

Vol. 1, Núm. 2 (2021)

ISSN 2735-6930



Revista Digital

Cartógrafo.CL



Revista Digital

Cartógrafo.CL

Revista digital técnico-profesional, independiente y pluralista; no arbitrada. Orientada a la difusión de temas e informaciones sobre Cartografía y Geomática; así como a todas las ciencias, técnicas y disciplinas asociadas a las Geociencias.

Vol. 1—N° 2

ISSN 2735-6930

Fecha de publicación:
31 de diciembre de 2021

Periodicidad:
Bianual

País:
Chile

Idioma:
Español

Las opiniones vertidas en esta revista son de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente se corresponden con las de Cartógrafo.CL



Director:

Gabriel Moraga Gormaz
cartografo@cartografo.cl

Edición y diagramación:
Editorial Cartógrafo.CL
editorial@cartografo.cl



<https://cartografo.cl>



Bajo Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional.

TABLA DE CONTENIDOS

Editorial (p. 3)

Reseña Biográfica

Profesor D. R. Fraser Taylor

Romola V. Thumbadoo - Canadá (pp. 5 - 10)

Artículos Técnico-Profesionales

Combinación de técnicas geoespaciales

José A. Carrasco, Felipe Carvajal, Óscar Moreno y Ariel Silva - Chile (pp. 12 -34)

Perfilamiento geográfico de agresores sexuales, Análisis de casos

Óscar Figueroa - Chile (pp. 35 - 58)

Islas de Calor Urbanas (ICU) en la ciudad de Montería, Córdoba, 2015 - 2020

Richard Hernández, Óscar Puerta y Keidy Vergara - Colombia (pp. 59 - 67)

Metodología para la sectorización ambiental del Área Metropolitana de Caracas

Manuel Matute, Elia Gómez, Jonathan Torres, Wilmer Becerra y Bárbara Loreto
Venezuela (pp. 68 - 82)

Artículos Didácticos

La Ciencia de la Topografía

Rigoberto A. Moreno - México (pp. 84 -91)

Geoderecho: el uso de datos espaciales para orientar políticas públicas hacia la justicia social

Alvaro Anguix - España (pp. 92 - 97)

La Escala en la Cartografía / Scale in Cartography

Gabriel Moraga - Chile (pp. 98 - 106)

Noticias

UN-GGIM y el Grupo de Expertos de las Naciones Unidas en Administración y Gestión del Territorio renuevan sus directivas para los próximos años

IDE Chile - Chile (pp. 108 -109)

Videos georreferenciados, qué son y cómo pueden ayudar a tu empresa

SRM Consulting - España (pp. 110 -113)



EDITORIAL

De manera casi mágica ya pasó la incertidumbre del debut en sociedad de [Cartógrafo.CL](http://Cartografo.CL). El primer número ya quedó atrás, bienvenido sea esta segunda versión. Muchas lecciones y aprendizajes quedaron como materia prima para esta nueva edición; sin embargo, lo más importante ha sido el gran entusiasmo por compartir investigaciones y proyectos, por parte de grandes profesionales, con un alto grado de conocimiento y compromiso con las Geociencias.

Los autores que compartieron sus experiencias en la revista N° 1 de [Cartógrafo.CL](http://Cartografo.CL), y que hace seis meses eran parte de la gran mayoría silenciosa, actualmente, en menor o mayor medida, se han dado a conocer en la comunidad de las Geociencias, ganando sus propios espacios, tanto en la empresa como en la academia. Esta situación, evidentemente nos llena de orgullo, y a la vez, nos motiva a seguir con este ambicioso proyecto que esta recién comenzando, y cuyo objetivo final es ser un referente para todos los profesionales que deseen dar a conocer sus trabajos e investigaciones.

El N° 1 también nos ha enseñado que, hoy, las fronteras no existen, las Geociencias tienen su propio lenguaje. Desde el golfo de México hasta el paso Drake y desde las Galápagos hasta la península Ibérica, nos comunicamos perfectamente, incluyendo nuestros amigos luso hablantes.

A partir del N° 2 de [Cartógrafo.CL](http://Cartografo.CL) comenzaremos a incluir material bilingüe, español e inglés, ya que es innegable el gran desarrollo tecnológico y conceptual de las Geociencias en los países de habla inglesa, especialmente Canadá y Estados Unidos. El objetivo futuro es incorporar en cada número de [Cartógrafo.CL](http://Cartografo.CL), por lo menos un artículo bilingüe de autores angloparlantes, para interiorizarnos de los procedimientos y metodologías utilizados en esos países.

El material destacado del N° 2 de [Cartógrafo.CL](http://Cartografo.CL), sin duda lo constituye el primer artículo bilingüe, escrito por la Dra. Romola Thumbadoo, del Departamento de Geografía y Estudios Ambientales de la Universidad de Carleton, Ottawa, Canadá (DGES). Este artículo constituye un reconocimiento al Dr. Fraser Taylor, actual director del DGES, y quien es considerado como uno de los principales cartógrafos del mundo, por su dilatada trayectoria académica y por haber desarrollado el concepto de "Cibercartografía".

Queda abierta la invitación a conocer esta nueva versión y a enviarnos sus comentarios y sugerencias para ser cada día mejores.

Saludos desde Valparaíso de Chile.

GABRIEL MORAGA GORMAZ

Cartógrafo y Magíster en Geomática

Director de [Cartógrafo.CL](http://Cartografo.CL)



Bajo Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional.



**Transforma
TU FUTURO
profesional**



UNIVERSIDAD DE
CÓRDOBA



Inscripciones
Abiertas

Maestría en **GEOGRAFÍA**

CÓDIGO SNIES: 20980 - REGISTRO CALIFICADO No.7148 de 2005

4 Semestres

Valor del PIN:
\$227.132

Adquiere tu PIN hasta el 28 de enero 2022
Banco Colpatría Cta. corriente #7351011585

Más información

322 2491780

maestriaengeografia@correo.unicordoba.edu.co



Universidad de Concepción



Facultad de Arquitectura
Urbanismo y Geografía

ADMISIÓN 2022 MAGÍSTER EN ANÁLISIS GEOGRÁFICO

**POSTULACIONES
ABIERTAS
HASTA EL 15
ENERO 2022**

MÁS INFORMACIÓN:

<https://www.magistergeografia-udec.cl/>

faug.udec.cl

[illegible]

Profesor
D. R. FraserTaylor

Dra. Romola V. Thumbadoo (*)



La investigación del GCRC se centra en la aplicación del procesamiento y de la gestión de la información geográfica al análisis de cuestiones socioeconómicas de interés para la sociedad, tanto a escala local como internacional, y a la presentación de los resultados en nuevas e innovadoras formas cartográficas.



