

Método semiautomático para la creación de redes viales planas a partir de capas vectoriales mediante gvSIG y Sextante

Ing. Edwin Alberto Amado Barón
e.a.amado.baron@gmail.com

AGRADECIMIENTOS

- Patrocinio
Christina Hackl
Yésica Martín
Familia Amado Barón
- Apoyo logístico y emocional (Tunja, Colombia):
Andrea del Pilar Mariño Caro
- Apoyo logístico (Caracas, Venezuela):
Familia García Daza

ÍNDICE

1. Introducción

2. Objetivos

3. Metodología

4. Resultados

5. Conclusiones y recomendaciones

INTRODUCCIÓN I

Análisis de redes es un campo muy importante de los SIG:

- Redes de transmisión de energía eléctrica.
- Redes hídricas.
- *Redes viales.*

Importancia del análisis de redes viales ha llevado a la creación de programas específicos para su tratamiento:

- TransCad (Caliper), RoutingMaps (UPV), Network Analyst (ESRI): privativos.
- Extensiones de gvSIG: oficial (gvSIG, 2009) y no oficial (Ubeda, 2008): libres.

Análisis de redes viales requiere capa vectorial (lineal) que contenga los **ejes**.

INTRODUCCIÓN II

Ejes pueden obtenerse por métodos manuales, semiautomáticos y automáticos, a partir de capas:

- Ráster: imágenes satelitales, fotografías aéreas, mapas escaneados, etc.
- Vector: mapas digitales con manzanas (cuadras) zona de interés.

Hace apenas tres años no había programas para extraer automáticamente ejes (Zhang y Baltsavias, 2007); no hay evidencias de que eso haya cambiado.

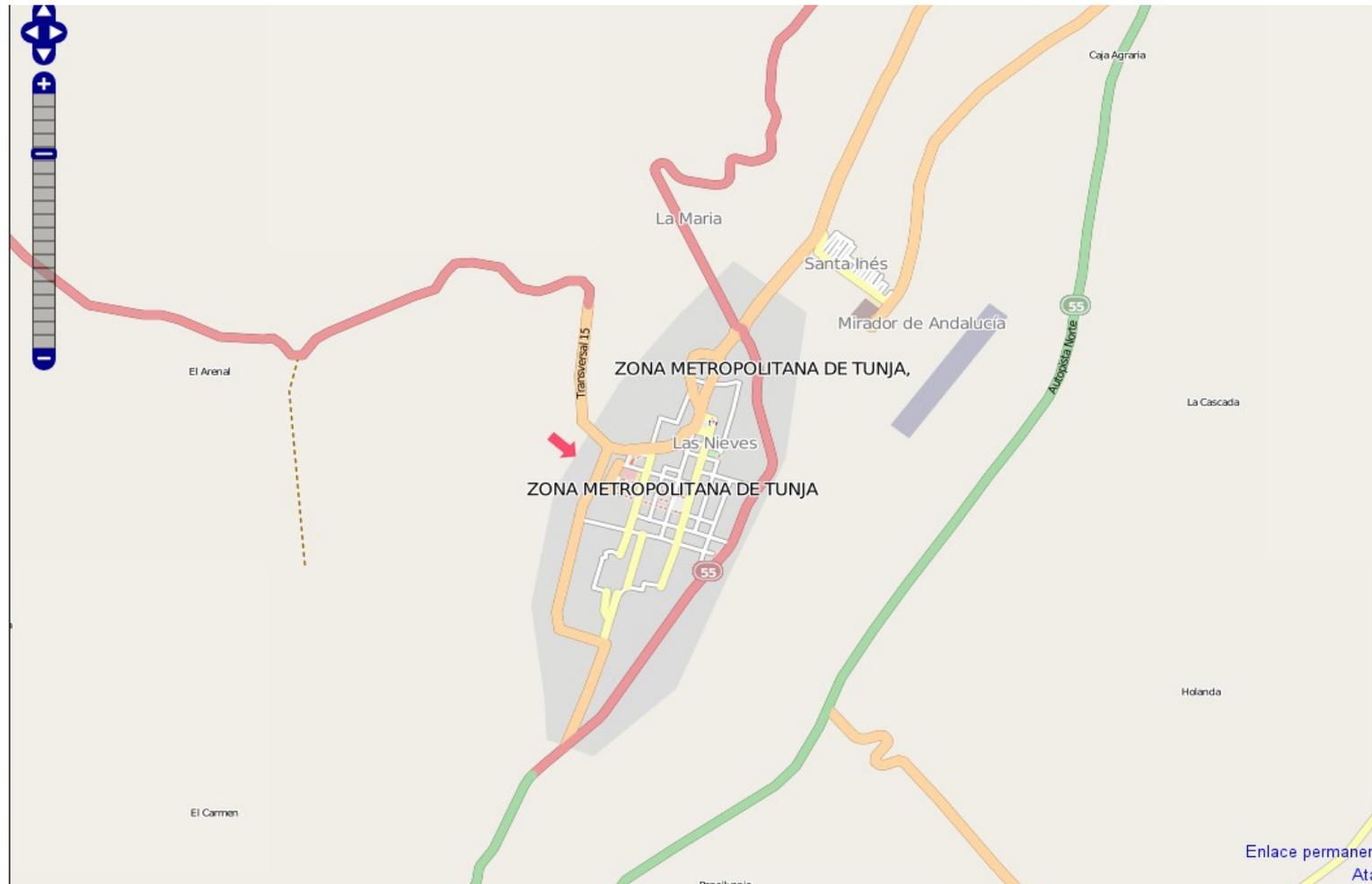
Por esto, la mayoría de las redes se crean manualmente.

Volumen de datos que recogerán sensores hiperespectrales sobrepasaría la capacidad de analistas para extraer redes desde ráster (Doucette et al., 2004).

¡Interés en el medio científico y académico por desarrollar métodos automáticos!

¿PARA QUÉ UN MÉTODO QUE PERMITA CREAR REDES?

- Si existe Open Street Map...
 - Tunja (Colombia): 175.000 hab., capital de departamento.
 - Escasa cobertura, precisión indeterminada:



¿PARA QUÉ UN MÉTODO QUE PERMITA CREAR REDES?

- Si existe Google Maps...
 - Tunja (Colombia): 175.000 hab., capital de departamento.
 - Escasa cobertura, precisión indeterminada:



ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCES:

- Redes viales planas (sin componente en altura).
- Solo se trabaja hasta obtener **red** (capa vectorial líneas): no inclusión de atributos (ID, sentido, nombre, etc).
- Consultas solo tuvieron en cuenta documentos disponibles gratuitamente.

LIMITACIONES:

- Falta de documentación sobre algoritmos internos gvSIG y Sextante.
- Un solo equipo de cómputo (no permite generalizar resultados).
- Presupuesto: \$ 00.000.000.00

ÍNDICE

1. Introducción

2. Objetivos

3. Metodología

4. Resultados

5. Conclusiones y recomendaciones

OBJETIVOS

- Consultar métodos empleados para la obtención de redes viales planas (automáticos, semiautomáticos)
- Implementar los métodos consultados mediante gvSIG y Sextante.
- Documentar la implementación de cada método (modelo matemático y cartográfico)
- Comparar los resultados obtenidos y hacer las sugerencias pertinentes.

ÍNDICE

1. Introducción

2. Objetivos

3. Metodología

4. Resultados

5. Conclusiones y recomendaciones

METODOLOGÍA I

1. Consulta bibliográfica:

- Idiomas: castellano, inglés, francés y portugués.
- Motores búsqueda:
 - Google: búsqueda avanzada (GBA), Google Académico (GA), Google Libros(GL)
 - Science Direct (SD).

2. Resumen técnicas de interés:

- Informalmente (sin matemáticas complejas).
- Gráficamente.

3. Diseño modelos matemáticos y cartográficos:

Capas de partida, secuencia de operaciones requeridas y capas resultantes.

4. Definición de funciones requeridas y disponibles

METODOLOGÍA II

5. Preparación de herramientas informáticas.

- Equipo de cómputo.
- Sistemas operativos.
- Programas.
- Extensiones
- Modelos (Sextante) para ejecutar procesos por lotes.

6. Creación zonas de prueba.

7. Implementación de métodos.

8. Comparación de resultados:

- Gráficamente: eje x cantidad de manzanas; eje y tiempo de proceso.
- Medidas estadísticas: suma, recuento, media, máximo, mínimo y desviación estándar.

ÍNDICE

1. Introducción

2. Objetivos

3. Metodología

4. Resultados

5. Conclusiones y recomendaciones

RESULTADOS: CONSULTA BIBLIOGRÁFICA

NÚMERO DE DOCUMENTOS

IDIOMA	Obtenidos búsqueda					Revisados preliminarmente					Descargados				
	GBA	GA	GL	SD	Subtotal Idioma	GBA	GA	GL	SD	Subtotal Idiomas	GBA	GA	GL	SD	Subtotal Idiomas
Castellano	263	63	0	0	326	25	36	0	0	61	10	11	0	0	21
Inglés	2422	5141	173	245	7981	122	80	21	46	269	19	20	4	11	54
Francés	72	308	1	3	384	36	40	0	2	78	10	8	0	0	18
Portugués	63	145	0	0	208	30	8	0	0	38	6	1	0	0	7
Búsqueda libre*	15	12	3	5	35	12	3	5	10	30	6	1	0	2	9
Subtotal MB**	2835	5669	177	253	8934	225	167	26	58	476	51	41	4	13	109
Total	8934					476					109				

* Siguiendo las referencias bibliográficas de documentos ya consultados.

** MB: según motor de búsqueda

La mayoría de las técnicas halladas se basa en capas ráster.



RESULTADOS: CONSULTA MÉTODOS I

La mayor parte de técnicas halladas para obtener redes viales se basa en capas ráster con formatos diversos; por ejemplo:

- Fotografías aéreas (Koutaki y Keiichi, 2003).
- Mapas escaneados (Gold y Snoeyink, s.f., Mioc et al., s.f).
- Imágenes satelitales: SPOT (Roux, et al., s.f.), QuickBird (Wang et al., s.f.) e Ikonos (Zhang y Couloigner, 2006)
- Sensores remotos: Lidar (Zhu y Mordohai, s.f.), MOMS-2P (Wiedemann et al., s.f) Radar (Amberg, 2005).

RESULTADOS: LIMITACIONES MÉTODOS RÁSTER I

- Costo relativamente alto de imágenes sensores especializados.
- Se requieren conocimientos en áreas como:
 - Cálculo vectorial (Gonçalves y dal Poz, 2001)

$$\begin{bmatrix} L \\ C \end{bmatrix}_J = K \cdot r \cdot \begin{bmatrix} -b \\ a \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_{Q_{i+1}} \\ C_{Q_{i+1}} \end{bmatrix}$$

- Estadística avanzada (Anil y Natarajan, 2010).

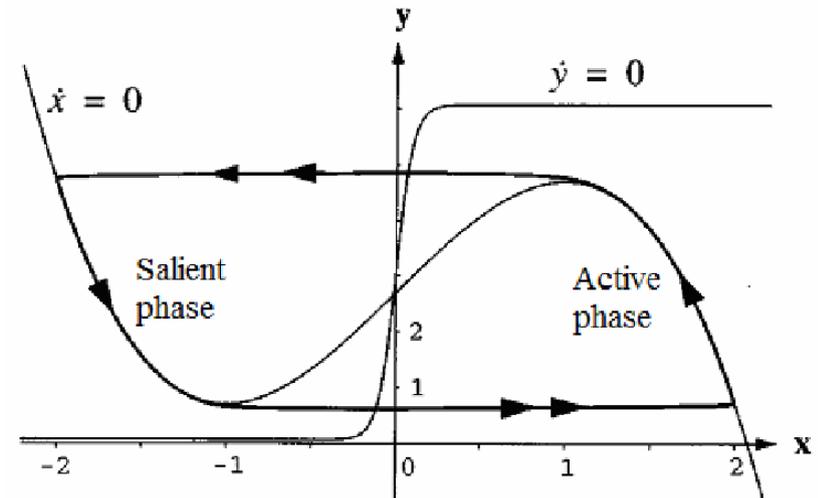
$$P(R, R') = \begin{cases} \text{true} & \text{if } \forall a \in \{R, G, B\}, |\overline{R}_a - \overline{R}'_a| \leq b(R) + b(R') \\ \text{false} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$b(R) = g \sqrt{\frac{1}{2Q |R|} \ln \left(\frac{|R_{|R|}|}{\delta} \right)}$$

RESULTADOS: LIMITACIONES MÉTODOS RÁSTER II

- Se requieren conocimientos en áreas como:
 - Redes neuronales (Yuan et al., s.f.; Doucette et al., 2004).

$$\dot{x}_i = 3x_i - x_i^3 + 2 - y_i + I_i + S_i + \rho$$
$$\dot{y}_i = \varepsilon(\alpha(1 + \tanh(x_i / \beta)) - y_i)$$



