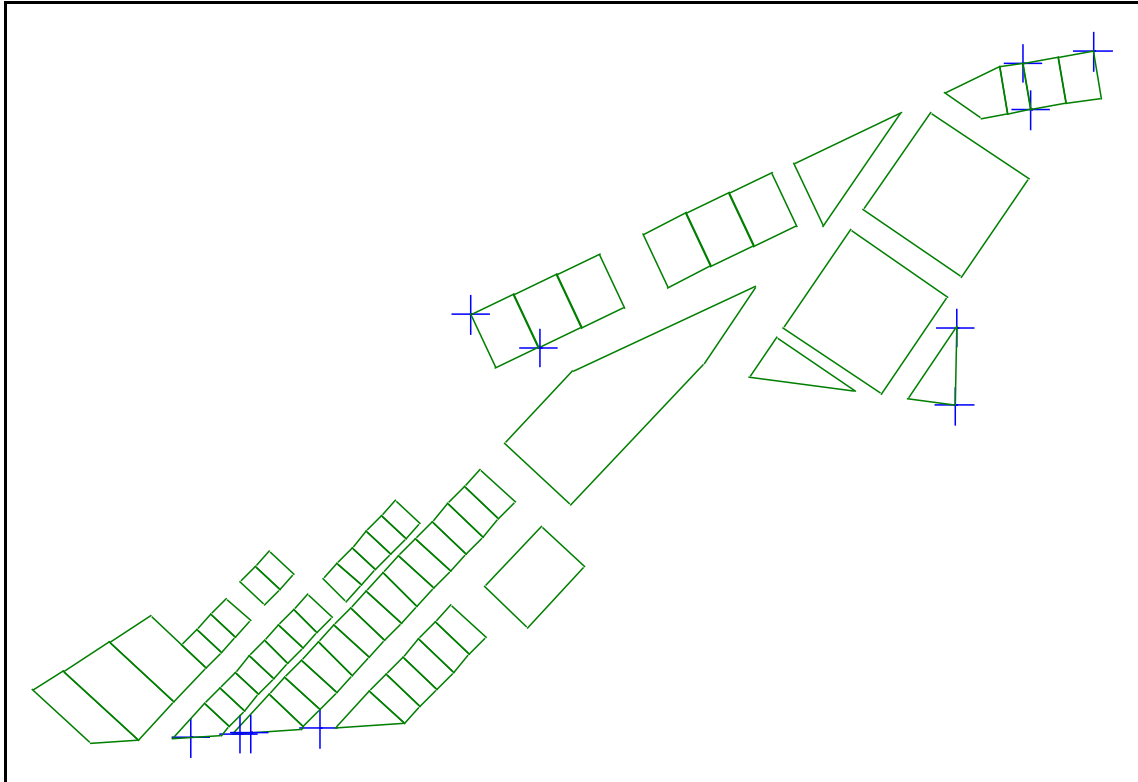


Figura 8.- Bloque 3C ajustado.