GCRC research focuses on the application of geographic information processing and management to the analysis of socio-economic issues of interest to society at a variety of scales, from the local to the international, and to the presentation of the results in new, innovative cartographic forms.

Cartógrafo.CL/02-2021

El profesor Taylor tiene una larga y muy respetada carrera académica, y es ampliamente reconocido como uno de los principales cartógrafos del mundo; en las últimas seis décadas, ha dejado su huella investigativa en lugares tan diversos como África, Canadá, India, China, así como en América del Sur.

En el 2012, el Dr. Taylor fue galardonado con el Premio a la Innovación Ambiental 3M por Avances en Cartografía; en el 2013, recibió la Medalla de Oro Carl Mannerfelt, el más alto premio de la Asociación Cartográfica Internacional (ICA), también obtuvo el premio Killam 2014 para las Ciencias Sociales, entre otros reconocimientos. Es miembro de la Real Sociedad de Canadá y por dos períodos fue elegido presidente de la ICA.

Tiene un gran interés en el desarrollo internacional, local e indígena. Su primera investigación cartográfica comenzó en Kenia, África Oriental, en los años sesenta, donde tomó forma su enfoque de "desarrollo desde dentro": introdujo un enfoque holístico e interdisciplinario para el desarrollo regional y rural, utilizando un innovador mapeo de diversas variables culturales, sociales o económicas que los cartógrafos tradicionales no habían considerado. Más tarde, estas ideas fueron refinadas y articuladas en sus publicaciones "Development from Above or Below" (1981) y "Development from Within: Survival in Rural Africa" (1992). En su investigación en África comenzó a explorar la idea del uso de computadoras para trazar mapas. Ideas que, más tarde, fueron desarrolladas en D. R. F. Taylor y D. Douglas "A Computer Atlas of Ottawa-Hull" (Departamento de Geografía, Carleton: Ottawa, 1970).

Hoy día, el profesor Taylor es pionero en el establecimiento innovador de la Cibercartografía como un formato de mapeo en línea interactivo, multimedial y multisensorial, que utiliza la localización espacial como su principio organizador e integra datos culturales, históricos, lingüísticos, económicos y sociales con información cartográfica.

Presentó por primera vez este concepto en la Conferencia anual de la ICA, Estocolmo, 1997; donde describió la Cibercartografía como la organización, presentación, el análisis y la comunicación de la información referenciada espacialmente sobre una amplia variedad de temas de interés y uso para la sociedad, en un formato interactivo, dinámico, multimedia, multisensorial y multidisciplinario.

Aunque la definición formal de la Cibercartografía ha evolucionado con el tiempo, las siguientes ideas centrales, que la sustentan, siguen siendo relevantes:

La Cibercartografía comprende siete elementos clave:

Professor Taylor has a lengthy and highly respected academic career, and he is widely recognized as one of the world's leading cartographers; over the past six decades, he has made his mark on research in such diverse places as Africa, Canada, India, China and indeed, South America.

Dr. Taylor was awarded the 3M Environmental Innovation Award for Advances in Cartography in 2012; the Carl Mannerfelt Gold Medal, the highest International Cartographic Association (ICA) award in 2013, and amongst other credentials, he is also the 2014 Killam Prize Winner for the Social Sciences and a Fellow of the Royal Society of Canada. He served two terms as President of the ICA.

He has a great interest in international, local and Indigenous development. His earliest cartographic research commenced in Kenya, East Africa in the 60s, and there, his "development from within" approach took shape: he introduced a holistic and interdisciplinary approach to regional and rural development using the innovative mapping of diverse cultural, social, or economic variables that traditional cartographers had never considered. Later, these ideas were refined and articulated in his publications "Development from Above or Below" (1981) and "Development from Within: Survival in Rural Africa" (1992). It was also with his African research that he began to explore the innovative idea of the use of computers to plot to map data. Later some of his computer-based ideas found expression in Taylor, D. R. F. and Douglas, D. "A Computer Atlas of Ottawa-Hull. (Department of Geography, Carleton: Ottawa, 1970).

Today, Professor Taylor is pioneering the ground-breaking establishment of Cybercartography as an interactive, multimedia, and multi-sensory online mapping format that uses location as its organizing principle and integrates cultural, historical, linguistic, economic, and social data with cartographic information.

He first introduced this concept to ICA at its annual conference in Stockholm in 1997, and presented it as the organization, presentation, analysis and communication of spatially referenced information on a wide variety of topics of interest and use to society in an interactive, dynamic, multimedia, multisensory and multidisciplinary format.

Although the formal definition of Cybercartography has evolved over time, the following central ideas which underpin it are still relevant:

It comprises seven key elements:



1. La Cibercartografía es multisensorial, usa la visión, la audición, el tacto y (eventualmente) el olfato y el gusto.
2. Utiliza formatos multimediales y nuevas tecnologías de la comunicación como la World Wide Web (por ejemplo, Web 2.0, dispositivos móviles).
3. Es altamente interactiva, centrada en el usuario, entendiéndolo e involucrándolo de nuevas maneras, a través del análisis de sus necesidades y de los estudios de usabilidad; por ejemplo, atlas wiki y "edutainment" (juegos educativos en línea). Los "usuarios" cibercartográficos pueden convertirse en "creadores".
4. No es un producto independiente como el mapa tradicional, sino parte de un paquete de información y análisis que incluye datos cualitativos y cuantitativos. El entorno de trabajo del Atlas Cibercartográfico proporciona un enfoque organizacional para los productos y procesos emergentes en la Web 2.0 o computación social.
5. Es compilado por equipos de individuos típicamente de diferentes ámbitos, incluyendo disciplinas que normalmente no están asociadas con la cartografía.
6. Se aplica a una amplia gama de temas, no solo a la búsqueda de ubicaciones y al entorno físico. Responde a las demandas de la sociedad, incluidos los temas que por lo general no se encuentran "mapeados".
7. Involucra nuevas asociaciones de investigación y desarrollo entre el mundo académico, el gobierno, la sociedad civil y el sector privado.