- Lógica difusa

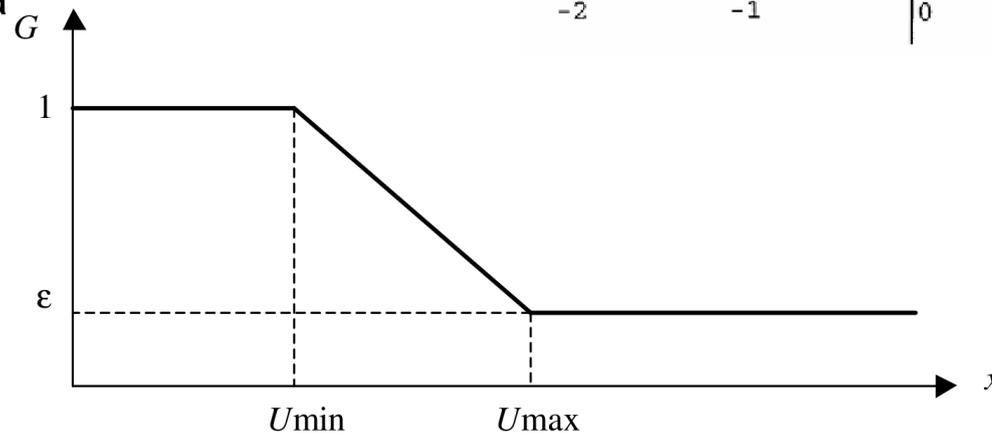


Figure 133 : Fonction d'homogénéité

RESULTADOS: LIMITACIONES MÉTODOS RÁSTER III

- Se requieren conocimientos en áreas como:
 - Análisis digital de imágenes avanzado (Ruskoné, 1996; Farah, 1998; Zhang y Couloigner, 2006).

$$R_{Moy} = \frac{\sum_{l=1}^{LgMax} r(l)}{LgMax}$$

$$R(\rho, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y) \delta(\rho - x \cos \theta - y \sin \theta) dx dy$$

$$V(p) = \frac{\sum_{l=1}^{LgMax} (r(l) - R_{Crt})^2}{LgMax}$$

$$\sum_{i=1}^3 \delta_i \left\{ \begin{array}{l} > \sum_{j=1}^3 \alpha_j, \sum_{j=1}^3 \beta_j, \sum_{j=1}^3 \phi_j, \sum_{j=1}^3 \gamma_j \\ \geq \sum_{j=1}^3 \chi_j, \sum_{j=1}^3 \xi_j \end{array} \right.$$

$$\sum_{j=1}^3 \delta_j - \frac{1}{2} \left(\sum_{j=1}^3 \alpha_j + \sum_{j=1}^3 \gamma_j \right) > T$$

RESULTADOS: MÉTODOS VECTORIALES I

Anteriores limitaciones dificultan difusión de las técnicas entre la comunidad de usuarios de gvSIG.

PERO:

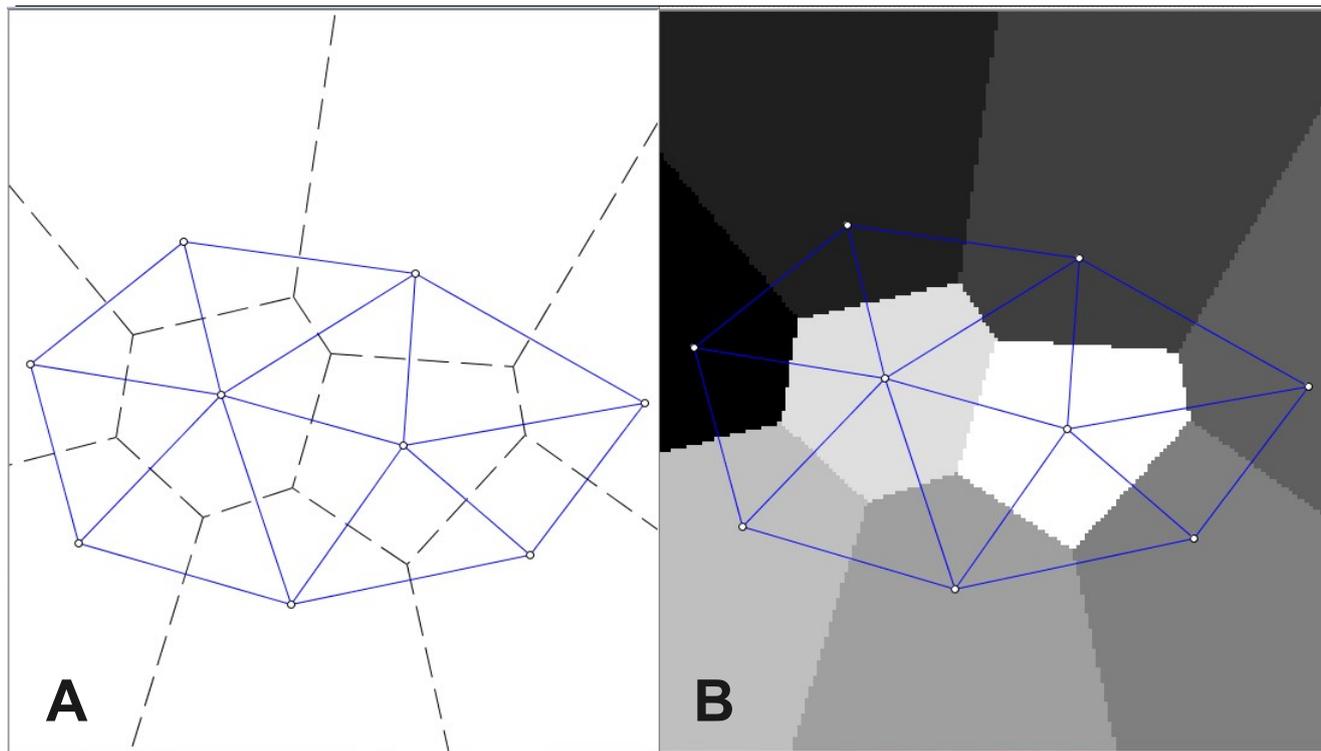
Administraciones locales podrían convertirse en importantes fuentes de información, si se usan los mapas callejeros digitales que ellas poseen, para obtener los ejes viales (Cores, et. al., s.f).

Técnicas halladas para crear redes viales a partir de capas vectoriales fueron tres:

- Triangulación de Delaunay: explicada superficialmente en Cores et al. (s.f.).
http://www.esi2.us.es/GT/docs/cit2008_cores.pdf
- Teselación de Voronoi: suficientemente explicada en Gómez (2007).
http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Voronoi_centerlines_skeleton.gif
- Interpolación por vecino más cercano: ninguna explicación (¡este es mi aporte!).

RESULTADOS: MÉTODOS VECTORIALES II

Triangulación de Delaunay, teselación de Voronoi e interpolación por vecino más cercano:
estrecha relación geométrica



A Delaunay y Voronoi

B Delaunay e interpolación por vecino más cercano

Interpolación por vecino más cercano crea diagrama de **Voronoi**, pero en formato **ráster**.

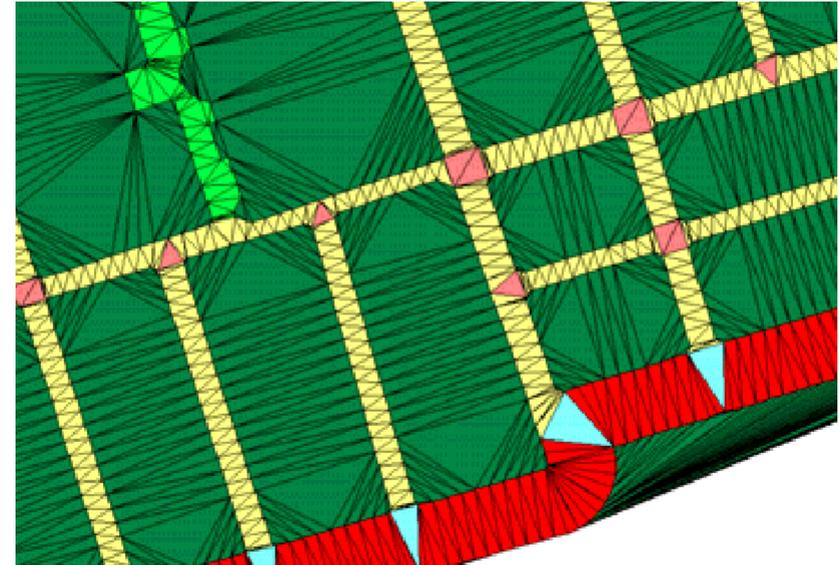
RESULTADOS: MÉTODOS VECTORIALES. DELAUNAY

Imágenes método Triangulación de Delaunay (tomado de Cores et al., s.f.)

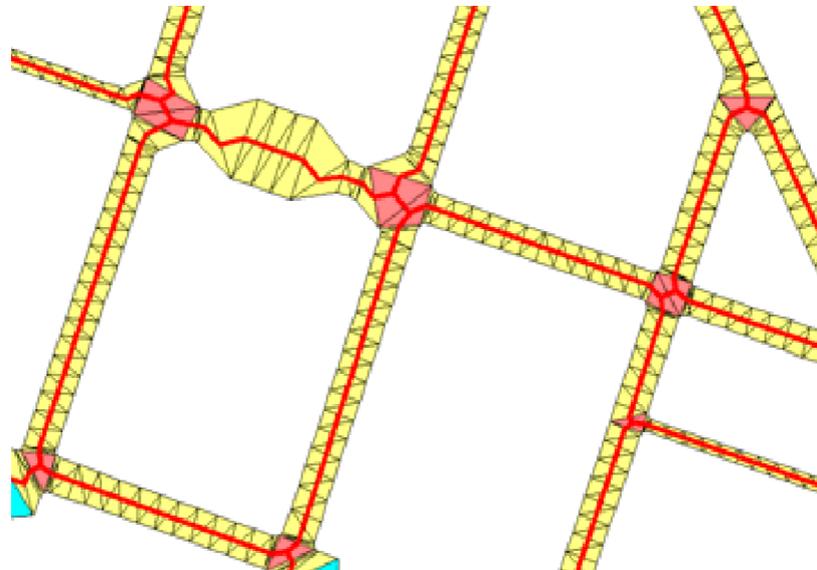
1



2



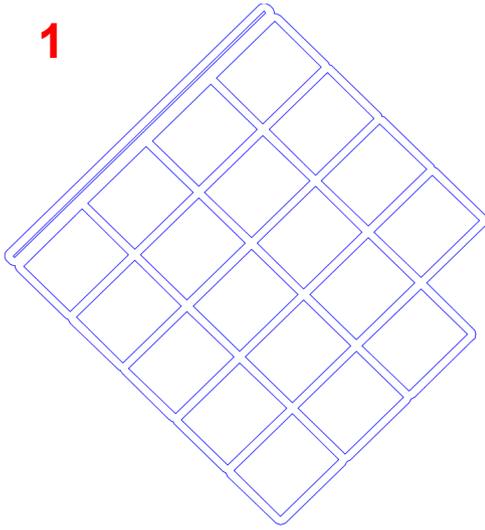
3



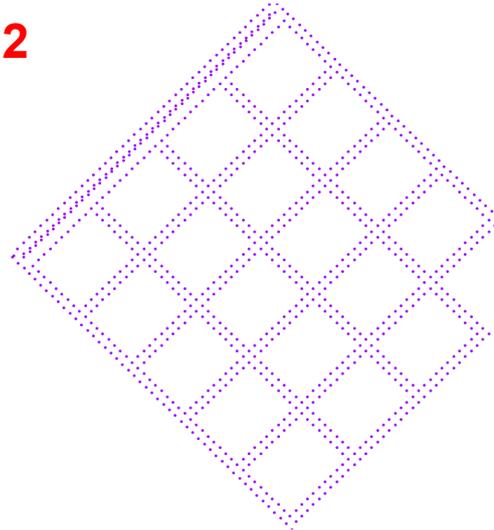
RESULTADOS: MÉTODOS VECTORIALES. VORONOI

Imágenes método teselación de Voronoi (basado en Gómez, 2007)