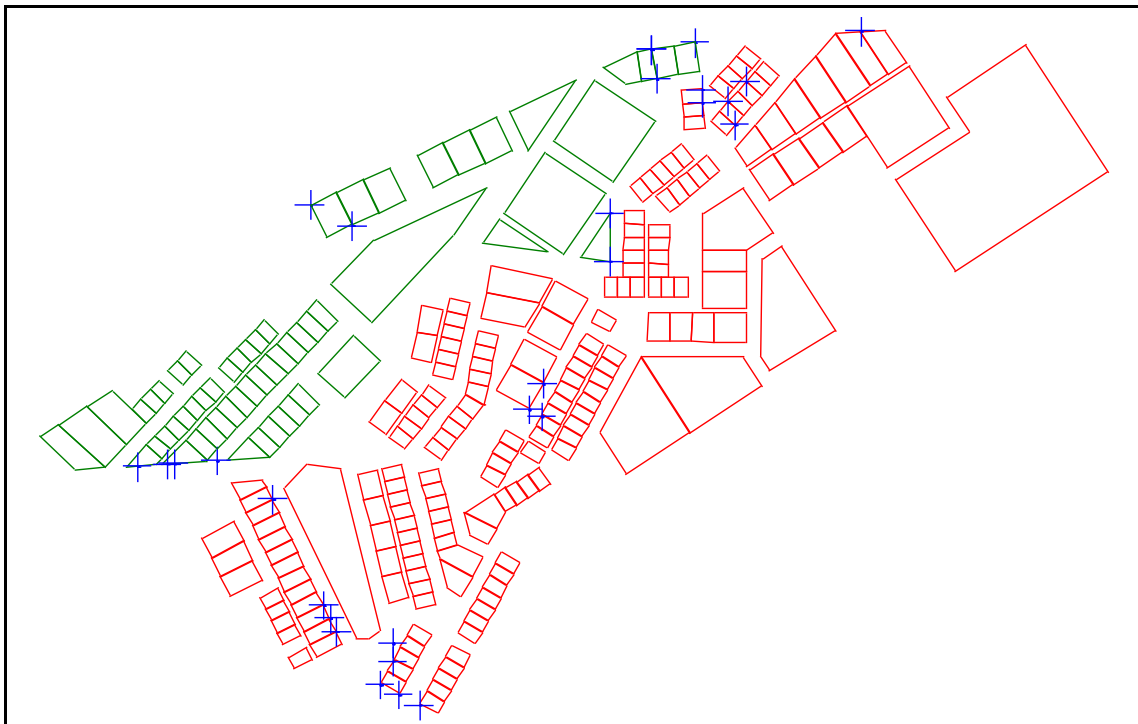


Figura 9.- Bloques 3A y 3C ajustados.

## REFERENCIAS

2010, Georreferenciación de archivos raster y ajuste geoespacial de capas de capas vectoriales con ArcGis. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional de Costa Rica.

Disponible en:

[http://www.edeca.una.ac.cr/files/jfallas56/2011/georefenciar\\_imagenes\\_arcgis\\_marzo2011.pdf](http://www.edeca.una.ac.cr/files/jfallas56/2011/georefenciar_imagenes_arcgis_marzo2011.pdf)

Ariza López, F.J. 2006. Control Posicional en Cartografía selección comentada de referencias. Universidad de Jaen, España 37p.

Disponible en: <http://www.trilegend.com/archivos/catalogo/BibliografiaComentada.pdf>

Ariza López, F.J. Normas sobre calidad en información geográfica (ISO 19113, ISO 19114, ISO 19138, ISO 2859 e ISO 3951). Revista Mapping, N° 123, 2008, Pág. 68-83.

Disponible en: [http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=1457](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1457).

Pérez Rodino, R.G. 2000. Métodos Sencillos de Transformación y Ajuste de cartografía digital vectorial. Facultad de Ingeniería, UDELAR.

Disponible en: <http://www.fing.edu.uy/ia/deptogeo/proyectos/Metodos.pdf>

Pérez Rodino, R.G. Parámetros de Transformación entre el Sistema SIRGAS 95 y los Sistemas Locales CDM y ROU-USAMS (Yacaré), Facultad de Ingeniería, UDELAR

Disponible en: <http://www.fing.edu.uy/ia/deptogeo/proyectos/parametros.pdf>

Martínez, W. 2012. Tipos de coordenadas, sus definiciones, relaciones y transformaciones. Escuela SIRGAS en Sistemas de Referencia.

## NOTAS BIOGRAFICAS

Jorge Faure Valbi. Ingeniero Agrimensor egresado de la UDELAR, año 2000.

Docente del Departamento de Geodesia, Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería UDELAR.

Trabajos presentados año 2012:

XI Congreso Nacional y VIII Latinoamericano de Agrimensura (Córdoba, Argentina)

- Determinación de las deformaciones producidas en la estructura del Estadio Cerrado “Cilindro Municipal”, generadas por el colapso de su techo.
- Evaluación de la exactitud posicional horizontal del parcelario rural vectorial del Departamento de Lavalleja.

Reunión SIRGAS (Concepción, Chile)

- Avances en el Laboratorio Experimental de Procesamiento de Datos.

Danilo Blanco. Ingeniero Agrimensor egresado de la UDELAR, año 2000.

Docente del Departamento de Geodesia, Instituto de Agrimensura, Facultad de Ingeniería UDELAR.

Jefe Oficina Delegada de la Dirección Nacional de Catastro de Lavalleja.

## CONTACTOS

Ingeniero Agrimensor, Jorge Faure Valbi  
Facultad de Ingeniería, UDELAR  
Julio Herrera y Reissig 565  
Montevideo  
URUGUAY  
++598 99924720  
Fax ++598 27115446  
jfaure@fing.edu.uy

Ingeniero Agrimensor, Danilo Blanco  
Dirección Nacional de Catastro  
18 de julio 486  
Minas  
URUGUAY  
++598 999207401  
dblanco@catastro.gub.uy