1. Cybercartography is multisensory using vision, hearing, touch and (eventually) smell and taste.
2. It uses multimedia formats and new telecommunications technologies such as the World Wide Web (e.g. Web 2.0, mobile devices).
3. It is highly interactive and engages the user in new ways - user-centric and interactive, understanding and engaging the user in new ways through user needs analysis and usability studies, wiki atlases and "edutainment" (online educational games). Cybercartographic "users" can become "creators".
4. It is not a stand-alone product like the traditional map but part of an information/analytical package that includes both qualitative and quantitative information. The Cybercartographic Atlas framework provides an organizational approach for the emerging products and processes of the Web 2.0 era of social computing.
5. It is compiled by teams of individuals typically from different domains including disciplines not normally associated with cartography.
6. It applies to a wide range of topics, not only to location finding and the physical environment. Responds to societal demands including topics not usually "mapped".
7. It involves new research and development partnerships among academia, government, civil society and the private sector.



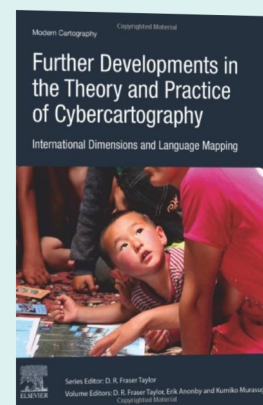
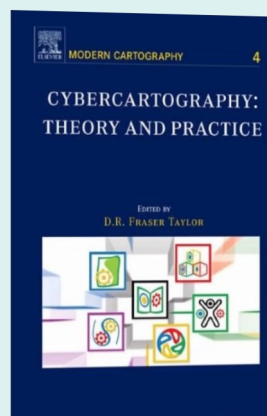
Algunos miembros del equipo del Centro de Investigación Cartográfica y Geomática (de izquierda a derecha: Stephanie Pyne, Amos Hayes, Jean-Pierre Fiset, Kumiko Murasugi, Jason Wong, Leah Ronayne, Robert Oikle, Fraser Taylor, Tracey Lauriault, Adam Stone, Romola V. Thumbadoo, Tara McWhinney, Peter Pulsi-fer, Asenso Opoku)

Seis ideas importantes también se integran en el cuerpo cibercartográfico de teoría, práctica y tecnología:

- Las personas usan todos sus sentidos en el aprendizaje. En consecuencia, la Cibercartografía crea representaciones que les permiten hacerlo a través de Atlas Cibercartográficos.
- Las personas aprenden de diferentes maneras y prefieren materiales de enseñanza y aprendizaje en diferentes formatos. Los Atlas Cibercartográficos les proporcionan una selección de estilos de aprendizaje o combinaciones de estilos de aprendizaje. La misma información se presenta en múltiples formatos.
- La enseñanza y el aprendizaje efectivos tienen mejor resultado cuando las personas participan activamente. Los enfoques multimediales e interactivos, utilizados en los Atlas Cibercartográficos, facilitan esto.
- La gente necesita crear sus propias narrativas, es decir, la revolución de la informática social. El entorno de trabajo del Atlas Cibercartográfico proporciona un mecanismo para esto, que entrega cierta estructura y metadatos, indicando la calidad y la naturaleza de las narrativas que las personas crean. Este conjunto de herramientas es de código abierto y no requiere conocimientos especiales para crear una narrativa.
- Muchos temas de interés social son muy complejos. No hay una respuesta simple "correcta" o "incorrecta" a preguntas como el calentamiento global y el cambio climático. Para comprender estas complejidades, las diferentes ontologías o narrativas sobre el mismo tema deben presentarse de manera que las personas puedan entenderlas fácilmente sin privilegiar una sobre la otra. Los Atlas Cibercartográficos hacen esto. De particular importancia es dar voz a la población local. Pueden hablar por sí mismos en lugar de que otros hablen por ellos.
- Ha habido un cambio de "usuario de mapas" a "creador de mapas", lo que establece nuevas formas de enseñanza y aprendizaje democratizados. El entorno de trabajo del Atlas de la Cibercartografía permite nuevas formas de democratizar la cartografía.

Six important ideas are also integrated in the Cybercartographic body of theory, practice and technology:

- People use all their senses in learning. Consequently, Cybercartography creates representations that allow them to do this through Cybercartographic atlases.
- People learn in different ways and prefer teaching and learning materials in different formats. Cybercartographic atlases provide people with a choice of learning styles or combinations of learning styles. The same information is presented in multiple formats.
- Effective teaching and learning take place best when individuals are actively involved and engaged. The multimedia and interactive approaches used in Cybercartographic atlases facilitate this.
- People need the power to create their own narratives, ie. the social computing revolution. The Cybercartographic Atlas framework provides a mechanism for doing this, which gives some structure and metadata indicating the quality and nature of the narratives that people create. The framework is also open source and does not require special knowledge in order to create a narrative.
- Many topics of interest to society are very complex. There is no simple "right" or "wrong" answer to many questions such as global warming and climate change. To understand these complexities different ontologies or narratives on the same topic should be presented in ways that people can easily understand without privileging one over the other. Cybercartographic atlases do this. Of particular importance is giving voices to local people. They can speak for themselves rather than having others speak for them.
- There has been a shift from "map user" to "map creator", which establishes new forms of democratized teaching and learning. The Cybercartographic Atlas Framework helps to democratize mapping in new ways.



Hoy día, la Cibercartografía se articula como un proceso complejo y centrado en el usuario que aplica técnicas basadas en la ubicación, al análisis de temas de interés para la sociedad y la presentación de los resultados de manera innovadora a través de atlas cibercartográficos.

El profesor Taylor discute que un atlas cibercartográfico es una metáfora de todo tipo de información cualitativa y cuantitativa vinculada por ubicación y mostrada en formatos innovadores, interactivos, multimodales y multisensoriales. Los atlas cibercartográficos permiten a las comunidades de uso contar sus propias historias. Señala que tanto el mapeo como la narración de historias son instintos humanos básicos y una parte central de la naturaleza holística de la Cibercartografía. Además, añade que el proceso de creación de estos atlas es tan importante como el atlas como producto.