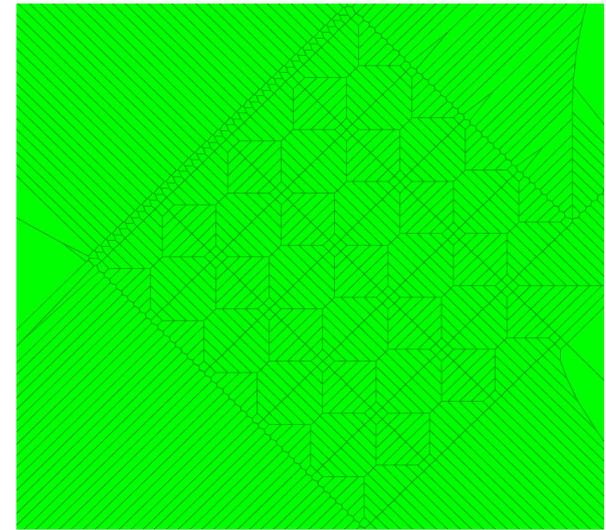
1



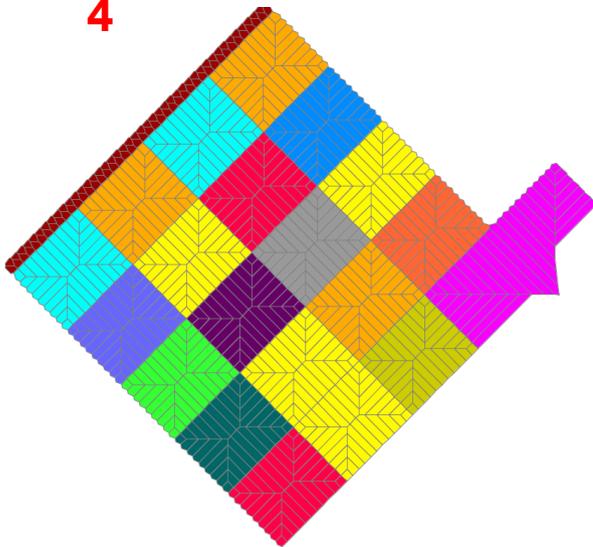
2



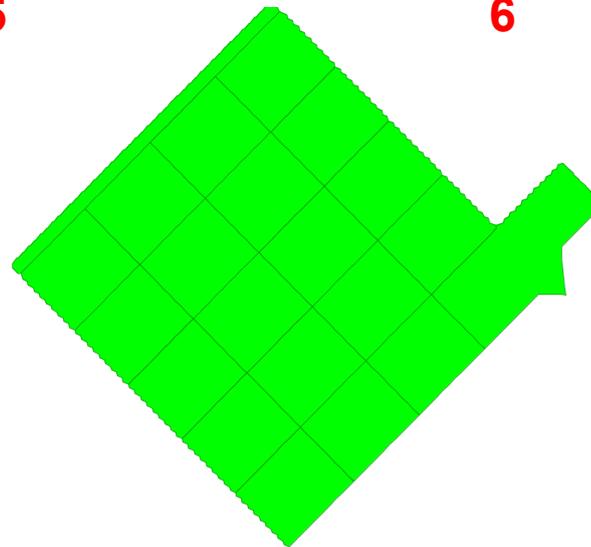
3



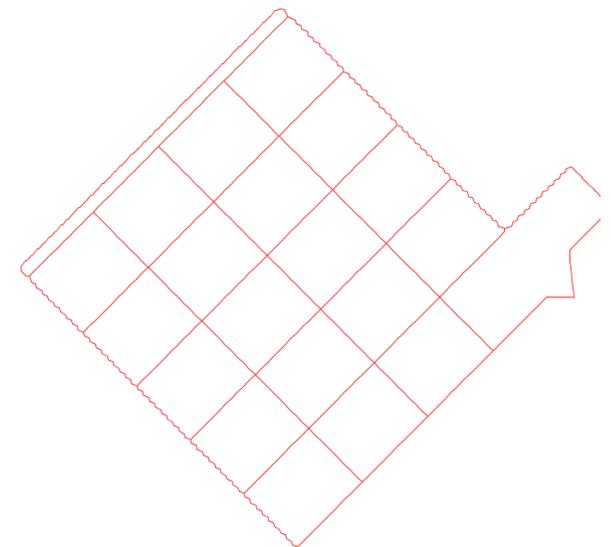
4



5



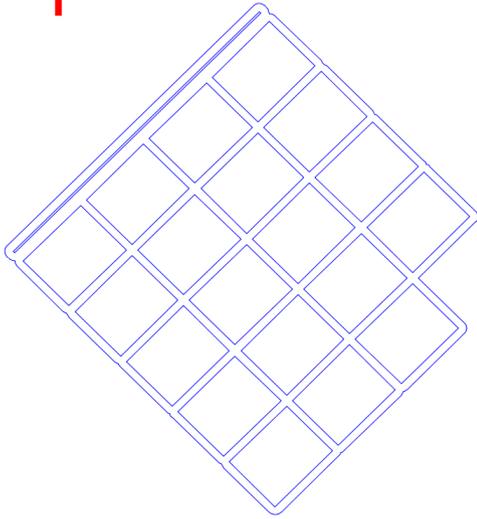
6



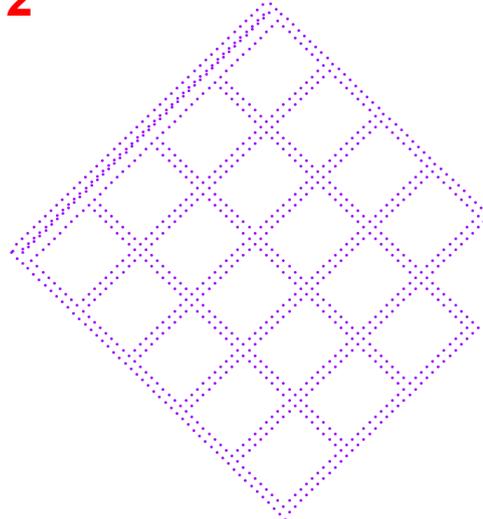
RESULTADOS: MÉTODOS VECTORIALES. IVC

Imágenes método interpolación por vecino más cercano (Amado, 2010)

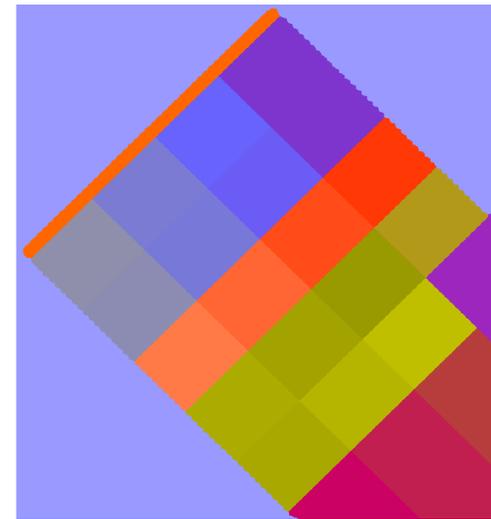
1



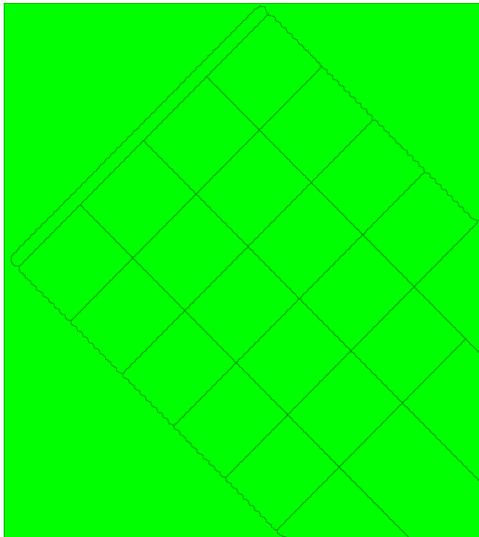
2



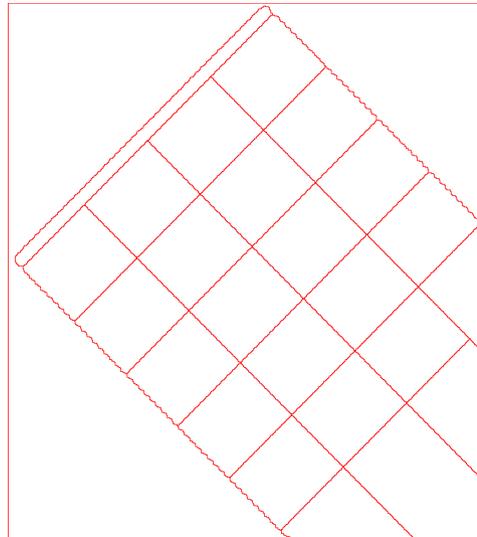
3



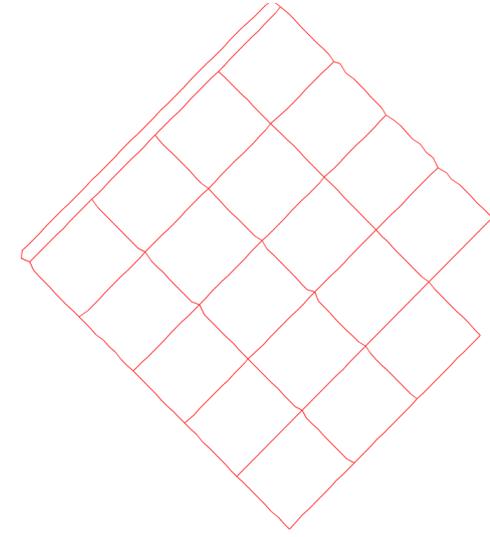
4



5



6



RESULTADOS: MODELOS MATEMÁTICOS Y CARTOGRÁFICOS I

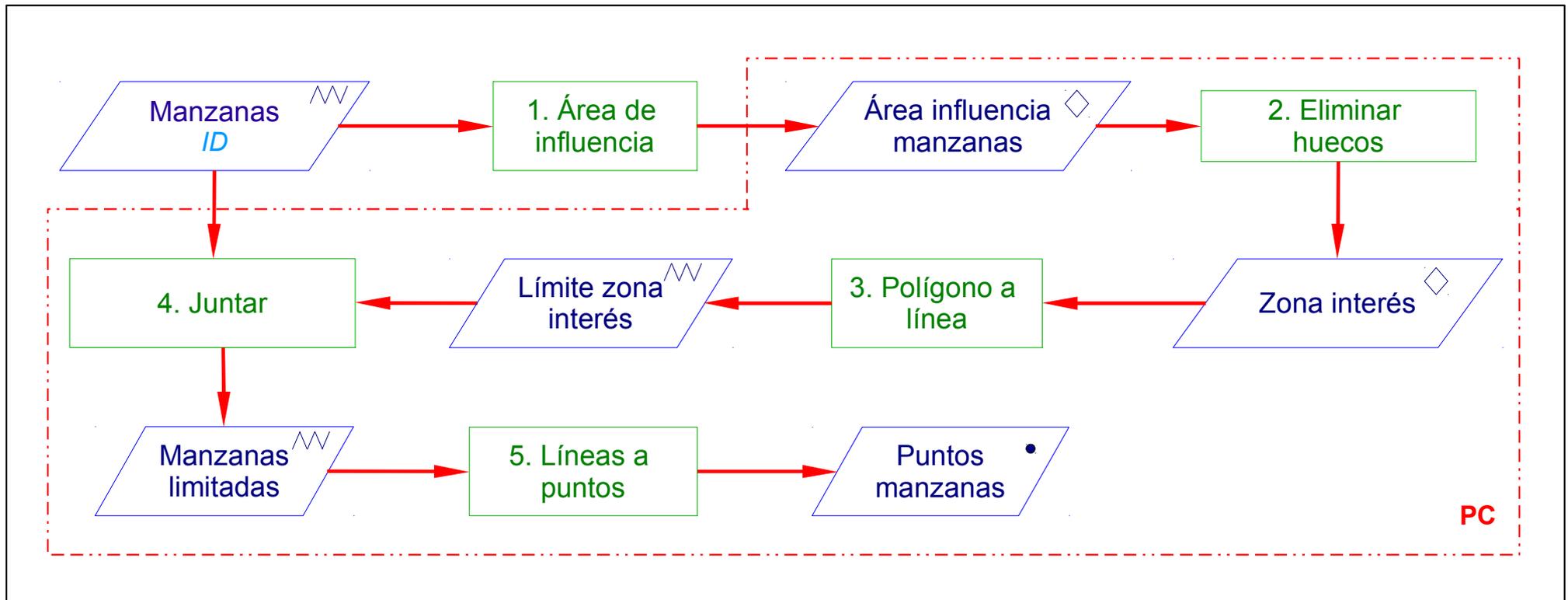
Modelos matemático y cartográficos: Leyenda

	Operación automática	•	Capa vectorial de tipo punto
	Operación manual		Capa vectorial de tipo línea
	Capa		Capa vectorial de tipo polígono
	Modelo		Capa ráster
	Sentido del flujo		