Hoy, el profesor Taylor sostiene que un documento clave, UN-GGIM (2021), reconoce la importancia de los nuevos métodos multimediales y multisensoriales para comunicar información geoespacial. La Cibercartografía se identifica como un medio para hacer esto [...] La interoperabilidad se considera principalmente como un problema técnico, [pero] los aspectos humanos del intercambio de datos a menudo se ignoran o no se les presta suficiente atención. La interoperabilidad humana llama la atención sobre estas cuestiones no técnicas, incluidas las dificultades para romper los "silos de datos". Estas ideas subrayan el rango de aplicación del concepto.

El "Nunaliit Cybercartographic Atlas Framework" nació de un proyecto de investigación multidisciplinario en 2003, dirigido por el profesor Taylor y su equipo de investigación y tecnología en GCRC, y ha evolucionado continuamente desde entonces. Su nombre es indicativo de una característica importante de su trabajo: la asociación y el compromiso de décadas con las comunidades Inuit y de las Primeras Naciones en Canadá (y en otros lugares).

Nunaliit es una innovadora tecnología de código abierto, la que facilita la creación de atlas participativos y ofrece los medios para contar historias y presentar investigaciones, utilizando mapas como la forma central de conectarse e interactuar con los datos, donde se destaca las relaciones entre muchas formas diferentes de información provenientes de una variedad de fuentes. Utiliza una base de datos orientada a documentos muy flexible para almacenar cualquier atributo u objeto de datos basado en texto.

En particular, los lectores de Cartógrafo.CL estarán interesados en saber que el profesor Taylor ha

Today, Cybercartography is articulated as a complex, user-centred process which applies location-based techniques to the analysis of topics of interest to society and the presentation of the results in innovative ways through cybercartographic atlases.

Professor Taylor discusses a cybercartographic atlas is a metaphor for all kinds of qualitative and quantitative information linked by location and displayed in innovative, interactive, multimodal and multisensory formats. Cybercartographic atlases permit use communities to tell their own stories. He notes that both mapping and storytelling are basic human instincts and are a central part of the holistic nature of Cybercartography. Further, he adds, the process of creating these atlases are as equally important as the atlas as product.

Today, Professor Taylor notes that a key (2021) UN-GGIM document recognizes the importance of new multi-media and multi-sensory methods of communicating geospatial information. Cybercartography is identified as a means of doing this [...] Interoperability is primarily seen as a technical problem, [but] the human aspects of data sharing are often ignored or not given enough attention. Human interoperability draws attention to these non-technical issues including the difficulties in breaking down "data silos". These ideas underline the range of application of the concept.

The "Nunaliit Cybercartographic Atlas Framework" was born out of a multi-disciplinary research project in 2003 led by Professor Taylor and his research and technology team at GCRC, and has evolved continuously since then. Its name is indicative of one important feature of his work – the decades long partnership and engagement with Inuit and First Nations communities in Canada (and elsewhere).

Nunaliit is an innovative open source technology that facilitates participatory atlas creation and it offers the means to tell stories and present research using maps as a central way to connect and interact with the data, highlighting relationships between many different forms of information from a variety of sources. It uses a very flexible document oriented database to store any text-based attributes or data objects.

Readers of this particular publication, Cartógrafo.CL will be interested to know that Professor Taylor has maintained a sustained interest in cartography in South America, and further, that colleagues in Mexico played an important role in the development and research on Cybercartography from the early 2000s. The work of Dr. María Del Carmen Reyes and colleagues (Centro-Geo – Centro de Investigación de Geografía y Geomática J. L. Tamayo) on Geocybernetics, Cybercartography and interface of the evolving technology with society are featured in three chapters of the book "Cybercartography: Theory and Practice", Elsevier, (Taylor, D. R. F., Editor, 2006). The work of other South American researchers from Baja California (working with CentroGeo,



mantenido un interés sostenido en la cartografía de América del Sur, y que colegas de México han desempeñado un importante papel en el desarrollo y la investigación sobre la Ciber cartografía, desde principios de la década del 2000. El trabajo de la Dra. María del Carmen Reyes y sus colegas (Centro Geo – Centro de Investigación de Geografía y Geomática J. L. Tamayo) sobre Geocibernética, Ciber cartografía e interfaz de la tecnología en evolución con la sociedad, se presenta en tres capítulos del libro “Cyber cartography: Theory and Practice”. El trabajo de otros investigadores sudamericanos de Baja California (en colaboración con el CentroGeo, Terra Peninsular y los pueblos indígenas Kumuyaay) y Brasil (Universidad de Sao Paulo) están representados en tres capítulos en “Further Developments in the Theory and Practice of Cyber cartography: International Dimensions and Language Mapping”; dos artículos de investigadores de México ya están publicados en la web 2021 de la Revista Internacional de Geoinforme, número especial “Mapeo del Conocimiento Indígena en la Era Digital”.

Además, el compromiso del profesor Taylor con varias iniciativas de creación de atlas digitales en el sur, se materializa en el “Atlas Ciber cartográfico de la Antártica”; “Atlas Cibernético del Agua en América” (Asesor Técnico y miembro del comité de contenidos), Instituto Panamericano de Geografía e Historia, en agosto de 2000; “Atlas Continental del Agua en América”, CD-ROM (Asesor Técnico y miembro del comité de contenidos), Ottawa: Instituto Panamericano de Geografía e Historia y CentroGEO, en agosto de 2000; “Atlas Cibernético de Chapala”, CD-ROM (Asesor Técnico y miembro del comité de contenidos), Ciudad de México: CentroGEO, 2000. Cabe destacar, que también jugó un papel importante en el Foro Geoespacial Latinoamericano celebrado en Río de Janeiro en agosto de 2011.

Finalmente, el GCRC, en sus proyectos con asociaciones internacionales para el desarrollo, ha impartido capacitación sobre la Plataforma Nunaliit en México y Brasil a una variedad de investigadores, académicos, comunidades indígenas locales y grupos ambientalistas, todo lo cual ha sido recibido con gran entusiasmo.

A continuación, se enumeran algunas publicaciones relacionadas con el trabajo de Ciber cartografía del profesor Taylor. Información adicional está disponible en <https://gcrcl.carleton.ca/index.html> (Tabla I).

Terra Peninsular, and Kumuyaay Indigenous Peoples) and Brazil (Universidade de Sao Paulo) are represented in three chapters in “Further Developments in the Theory and Practice of Cyber cartography: International Dimensions and Language Mapping”, Elsevier (Taylor, D. R. F. Anonby, E., Murasugi, K. 2019); two articles by researchers from Mexico are already published in the 2021 International Journal of “Geo-Information” web publication Special Issue “Mapping Indigenous Knowledge in the Digital Age”.