RESULTADOS: MODELOS MATEMÁTICOS Y CARTOGRÁFICOS II

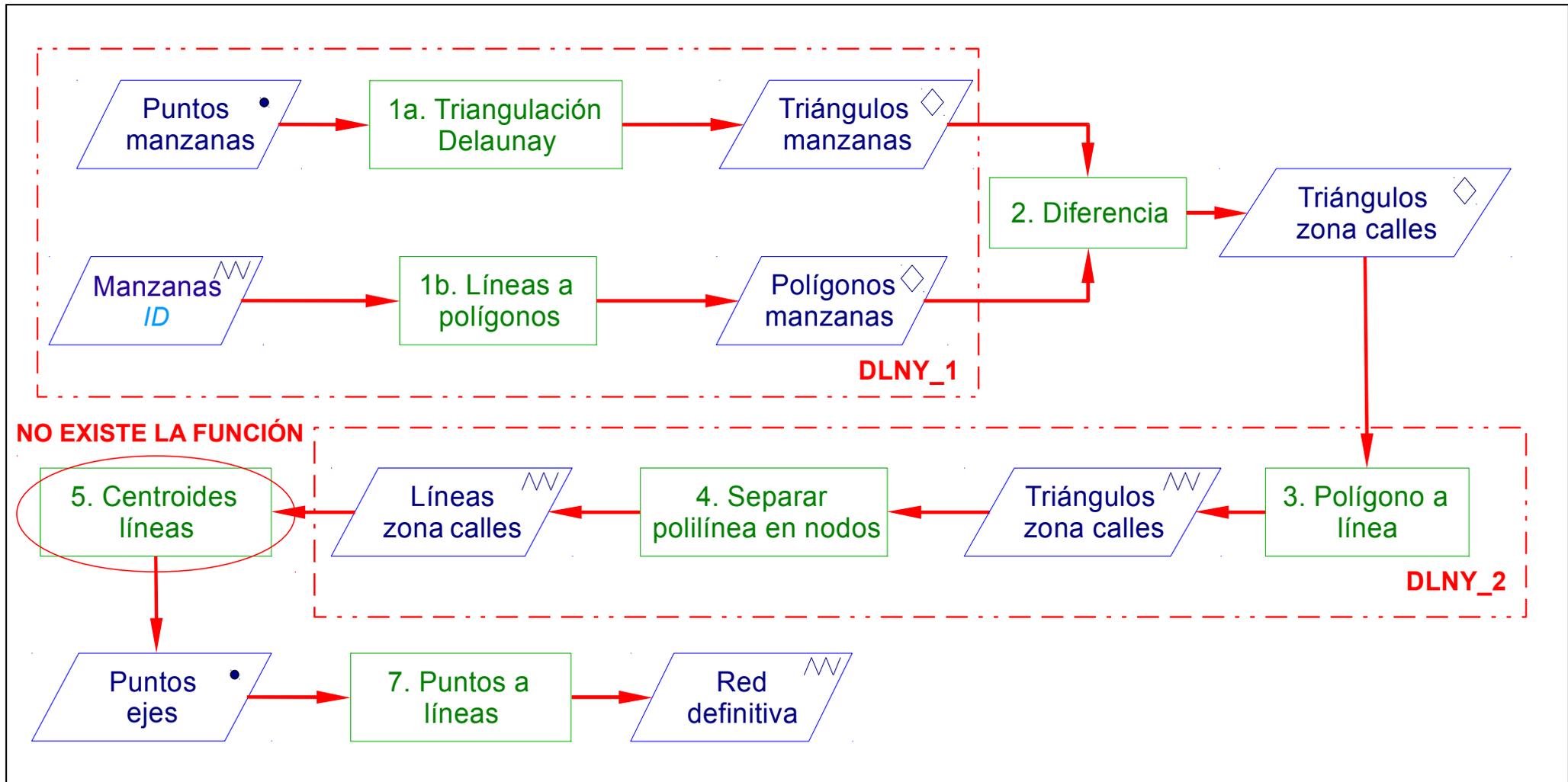
Modelo matemático y cartográfico Preparación de capas
(muy modelable en Sextante):

Creación del límite de la zona de interés y convertir en puntos las manzanas.



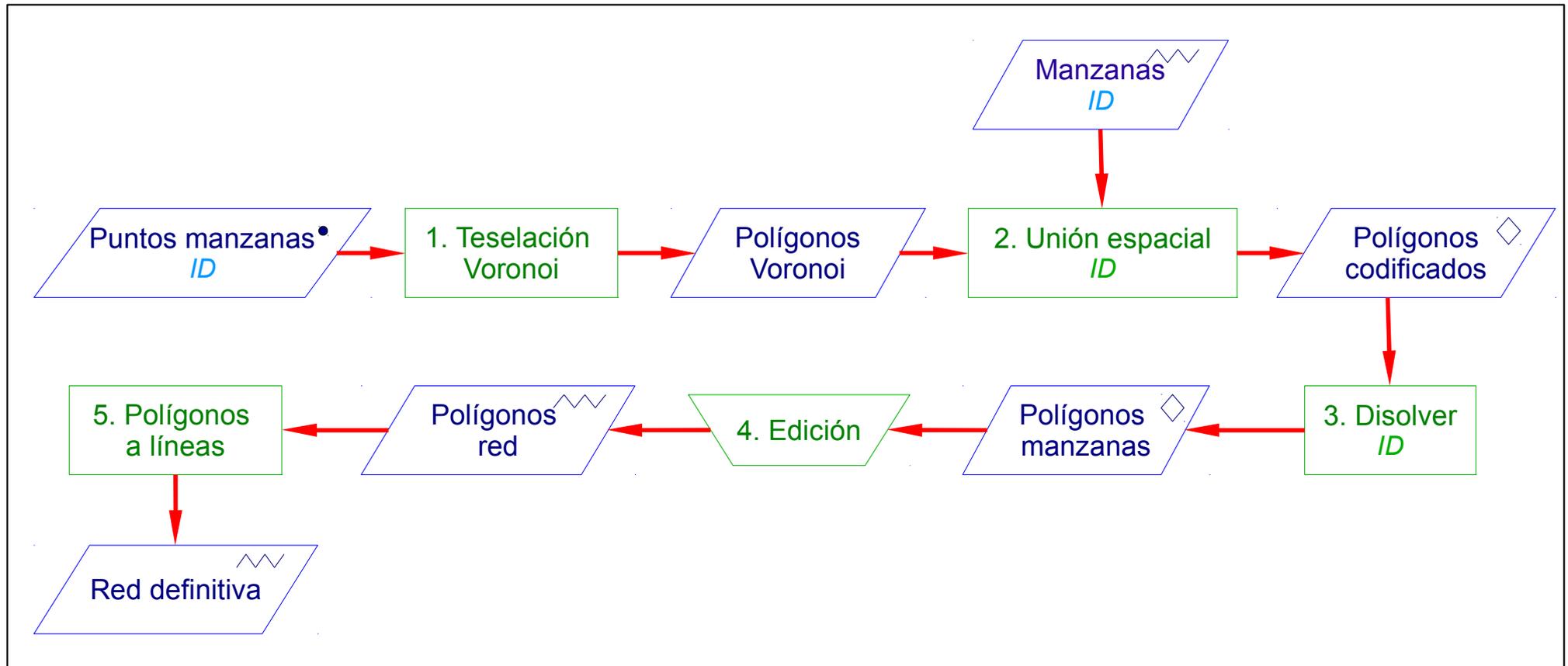
RESULTADOS: MODELOS MATEMÁTICOS Y CARTOGRÁFICOS III

Modelo matemático y cartográfico Triangulación de Delaunay
(muy modelable en Sextante).



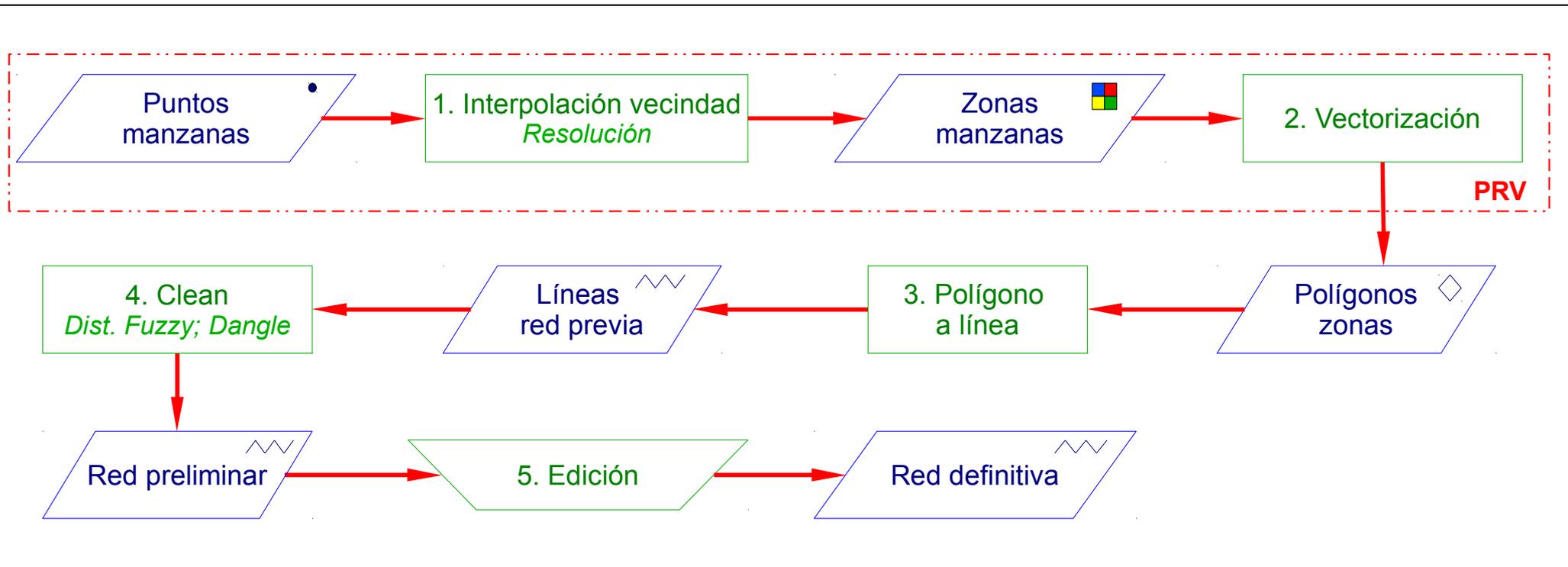
RESULTADOS: MODELOS MATEMÁTICOS Y CARTOGRÁFICOS IV

Modelo matemático y cartográfico método teselación de Voronoi
(no modelable en Sextante)



RESULTADOS: MODELOS MATEMÁTICOS Y CARTOGRÁFICOS V

Modelo matemático y cartográfico método IVC
(medianamente modelable en Sextante).



RESULTADOS: FUNCIONES REQUERIDAS vs DISPONIBLES

N°	Descripción	Proceso que la requiere				Versión que la requiere					
		PC	Dy	Vr	IVC	1.9+Sextante		1.9 alpha+Sextante		OADE+Sextante	
						D*	F*	D*	F*	D*	F*
1	Área de influencia	☺	☺			☺	☺	☺	☺	☺	☺
2	Eliminar huecos	☺				☺	☺	☺	☺	☺	☺
3	Polígonos a líneas	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
4	Juntar	☺				☺	☺	☺	☺	☺	☺
5	Líneas a puntos	☺				☺	☺	☺	☺	☺	☺
6	Puntos a líneas		☺			☺	☺	☺	☺	☺	☺
7	Líneas a polígonos		☺			☺	☺	☺	☺	☺	☺
8	Triangulación de Delaunay		☺			☺	☺	☺	☺	☺	☺
9	Teselación de Voronoi			☺		-	-	☺	☺	☺	-
10	Diferencia		☺			☺	☺	☺	☺	☺	☺
11	Separar polilíneas en nodos		☺			☺	☺	☺	☺	☺	☺
12	Centroides de líneas		☺			-	-	-	-	-	-
13	Interpolación por vecindad				☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
14	Enlace espacial			☺		☺	☺	☺	☺	☺	☺
15	Disolver			☺		☺	☺	☺	☺	☺	☺
16	Ráster a polígonos				☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
17	Corrección de líneas				☺	-	-	☺	☺	☺	☺
	TOTAL	5	8	4	4	14	14	16	16	16	15

RESULTADOS. HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS I

- Equipo de cómputo:

AMD Athlon™ 64 X2 Dual Core, velocidad 2.31 GHz y memoria RAM de 1.75 GB.

- Sistemas operativos:

Libres:



Ub



Fd



oS



LM

Privativos (no libres):



XP



Windows 7

W7

RESULTADOS. HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS II

- Programas:

- Ofimática:

OpenOffice



- Internet:

Firefox



Google Chrome



- SIG:



- Extensiones:

NavTable v0.4

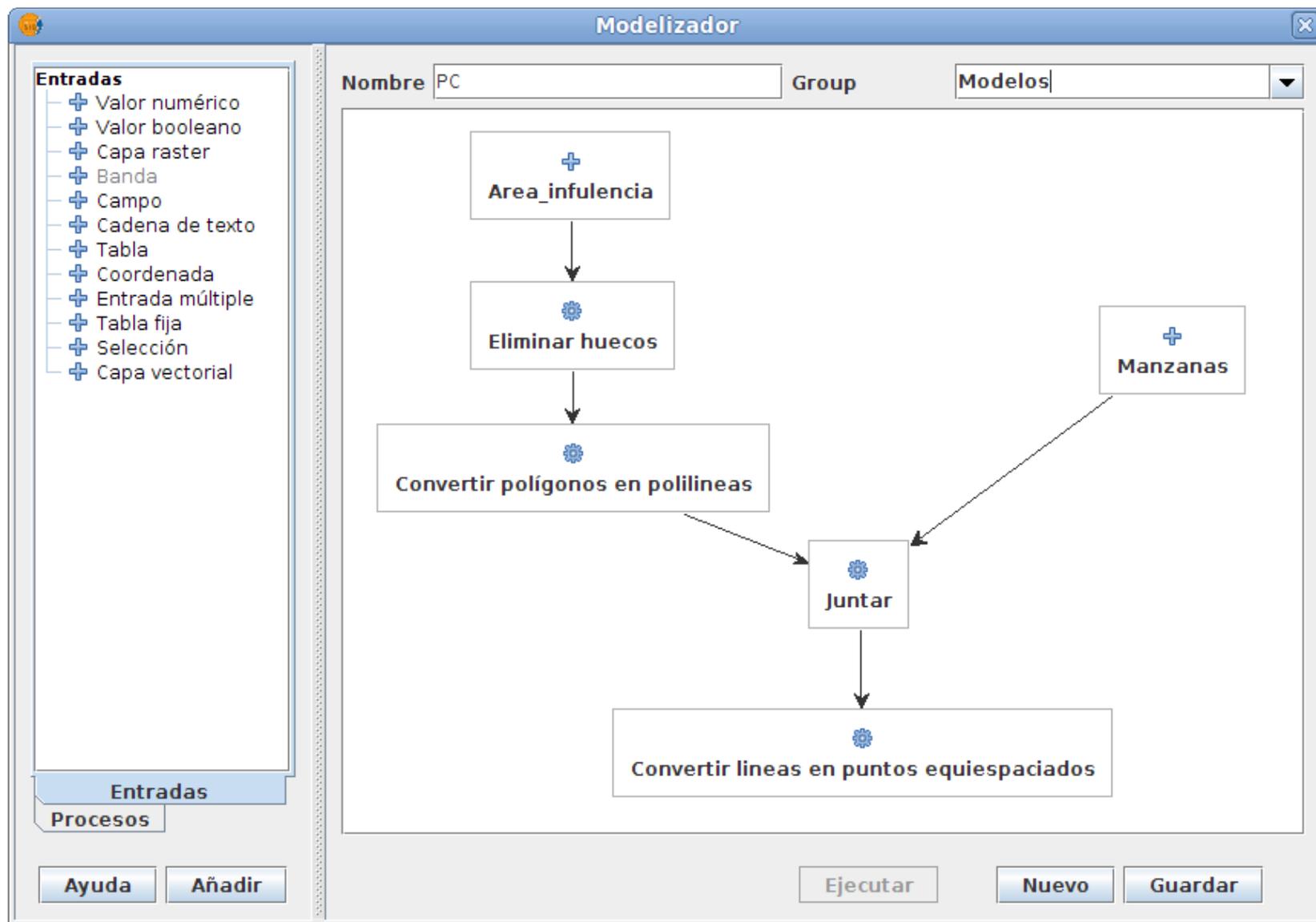


SEXTANTE



RESULTADOS: MODELOS SEXTANTE I

PC: Preparación de capas



RESULTADOS: MODELOS SEXTANTE II

Delaunay 1

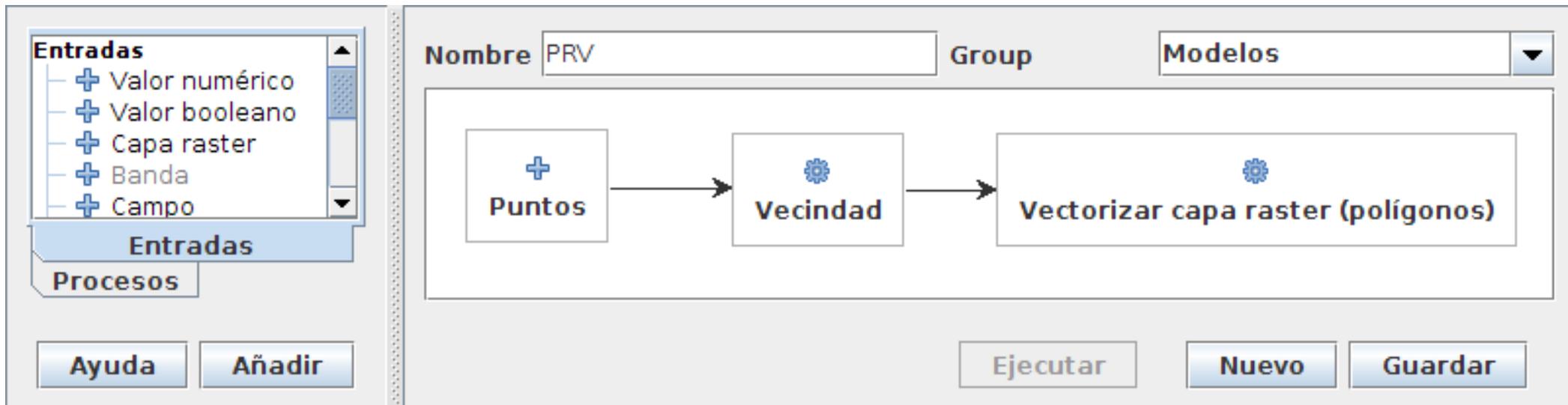
The screenshot shows the Sextante II interface for a model named 'DLNY_1' in the 'Modelos' group. On the left, the 'Entradas' (Inputs) list includes: Valor numérico, Valor booleano, Capa raster, Banda, Campo, Cadena de texto, Tabla, Coordenada, Entrada múltiple, Tabla fija, Selección, and Capa vectorial. The 'Procesos' (Processes) list is currently empty. The main workspace contains two process boxes: 'Manzanas' (with a plus icon) and 'Puntos' (with a plus icon). Arrows point from 'Manzanas' to 'Convertir polilíneas en polígonos' (with a gear icon) and from 'Puntos' to 'Triangulación de Delaunay' (with a gear icon). At the bottom, there are buttons for 'Ayuda', 'Añadir', 'Ejecutar', and 'Nuevo'.

Delaunay 2

The screenshot shows the Sextante II interface for a model named 'DLNY_2' in the 'Modelos' group. On the left, the 'Entradas' (Inputs) list includes: Tabla, Coordenada, Entrada múltiple, Tabla fija, Selección, and Capa vectorial. The 'Procesos' (Processes) list is currently empty. The main workspace contains three process boxes: 'Triangulos_calles' (with a plus icon), 'Convertir polígonos en polilíneas' (with a gear icon), and 'Separar polilíneas en nodos' (with a gear icon). Arrows point from 'Triangulos_calles' to 'Convertir polígonos en polilíneas', and from 'Convertir polígonos en polilíneas' to 'Separar polilíneas en nodos'. At the bottom, there are buttons for 'Ayuda', 'Añadir', 'Ejecutar', 'Nuevo', 'Guardar', and 'Abrir'.

RESULTADOS: MODELOS SEXTANTE III

PRV: Puntos a ráster, ráster a vector (polígonos).

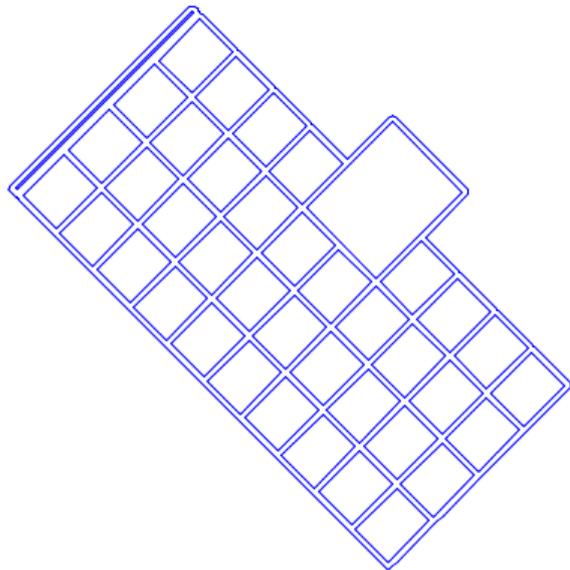


The screenshot displays a GIS software interface with a workflow model. On the left, a panel titled "Entradas" (Inputs) lists several input types: "Valor numérico" (Numerical value), "Valor booleano" (Boolean value), "Capa raster" (Raster layer), "Banda" (Band), and "Campo" (Field). Below this panel are buttons for "Ayuda" (Help) and "Añadir" (Add). The main workspace shows a model named "PRV" under the "Modelos" group. The workflow consists of three steps: "Puntos" (Points), "Vecindad" (Neighborhood), and "Vectorizar capa raster (polígonos)" (Vectorize raster layer (polygons)). The "Puntos" step is marked with a plus sign, while the other two are marked with gear icons. At the bottom of the workspace are buttons for "Ejecutar" (Execute), "Nuevo" (New), and "Guardar" (Save).

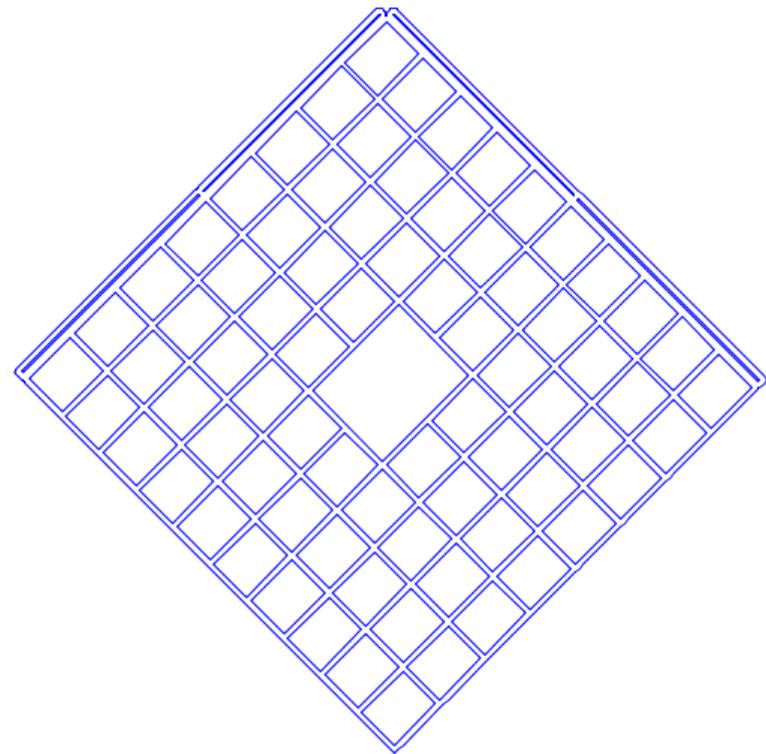
RESULTADOS. ZONAS DE PRUEBA I

Características zonas de prueba (cualitativas):

- Sistema de referencia oficial para Bogotá (Colombia): MAGNA-SIRGAS, EPSG 3116.
- Manzanas rectangulares de 80 m. por 100 m.; ancho de vías de 10 m.
- Separadores 430 m. por 3 m.
- Inclinación capas 45°.

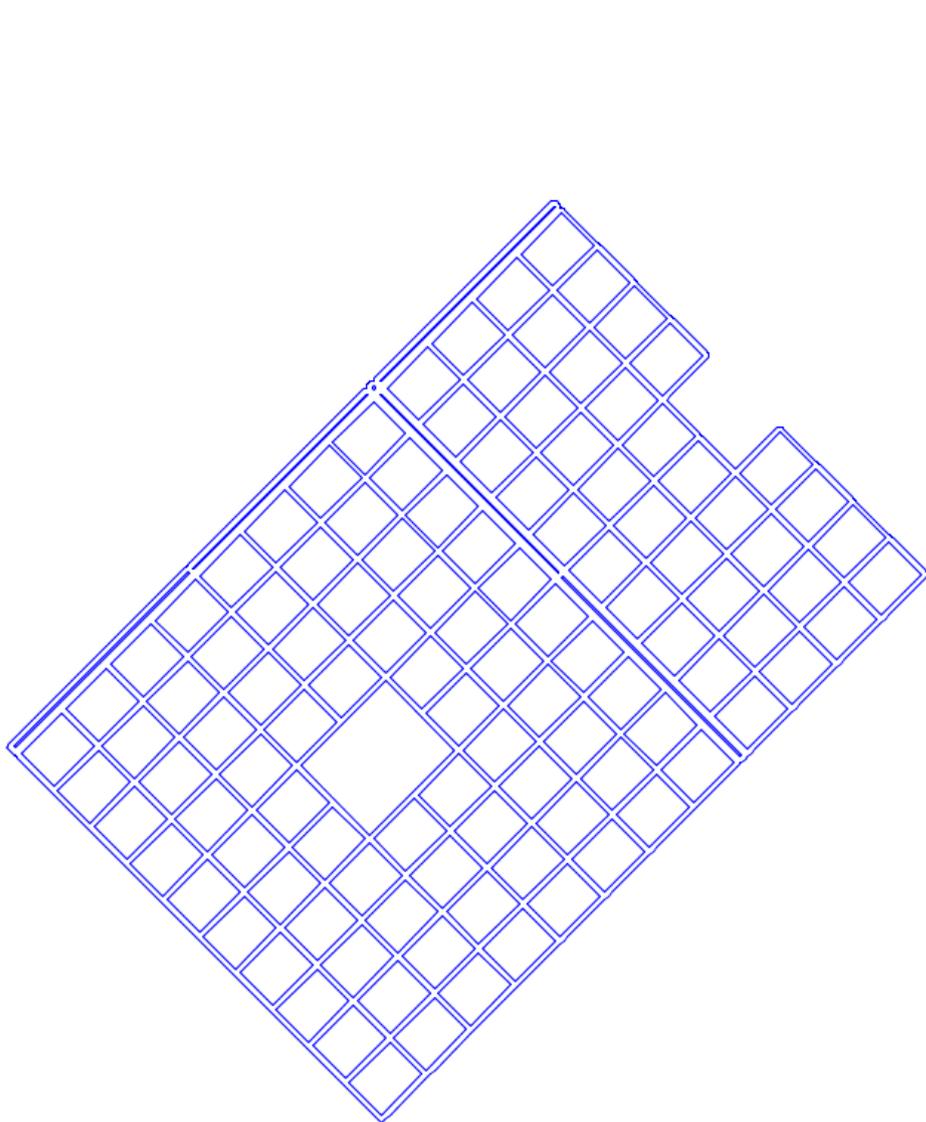


Zona 1

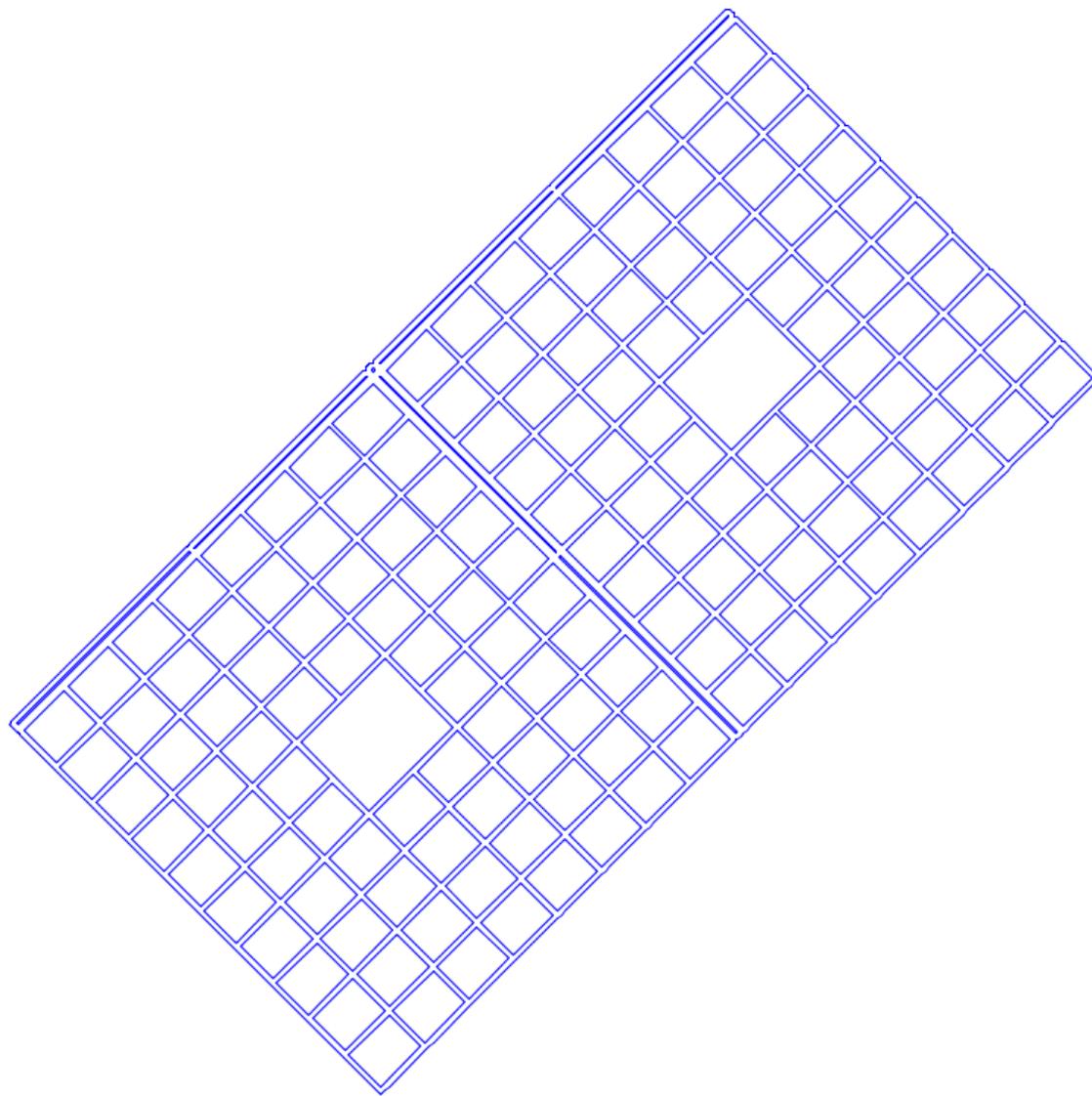


Zona 2

RESULTADOS. ZONAS DE PRUEBA II



Zona 3



Zona 4

1:

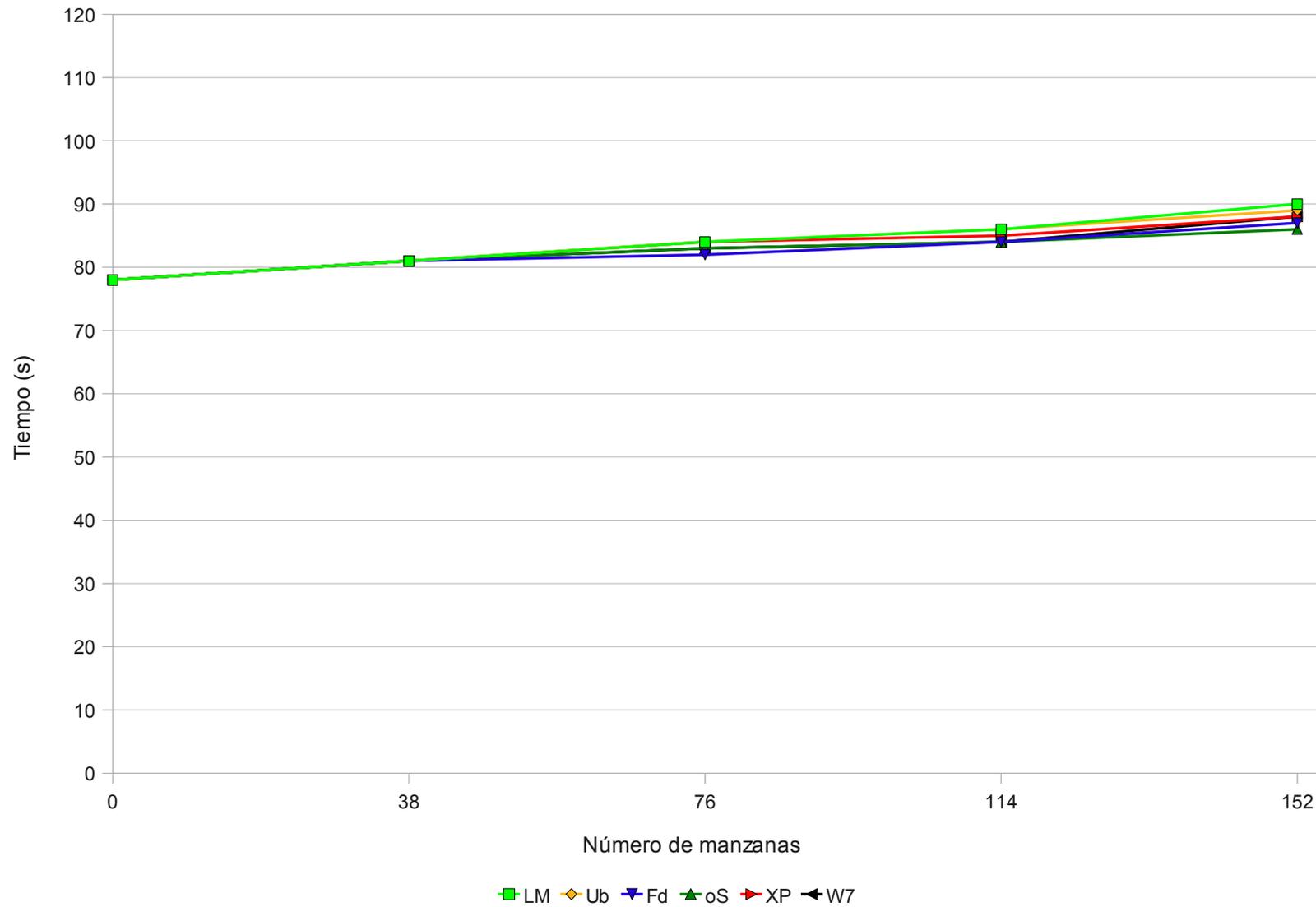
RESULTADOS. ZONAS DE PRUEBA III

Características zonas de prueba (cuantitativas)

Zona	Coordenadas de los límites				Tamaño		Número de manzanas
	Superior (m)	Inferior (m)	Izquierda (m)	Derecha (m)	Alto (m)	Ancho (m)	
1	956.10	-14.14	-654.06	314.07	970.24	968.13	38
2	1267.23	-14.14	-654.06	642.06	1281.37	1296.12	76
3	1594.62	-14.14	-654.06	952.58	1608.76	1606.64	114
4	1905.75	-14.14	-654.06	1263.71	1919.89	1917.77	152