In addition, Professor Taylor’s engagement with several digital atlas creation initiatives in the south is noted here: “Cyber cartographic Atlas of Antarctica; Atlas Cibernético del Agua en América”, <http://www.centrogeo.org.mx/atlaslatinoamerica/> (The Technical Advisor and member of content committee), Pan American Institute of Geography and History, August 2000; “Atlas Continental del Agua en América”, CD-ROM, (The Technical Advisor and member of content committee), Ottawa: Pan American Institute of Geography and History & CentroGEO, August 2000; “Chapala Atlas Cibernético”, CD-ROM (Technical Advisor and member of content committee), Mexico City: CentroGEO, 2000. Finally, it is also noted that he played an important role in the Latin American Geospatial Forum held in Rio de Janeiro in August 2011.

Finally, GCRC, in its international development partnership development projects, has delivered training on the Nunaliit Platform in Mexico and Brazil to a range of academic researchers, Indigenous and local communities, and environmental groups and these have been received with great enthusiasm.

A few publications pertaining to Professor Taylor’s work Cyber cartography are listed below. Additional information is available at <https://gcrcl.carleton.ca/index.html> (Table I).

Tabla I

Taylor, D. R. F. (Editor) Anonby, E., Murasugi, K. (Associate Editors) (2019). *Further Developments in the Theory and Practice of Cyber cartography: International Dimensions and Language Mapping*, Volume 9. Elsevier, Amsterdam.

Taylor, D. R. F. (Editor) and Lauriault, T. P. (Associate Editor) (2014). *Developments in the Theory and Practice of Cyber cartography: Applications and Indigenous Mapping*, Volume 5. Elsevier, Amsterdam.

Taylor, D. R. F. (Editor) (2006). *Cyber cartography: Theory and Practice*, Volume 4. Elsevier, Amsterdam.

Taylor, D. R. F. and Thumbadoo, R. V. (Guest Editors) International Journal of *Geo-Information* Special Issue “Mapping Indigenous Knowledge in the Digital Age” (https://www.mdpi.com/journal/ijgi/special_issues/Indigenous_Knowledge)









Universidad de
Playa Ancha



UNIVERSIDAD DE PLAYA ANCHA
ACREDITADA
5 AÑOS
DOCENCIA DE PREGRADO
GESTIÓN INSTITUCIONAL
VINCULACIÓN CON EL MEDIO

GEOGRAFÍA

Valparaíso

TÍTULO: Geógrafo/a.

DURACIÓN: Diez semestres.

GRADO: Licenciado/a en Geografía con mención en gestión y ordenamiento territorial.

PERFIL
Posee formación teórica y práctica de alto nivel que lo faculta para generar información geográfica que permite dar respuesta eficaz y oportuna a los problemas que plantean la gestión ambiental y el ordenamiento territorial a escala local, comunal y regional.

CAMPO LABORAL
Se desempeña en instituciones públicas y privadas, nacionales e internacionales vinculadas con la gestión ambiental y el ordenamiento territorial.



SANTO TOMÁS
INSTITUTO PROFESIONAL

**ADSCRITO A
GRATUIDAD**

ÁREA INGENIERÍA / SEDE VIÑA DEL MAR

ING. EN GEOMENSURA

PLAN CONTINUIDAD DE ESTUDIOS

Título:
Ingeniero en Geomensura

Duración:
4 semestres

Jornada:
Vespertina

**Beca Matrícula
Costo Cero***

**Hasta
el 16 de
enero**

TUPUEDES.cl



INSTITUTO PROFESIONAL ACREDITADO
NIVEL AVANZADO
/ GESTIÓN INSTITUCIONAL Y DOCENCIA DE PREGRADO
/ 5 AÑOS / HASTA ENERO DE 2026

+569 9639 7955

@admision.vinadelmar@santotomas.cl

@admisionstvina

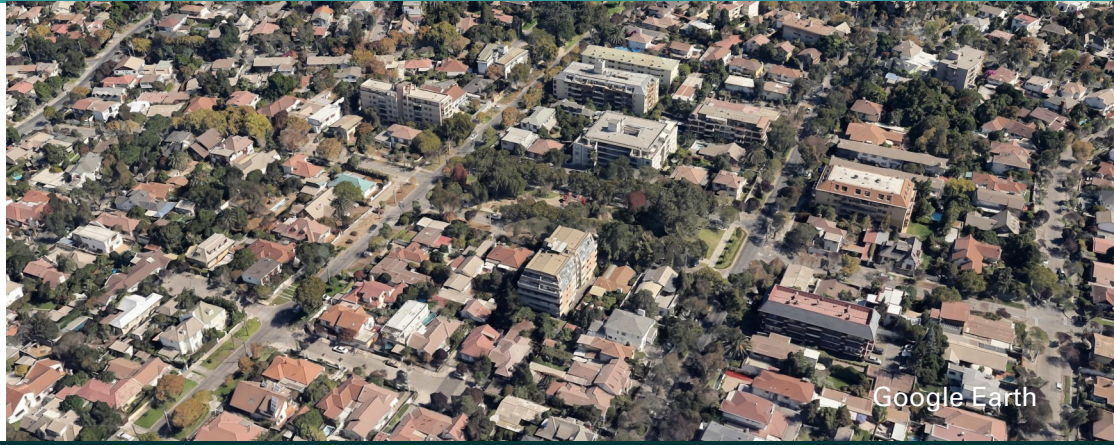
@Santo Tomás Viña del Mar

@admissionsantotomasvina





Cartógrafo.CL/02-2021



José A. Carrasco
Ingeniero de Ejecución en
Geomensura

Felipe Carvajal
Ingeniero de Ejecución en
Geomensura

Óscar Moreno
Ingeniero Geomensor
MSc. en Teledetección

Ariel Silva
Ingeniero de Ejecución en
Geomensura.
Magíster en Geomática



jose.carrasco@geocom.cl

Combinación de técnicas geoespaciales

RESUMEN

El constante desarrollo tecnológico en el área de la instrumentación e infraestructura geodésica proporciona una extensa gama de soluciones, orientada a resolver los diferentes desafíos que la industria propone. Desde estaciones totales, receptores GNSS, niveles digitales, escáner láser, sistemas aéreos no tripulados o infraestructura como redes GNSS (Global Navigation Satellite System / Sistema de Navegación Global por Satélite) activas y en tiempo real, han alcanzado un alto nivel de automatización en las etapas de observación, cálculo y accesibilidad a los datos, permitiendo un aumento considerable en la eficiencia de los procesos topográficos y geodésicos. En este sentido, la representación topográfica puede ser abordada mediante técnicas de observación geoespacial aisladas, o por una combinación de estas, con el fin de conseguir una buena representación. En este contexto, el nivel de desarrollo tecnológico de cada solución permite llegar a un consenso sobre la existencia de la solución más indicada para cada necesidad. Sin embargo, hoy en día esta premisa es flexible, ya que, la integración de instrumentos y técnicas es una realidad completamente accesible y sencilla para los usuarios ampliando el horizonte de posibilidades respecto a la generación de productos finales.