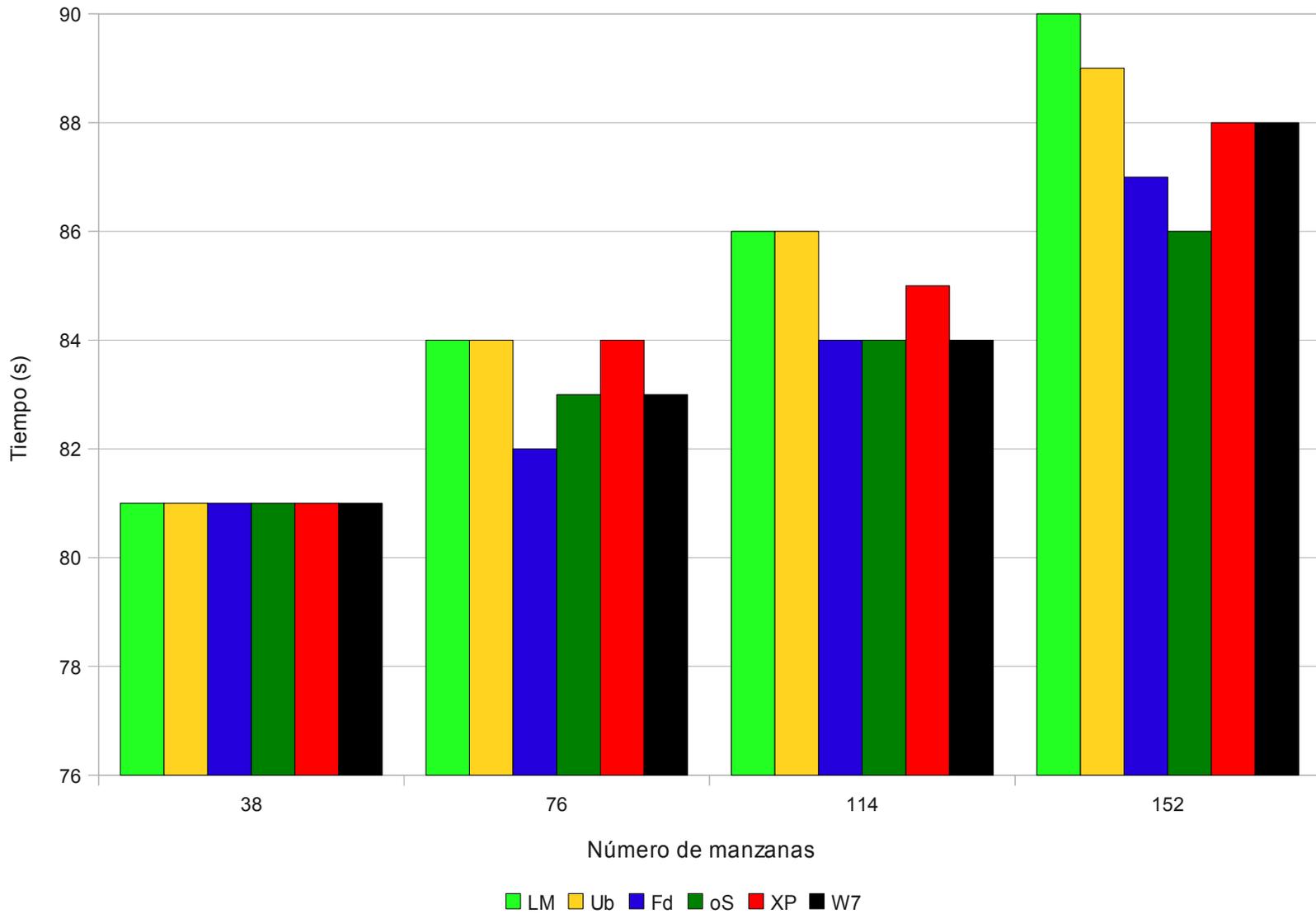
RESULTADOS: RENDIMIENTO DELAUNAY I

Comparación según SO



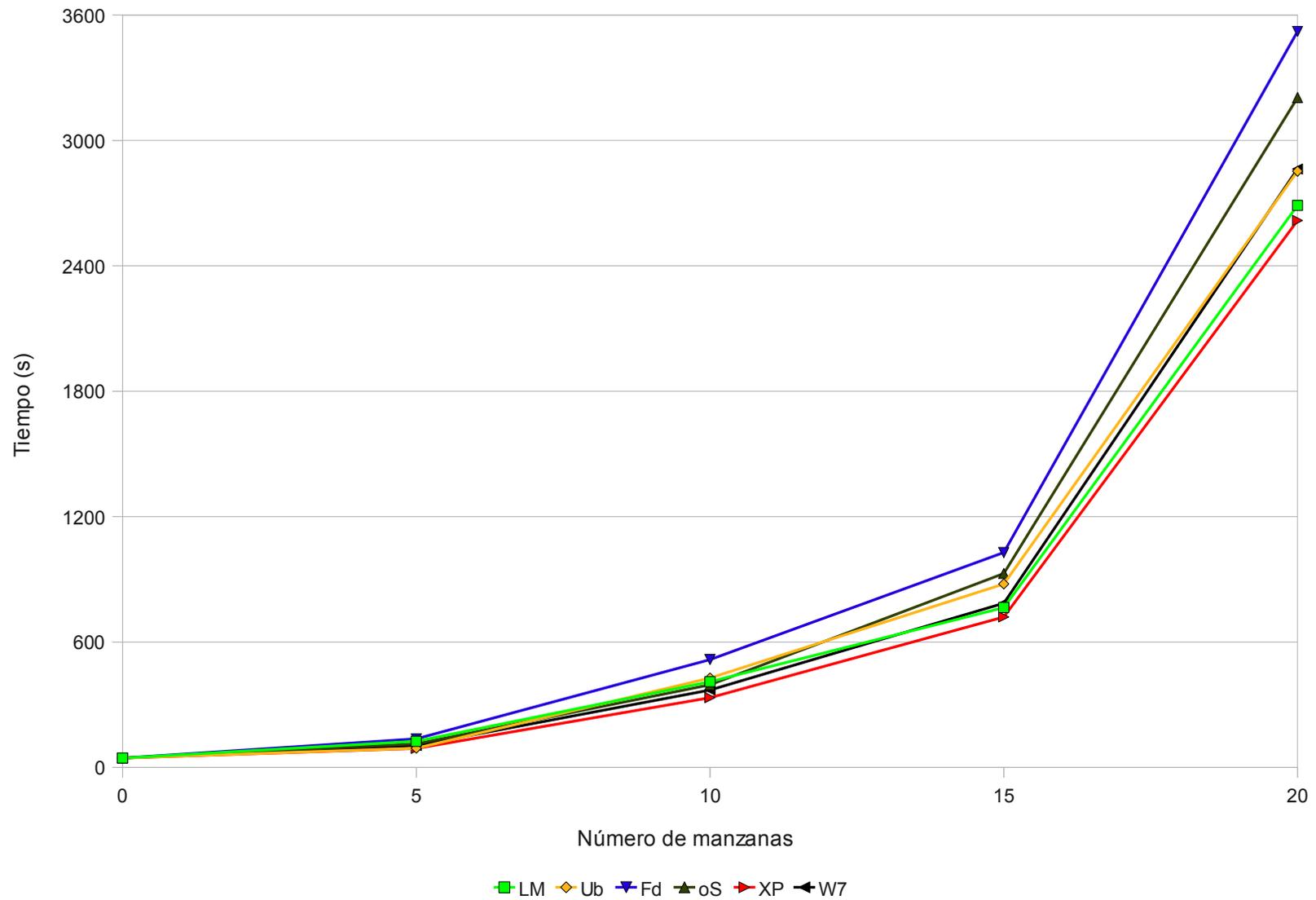
RESULTADOS: RENDIMIENTO DELAUNAY II

Comparación según SO



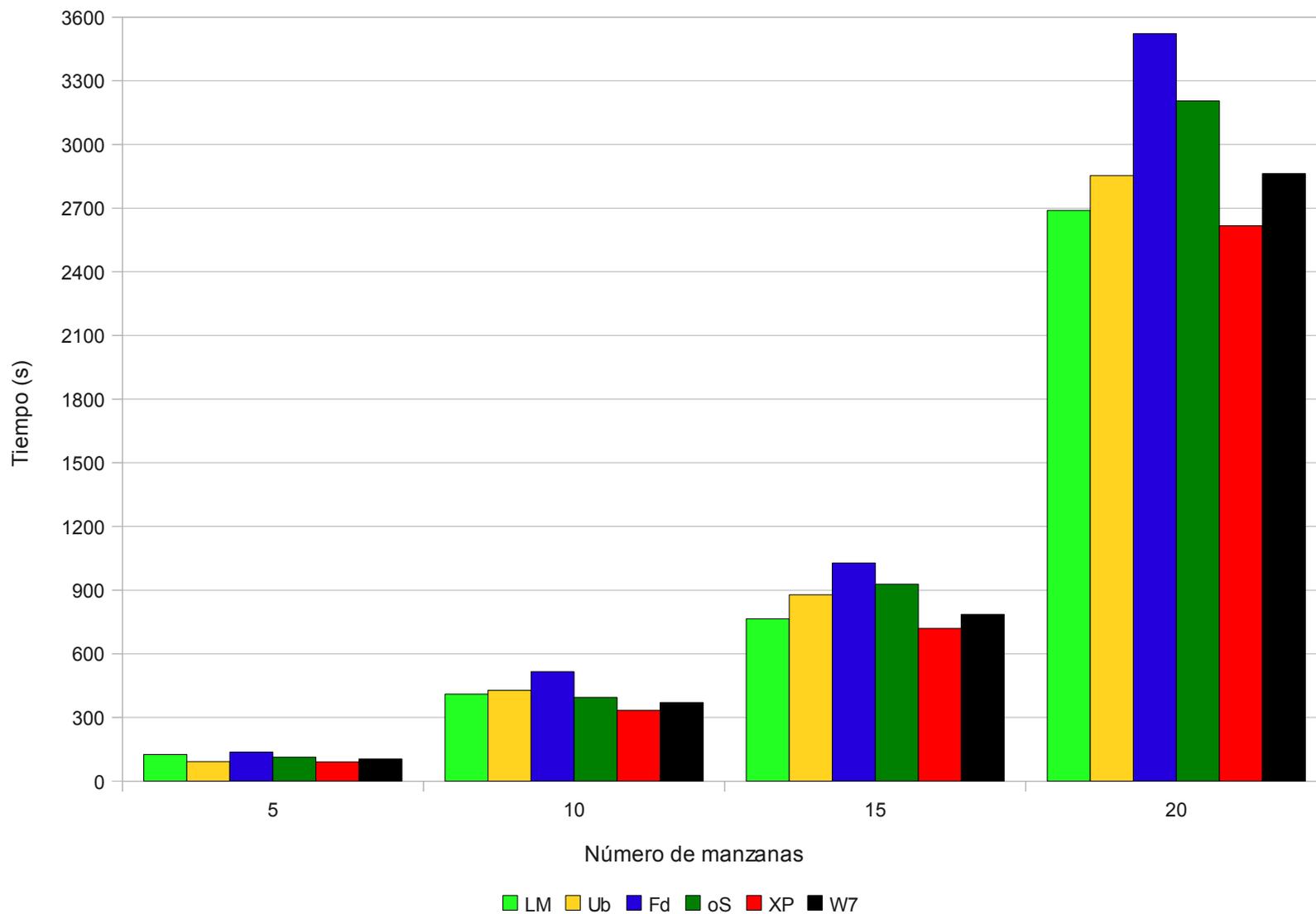
RESULTADOS: RENDIMIENTO VORONOI I

Comparación según SO



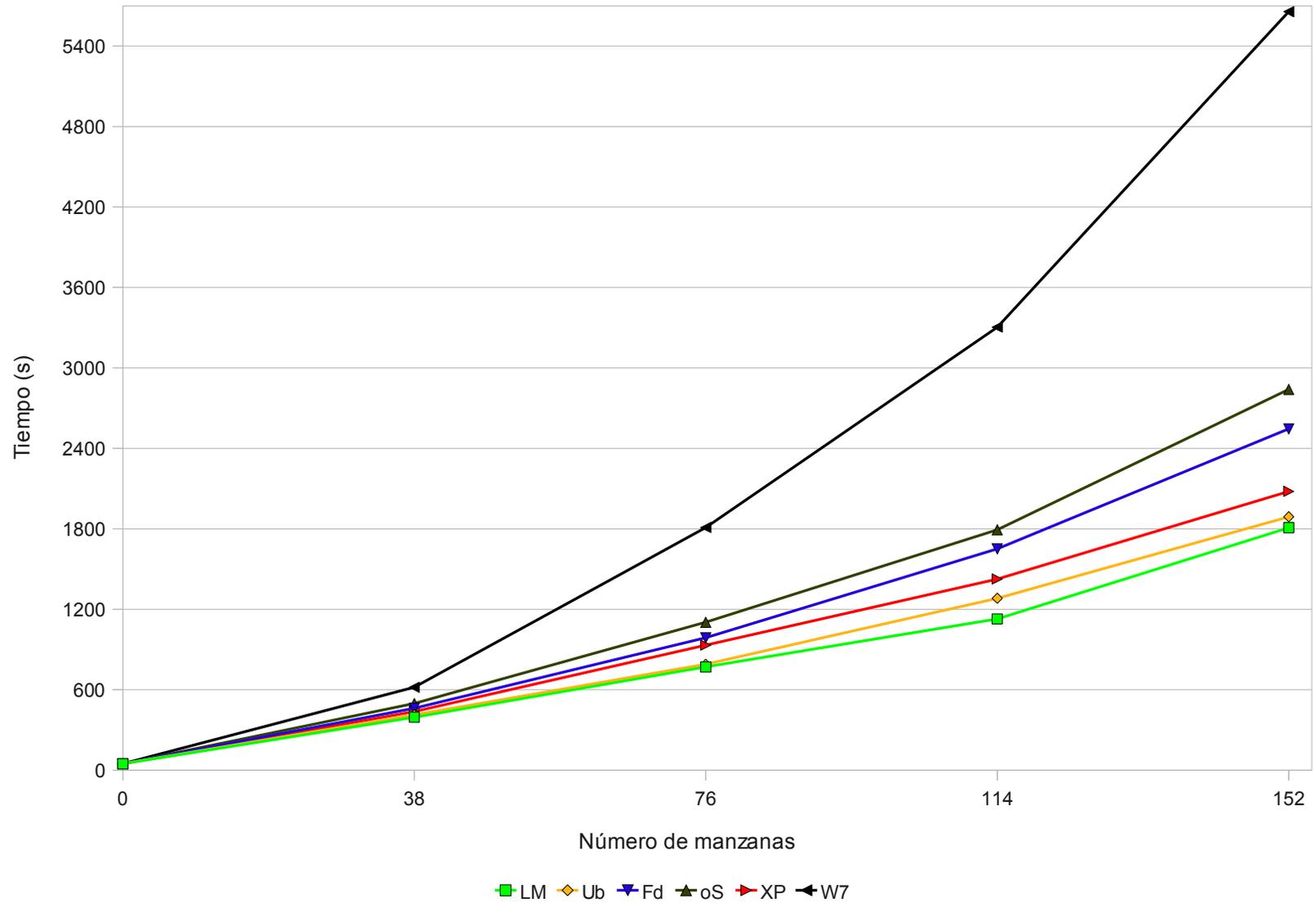
RESULTADOS: RENDIMIENTO VORONOI II

Comparación según SO



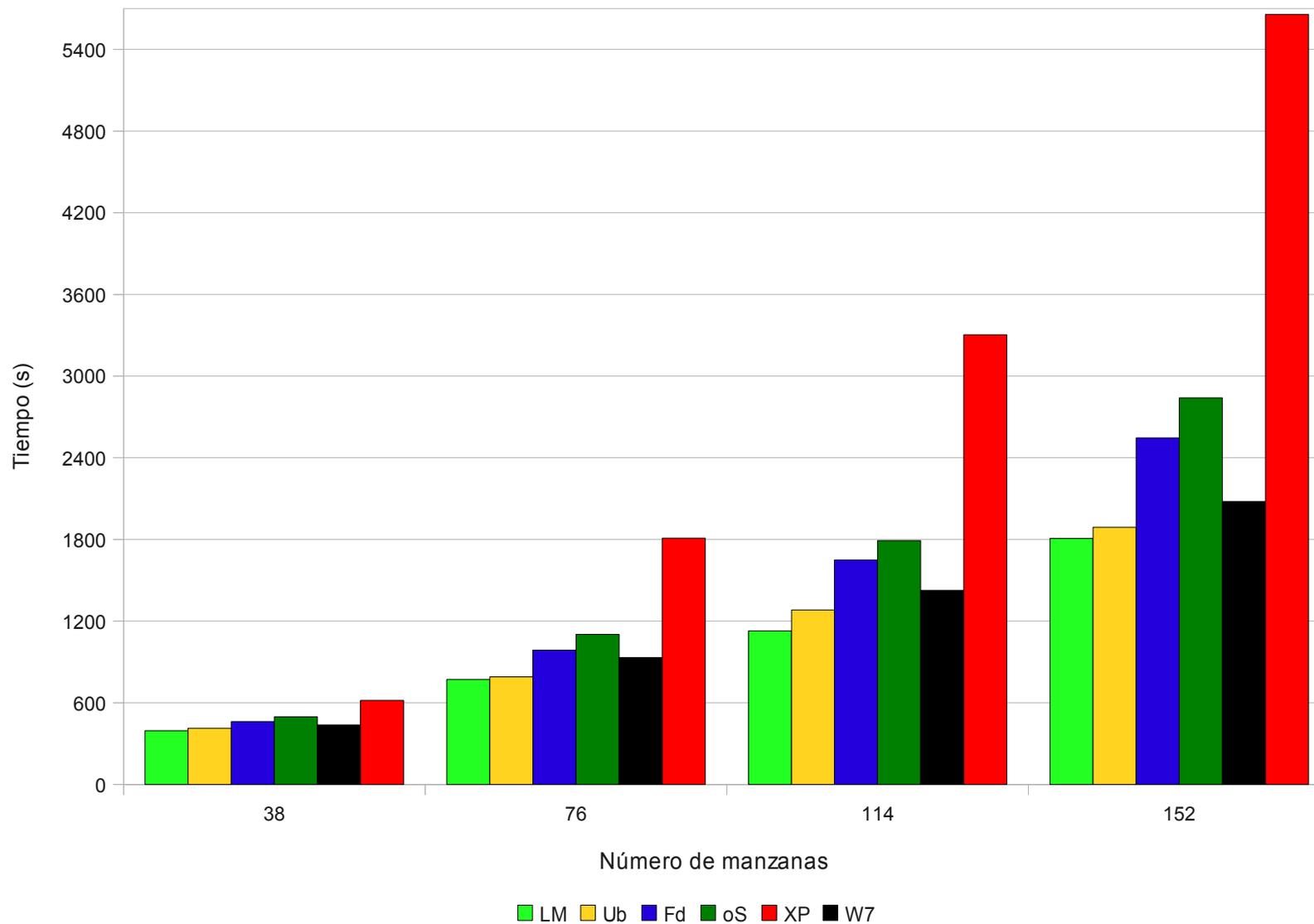
RESULTADOS: RENDIMIENTO IVC I

Comparación según SO



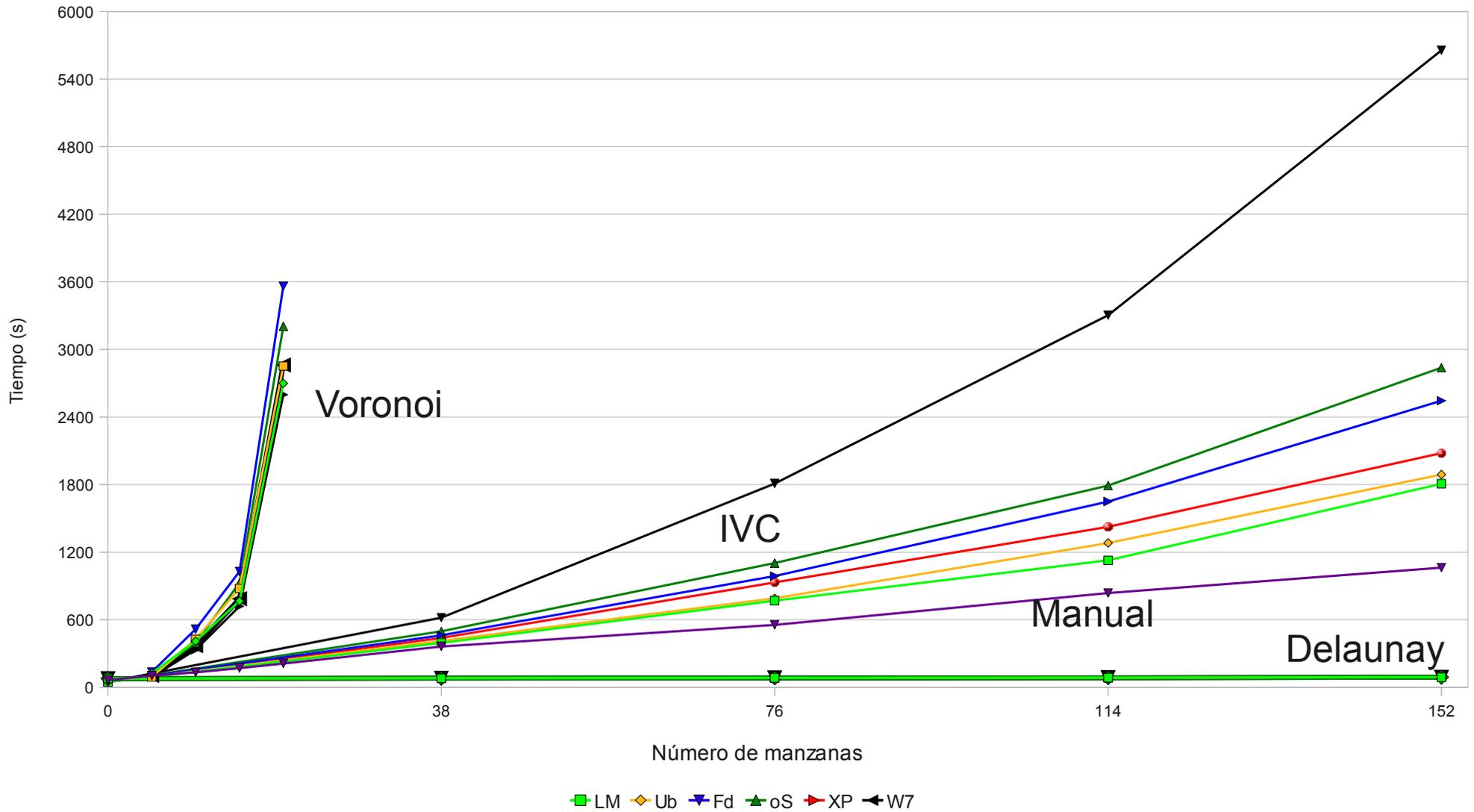
RESULTADOS: RENDIMIENTO IVC II

Comparación según SO



RESULTADOS: COMPARACIÓN GRÁFICA MÉTODOS

Comparación métodos según SO



RESULTADOS: COMPARACIÓN ESTADÍSTICA MÉTODOS

Comparación estadística tramos analizados (90 m. y 110 m.)

M: método manual

Tramo	Medida Estadística	Zona							
		1		2		3		4	
		M	IVC	M	IVC	M	IVC	M	IVC
90 m	Suma	4317,282	4346,776	7922,737	7992,805	12243,846	12351,585	15862,462	15978,619
	Recuento	48	48	88	88	136	136	176	176
	Media	89,943	90,558	90,031	90,827	90,028	90,820	90,128	90,788
	Máximo	90,786	92,790	92,280	99,095	91,946	94,917	93,322	97,635
	Mínimo	88,699	87,435	88,295	83,629	86,898	84,510	87,422	84,942
	Ámbito	2,087	5,355	3,986	15,467	5,048	10,407	5,900	12,693
	Desv. Est.	0,568	1,202	0,722	1,878	0,863	1,796	1,189	1,477
110 m	Suma	4943,804	4814,706	9470,397	9465,235	14211,567	14223,146	18962,845	18946,346
	Recuento	45	45	86	86	129	129	172	172
	Media	109,862	109,425	110,121	110,061	110,167	110,257	110,249	110,153
	Máximo	111,522	114,825	111,653	116,200	113,071	118,794	115,359	118,794
	Mínimo	107,895	105,803	108,236	104,368	108,062	102,549	106,522	104,387
	Ámbito	3,627	9,022	3,418	11,831	5,009	16,245	8,837	14,407
	Desv. Est.	0,754	2,367	0,783	2,940	0,988	3,352	1,268	2,786

ÍNDICE

1. Introducción

2. Objetivos

3. Metodología

4. Resultados

5. Conclusiones y recomendaciones

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES I

La triangulación de Delaunay:

- No se puede implementar: falta función para obtener centroides de líneas
- Notable rapidez (más rápida que elaboración manual de la red).
- Rendimiento independiente del sistema operativo utilizado.

El método de Voronoi no es funcional debido a:

- Excesivo tiempo de proceso.
- Limitaciones en cantidad de rasgos que puede operar.
- Calidad de resultados directamente proporcional a uniformidad en tamaño y forma de manzanas de partida.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES II

El método IVC:

- Es más lento que la elaboración manual de la red.
- Se puede mejorar usando extensión de topología (*estable*) durante corrección final de la red.
- Calidad de resultados alcanzados mediante IVC es aceptable comparada con los obtenidos mediante elaboración manual de la red.

Es notable la utilidad que presta el Modelador y el Historial de Sextante.

La ejecución de procesos por lotes agiliza enormemente el trabajo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES III

Sugerencias gvSIG:

- Implementar atajos por teclado.
- Incluir en la Consola, la hora y los comandos usados en la sesión.

Sugerencias Sextante:

- Crear herramienta para cálculo de centroides de líneas.
- Mejorar la operación *Diferencia* (elimina más polígonos de los necesarios).
- Dar posibilidad de disolver polígonos resultantes en áreas de influencia (buffers).
- En procesos por lotes, permitir ajuste independiente de la extensión de las capas ráster operadas.

Sugerencias COMUNIDAD de usuarios:

- Juntos podemos criticar, probar, adaptar y optimizar los métodos.

¿Dudas, sugerencias, contacto, etc?
e.a.amado.baron@gmail.com

¡AHORA ES EL TURNO DE USTEDES!



¡MUCHAS GRACIAS ...

nos vemos en las 3ras!

BIBLIOGRAFÍA I

Amberg, Virginie (2005), Amélioration de l'extraction de routes par un algorithme contextuel. <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000291/>. Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: 28 noviembre de 2006.

Anil, P.N. y Natarajan, S. (2010), "Automatic road extraction from high resolution imagery based on statistical region merging and skeletonization", International Journal of Engineering Science and Technology 2 (3), pp. 165-171. Disponible en: <http://www.ijest.info/docs/IJEST10-02-03-08.pdf> Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: no disponible.

Cores, et al. (s.f.), Generación automática de redes de transporte a través de datos cartográficos. Escuela Superior de Ingenieros, Sevilla, España. http://www.esi2.us.es/GT/docs/cit2008_cores.pdf. Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: no disponible

Doucette, Pete, Agouris, Peggy y Stefanidis, Anthony (2004), "Automated road extraction from high resolution multispectral imagery", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 70 (12), pp. 1405 - 1416. https://www.asprs.org/publications/pers/2004journal/december/2004_dec_1405-1416.pdf. Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: no disponible.