En este artículo se presenta la integración de técnicas de GNSS, escáner láser y fotogrametría para la representación topográfica, también se analiza metodológicamente cada técnica para evidenciar sus ventajas y desventajas. Como resultado se obtienen representaciones topográficas georreferenciadas, representativas y con alto nivel de detalle, producto de la integración de las técnicas utilizadas.

INTRODUCCIÓN

La observación de datos geospaciales mediante diferentes técnicas o instrumentos abre un interesante debate respecto a cuál sería la mejor opción para abordar un determinado proyecto. Generalmente, para la elección son evaluados aspectos relativos a factibilidad técnica, precisión, representatividad, eficiencia en la captura de datos y costos asociados, donde el equilibrio de estos aspectos es el fundamento para la elección de alguna técnica, instrumento o posibles integraciones.

En particular, este trabajo evalúa la representación topográfica como producto final a partir de la integración de GNSS, escáner láser y fotogrametría. En el caso de GNSS, técnica ampliamente usada por la comunidad geoespacial, posee un carácter global, el cual permite el proceso de georreferenciación mediante diferentes métodos de observación, alcanzando determinados niveles de precisión, posicionando un levantamiento en un referencial dado. En lo referente al segmento usuario, GNSS evoluciona constantemente, tanto en teoría, instrumentación e infraestructura, logrando llevar complejos algoritmos o métodos a soluciones accesibles para los usuarios; así hoy en día se encuentran receptores que incorporan avanzados microprocesadores que integran sensores de diferente naturaleza, sumado a potentes softwares de campo que automatizan la captura de información geoespacial tornando la captura discreta en una forma eficiente de adquisición de datos.

Para el caso de infraestructura, redes activas, en tiempo real como la Red GNSS de GEOCOM (<https://www.geocom.cl>), estas permiten contar con más información a la hora del postproceso, y también contar con una base para posicionamiento en tiempo real. En ambos casos el empleo de esta red permite la conexión al marco de referencia geodésico disponible y para la cual la red está asociada.

En particular, la Red GNSS GEOCOM registra continuamente observaciones crudas en las estaciones que la componen, las cuales, pueden ser empleadas en postproceso mediante el software Trimble Business Center (TBC), el cual permite un acceso automático a estas. A su vez, el envío de correcciones diferenciales en tiempo real desde la Red GNSS de GEOCOM mediante sistema de radio UHF o internet (NTRIP) son administradas mediante el software de campo Trimble Access, permitiendo a los usuarios independencia respecto a una estación base. En esta experiencia se usó Trimble R12i recibiendo correcciones diferenciales que incorporan todas las constelaciones y señales disponibles, de esta manera, el uso de Trimble R12i permite la revisión de tecnologías como ProPoint y TIP.

Para el caso de escáner láser y fotogrametría, el concepto de captura masiva de datos geospaciales es el más adecuado para diferenciar estas técnicas respecto a GNSS; en la práctica, una gran cantidad de datos es recolectada en cortos intervalos de tiempo. Al evaluar la representación que estas técnicas consiguen en un proceso de captura, el resultado conduce a un alto nivel de representatividad y precisión principalmente asociado a la tecnología integrada y metodología empleada.

En el caso de escáner láser, este es un instrumento ampliamente usado en actividades, tales como minería, obras civiles, arqueología, túneles y monitoreo de estructuras. Entre sus principales características está la productividad y representatividad que ofrece en sus resultados. Por otro lado, su carácter terrestre lo sitúa generalmente en referencias locales, que es una oportunidad de integración con GNSS para la georreferenciación de sus productos. En particular, en este trabajo el instrumento empleado incorpora características de una estación total como Trimble SX12, permitiendo aplicaciones topográficas como la georreferenciación global o local de sus productos mediante procesos tradicionales.

Finalmente, el uso de técnicas fotogramétricas abarca un sinnúmero de aplicaciones en diferentes áreas de la industria, en las cuales la productividad que ofrece en los procesos de captura y en la calidad de los productos generados, la sitúan en una posición privilegiada en el segmento de captura de datos geospaciales. A diferencia de escáner láser, el uso de fotogrametría desde un punto de vista geodésico considera directamente la integración de GNSS para la georreferencia-

ción de sus productos, ya sea mediante la determinación de puntos de control (referenciación indirecta) o también mediante métodos PPK o RTK (referenciación directa).

A continuación, serán presentadas las consideraciones teóricas y metodológicas empleadas en la integración propuesta de estas tres técnicas, con el objetivo de evaluar la representación topográfica obtenida en el producto final.

METODOLOGÍA

El proceso metodológico se basa en 3 etapas, observación, procesamiento y generación de productos finales. Cada una de estas fue diseñada en función de conseguir la integración de las técnicas empleadas. Como punto central, la integración de técnicas fue abordada mediante georreferenciación de las observaciones obtenidas por cada técnica.

A continuación, son presentadas las asociadas al proceso de observación:

- Levantamiento GNSS de elementos discretos: mediante el uso de la Red GNSS GEOCOM en tiempo real, a través de NTRIP, fueron levantados elementos discretos presentes en el área de estudio, para esto fueron automatizados los flujos de trabajo según lo presentado en el ítem [GNSS Trimble R12i](#) empleando Trimble Access y el receptor GNSS R12i.
- Levantamiento masivo de datos geospaciales mediante la estación total de escaneo Trimble SX12: a través del uso de la función topografía integrada explicada en el ítem [Topografía integrada: integración de sistemas locales y globales](#), fueron realizadas dos instalaciones mediante trisección o estación libre, georreferenciando las nubes de puntos capturadas con la estación SX12.
- Levantamiento fotogramétrico con Phantom 4 RTK: en esta etapa se utilizó el sistema mediante el método de referenciación directa PPK (cinemático en postproceso), para lo cual se utilizó como base GNSS la estación SNTI, perteneciente a la Red GNSS de GEOCOM.

El procesamiento de datos se orientó a la obtención de los dos productos fotogramétricos principales, para esto se utilizó TBC Módulo de fotogrametría, donde, en primer lugar, se procesó la trayectoria de vuelo para obtener las coordenadas precisas de cada fotografía, para luego realizar el procesamiento fotogramétrico obteniendo la nube de puntos y ortofoto.

Finalmente, la integración de técnicas y la visualización del producto final son obtenidas en TBC, el cual permite la unificación de diferentes fuentes de datos, así fueron importados los levantamientos realizados con GNSS, las nubes de puntos obtenidas con SX12 y los resultados fotogramétricos.

En la [Figura 1](#), se presenta la metodología propuesta, considerando cada una de las etapas antes mencionadas y la unión final en TBC.

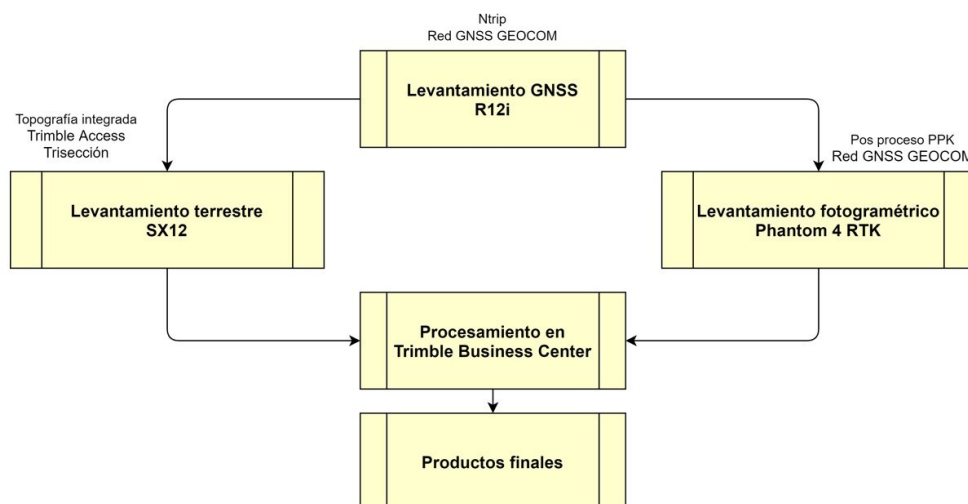


Figura 1: Metodología de trabajo.

METODOLOGÍA

El ambiente urbano debe ser uno de los escenarios más difíciles en la captura de datos geoespaciales. Obstrucciones de línea visual para instrumentos ópticos, árboles que dificultan la aerotriangulación, elementos móviles como vehículos, entre otros aspectos, hacen que el ámbito urbano sea desafiante en términos topográficos. Así, la plaza Dinamarca (Figura 2), comuna de Providencia, Santiago de Chile, que fue el área de estudio escogida, reúne todas las características antes mencionadas.

A partir de este escenario, mediante la integración de técnicas, se busca determinar el nivel de detalle de estas y también en su conjunto. En este sentido, características tradicionalmente complejas como la determinación de solera, obstrucciones, líneas de quiebre son abordadas.

DESARROLLO

Marco de referencia y sistemas de coordenadas: Red GNSS GEOCOM

La Red GNSS GEOCOM es una iniciativa de posicionamiento satelital de alta precisión. Esta red produce observaciones brutas GNSS cada una hora en formato T02 y, en paralelo, envía correcciones diferenciales en formato CMRx para posicionamiento RTK.

En específico para este experimento se usa la estación SNTI que corresponde a una estación de referencia GNSS Trimble Alloy que observa GPS, GLONASS, Galileo y BeiDou además de ser multifrecuencia.

Estas características son vitales para apoyar el posicionamiento RTK. En la Figura 3, se muestra el Skyplot de la estación SNTI perteneciente a la Red GNSS GEOCOM (Silva, 2020).

Figura 2. Plaza Dinamarca.



Figura 3. SNTI - Trimble Alloy (Red GNSS GEOCOM).



La Red GNSS GEOCOM está calculada periódicamente con base en la referencia de SIRGAS-CON mediante múltiples épocas. La última determinación de coordenadas fue basada en la época 2021.00. Por otra parte, se usa UTM 19 S como sistema de coordenadas horizontales junto con EGM08 para reducir las alturas elipsoidales a alturas físicas (Silva, 2020).

GNSS Trimble R12i

La primera técnica utilizada en este levantamiento fue GNSS en modalidad RTK. Para esto se usó el servicio de la Red GNSS GEOCOM, la cual transmite correcciones diferenciales vía internet teniendo a disposición una corrección completa que considera las diferentes constelaciones y señales disponibles. El receptor usado fue un Trimble R12i que contempla dos adelantos tecnológicos preponderantes a la hora de realizar un levantamiento:

Trimble ProPoint. La tecnología ProPoint desarrollada por Trimble presente en los receptores GNSS R12 y R12i, disponible para posicionamiento en tiempo real RTK y RTX. ProPoint incrementa en un 30% su *performance* en escenarios tradicionalmente complejos, como son las áreas emplazadas en lugares con vegetación de gran altura, entornos urbanos o lugares que en general no son ideales para realizar una observación GNSS, esto trae como resultado que los requisitos mínimos para conseguir niveles de precisión aceptables no sean alcanzados (Trimble, 2021a; Silva, 2020; Doucet *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2019; Leandro *et al.*, 2020; Krzyżek, 2013; Trimble survey division, 2012; Department of Transport and Main Roads, 2021; Mian *et al.*, 2020; Brandl *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2021; Trimble, 2020a,b; Moreno, 2020; DJI, 2021; Triamble, 2021b).

En este contexto, ProPoint trabaja bajo el concepto de “gestión de señal flexible”, el cual permite mediante un algoritmo acceder de forma rápida a todas la señales disponibles y constelaciones, generando una alta disponibilidad de satélites, sumado a un filtrado avanzado de señales y modelamiento de errores provenientes de interferencia y de multitrayectoria. Como resultado, ProPoint entrega soluciones robustas que proporcionan un mejor rendimiento en escenarios complejos (Trimble, 2020b).