Farah, Noureddine (1998), Extraction et evaluation du réseau routière urbain à partir des images satellitaires : développement d'algorithmes. Disponible en: http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk2/tape17/PQDD_0010/MQ35674.pdf. Fecha consulta: mayo 2010, fecha actualización sitio web: 26 de febrero de 2008.

Gold, Christopher y Snoeyink, Jack (s.f), A One-Step Crust and Skeleton Extraction Algorithm. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.12586&rep=rep&type=pdf>. Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: no disponible.

gvSIG (2009), Manual de usuario de la extensión de redes gvSIG 1.9. <http://jornadas.gvsig.org/projects/gvsig-desktop/official/extensiones/>. Fecha consulta: junio 2010, fecha actualización sitio web: 1 junio de 2010.

BIBLIOGRAFÍA II

Gómez, Emilio (2007), Voronoi centerlines skeleton: http://es.wikiedia.org/wiki/Archivo:Voronoi_centerlines_skeleton.gif. Fecha de consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: 13 de noviembre de 2007.

Gonçalves, Tatiana y dal Poz, Aluir (2001), Extração semi-automática de rodovias combinando um modelo de trajetória com uma estratégia de correlação. <http://www.geoinfo.info/geinfo2002/papers/Sussel.pdf>. Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: no disponible.

Koutaki, Go y Uchimura, Keiichi (2003). Automatic road extraction based on cross detection in suburb. Disponible en: http://navi.cs.kumamoto-u.ac.jp/english/publications/pdf/int_thesis/2004-02.pdf. Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: 13 octubre de 2004.

Mioc, et al., (s.f.), An algorithm for centreline extraction using natural neighbour interpolation. Disponible en: <http://www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm4/papers/522.pdf>. Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: no disponible.

Roux, Michel et al. (s.f.), Recalage Image SPOT : carte routière. http://www.isprs.org/proceedings/XXIX/congress/part3/384_XXIX-part3.pdf. Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: 12 abril de 2010.

Ruskoné, Renaud (1996), Extraction automatique du réseau routier par interprétation locale du contexte : application à la production de données cartographiques. http://recherche.ign.fr/labos/matis/pdf/theses/these_ruskone.pdf. Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: no disponible.

Ubeda, Miguel (2008), Herramienta de análisis de redes en un sistema de información geográfica. https://forxa.mancomun.org/frs/?group_id=71. Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: no disponible.

BIBLIOGRAFÍA III

Wang, Ruisheng et. al, (s.f.), Extraction of road networks using pan-sharpened multispectral and panchromatic QuickBird images. <http://www.geocit.yorku.ca/past-publications/test-page/papers/past-researchers-papers/Extraction%20of%Urban.pdf>. Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: no disponible.

Wiedemann, Christian et al. (s.f), Automatic extraction and evaluation of road networks from MOMS-2P imagery. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.48.5837>. Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: no disponible.

Yuan, Jiangye et al. (s.f.), Automatic road extraction from satellite imagery using LEGION networks. Disponible en: http://www.worldbank.org/servlet/WDS_Ibank_Servlet.pcont=d%%e. Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: 1 septiembre 2004.

Zhang, Chunsun y Baltsavias, Manuella (2007), Automatic road extraction by integrated analysis of images and GIS data. ASPRS 2007 Annual Conference. <http://www.asprs.org/publications/proceedings/tampa2007/0084.pdf>. Fecha consulta: abril 2010, fecha actualización sitio web: no disponible.

Zhang, Qiaoping y Couloigner, Isabelle (2006), Automatic road change detection and GIS updating from high spatial remotely-sensed imagery. http://www.hku.hk/dupad/asiagis/fall03/Full_Paper/Zhang_Qiaoping.pdf. Fecha consulta: mayo 2010, fecha actualización sitio web: no disponible.

Zhu, Qihui y Mordohai, Phillippos (s.f.), A minimum cover approach for extracting the road network from airborne LIDAR data. http://www.cs.stevens.edu/~mordohai/public/Zhu_MinCoverRoadsLidar09.pdf. Fecha consulta: mayo 2010, fecha actualización sitio web: no disponible.

Reconocimiento-Compartir bajo la misma licencia 3.0 España

Usted es libre de:

 copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

 hacer obras derivadas.

Bajo las condiciones siguientes:

 **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).

 **Compartir** bajo la misma licencia. Si transforma o modifica esta obra para crear una obra derivada, solo puede distribuir la obra resultante bajo la misma licencia, una similar o una compatible.

Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.

Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.

Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/deed.es>