Trimble TIP presente en los receptores móviles GNSS R12i, la tecnología Trimble TIP (*Tilt Compensation Technology*) incorpora una Unidad de Medición Inercial (IMU), la cual permite una captura de datos GNSS de forma más eficiente debido a la compensación de inclinación basada en la información proporcionada por los sensores de aceleración (acelerómetros) y los sensores de rotación (giroscopios). De esta forma, la medición o replanteo de puntos con jalón inclinado es posible, manteniendo los niveles de precisión del método. La incorporación de Trimble TIP soluciona la problemática de fuentes electromagnéticas locales y su influencia, debido a que el IMU no está afecto a estos fenómenos.

La integración de GNSS y una IMU para posicionamiento geodésico proporciona un alto rendimiento y precisión en sus resultados, sumado a esto la tecnología ProPoint que permite observaciones en condiciones complejas, también presente en R12i, posibilitan incluso mediciones inclinadas en estos complejos escenarios. Trimble TIP está disponible mediante cualquier forma de transmisión de correcciones: Internet, y radio. Como también en levantamientos RTX vía satélite o internet (Trimble, 2021a; Silva, 2020; Doucet *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2019; Leandro *et al.*, 2020; Krzyżek, 2013; Trimble survey division, 2012; Department of Transport and Main Roads, 2021; Mian *et al.*, 2020; Brandl *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2021; Trimble, 2020a,b; Moreno, 2020; DJI, 2021; Triamble, 2021b).

En la [Figura 4](#) se muestra la interfaz del software de campo Trimble Access du-

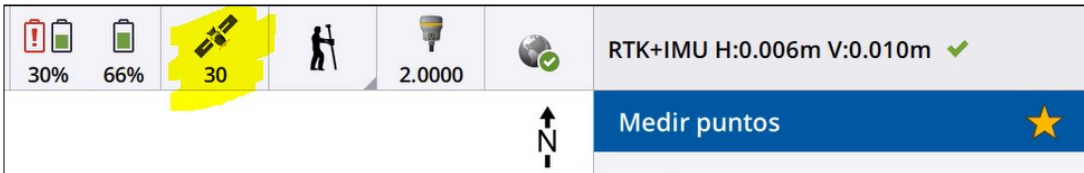


Figura 4. Uso de tecnología ProPoint y TIP durante el levantamiento GNSS de la plaza Dinamarca.

durante el levantamiento GNSS realizado, aquí destacan la cantidad de satélites disponibles (en amarillo) debido a ProPoint y también el uso de la tecnología Trimble TIP (RTK+IMU).

RESULTADOS CON R12i

Durante el levantamiento GNSS fueron capturadas 150 entidades geométricas en un tiempo inferior a 40 minutos; considerando el complejo entorno en cual fue realizado el levantamiento, el Gráfico 1 presenta en una primera instancia la importancia de la multiconstelación, así un número no inferior a 20 satélites (línea azul) estuvo disponible durante el intervalo de tiempo en el cual se realizó el levantamiento. Este último indicador se ve reflejado en los valores de PDOP (dilución de la precisión en posición), los cuales siempre estuvieron inferior a 2.2, lo que indica una buena distribución satelital (Department of Transport and Main Roads, 2021; Mian *et al.*, 2020; Brandl *et al.*, 2021; Trimble, 2020a,b).

Para el mismo período de tiempo, el Gráfico 2 presenta la precisión horizontal y vertical de los puntos capturados al 95%, en ambos casos los valores no superan los 0.025 m, donde la precisión horizontal es más estable (círculos verdes) y de menor valor en comparación a la precisión vertical (círculos rojos).

Como fue comentado anteriormente, un aspecto importante que permite la tecnología de R12i, es la medición inclinada. Esta característica está alineada con aspectos relativos a productividad y a la búsqueda de la integración completa entre ProPoint y TIP. En este contexto, durante levantamientos GNSS con R12i el foco está en la “punta del jalón” aprovechando completamente ProPoint y TIP. Cabe destacar que desde un punto de vista técnico, la tecnología TIP se enmarca en el ámbito de las buenas prácticas topográficas que consideran la materialización de la vertical durante una observación GNSS.

Durante el levantamiento GNSS realizado en la plaza Dinamarca fueron realizadas observaciones GNSS inclinadas.

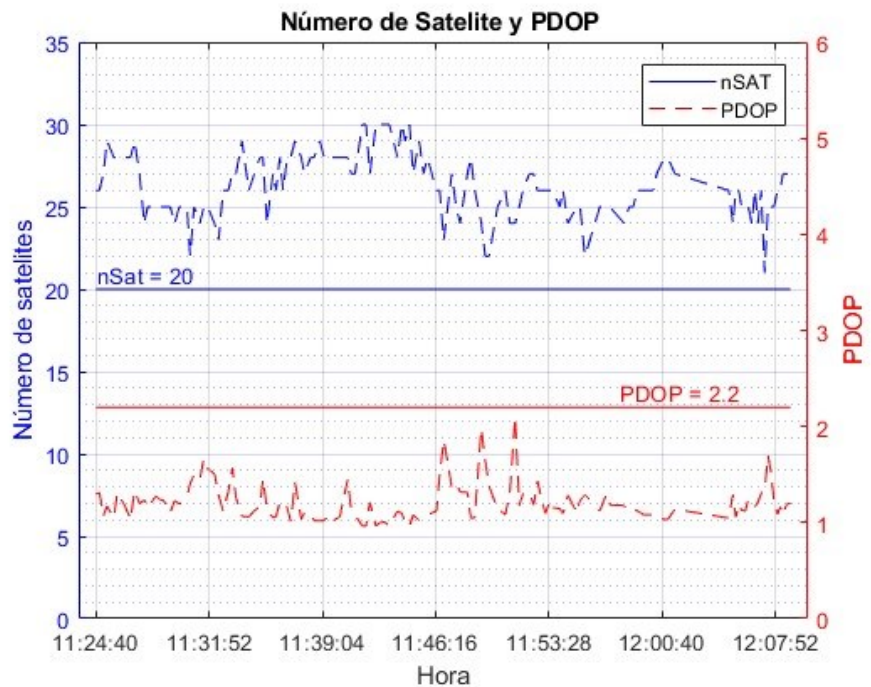


Gráfico 1. Número de satélites y PDOP durante el levantamiento GNSS de la plaza Dinamarca.

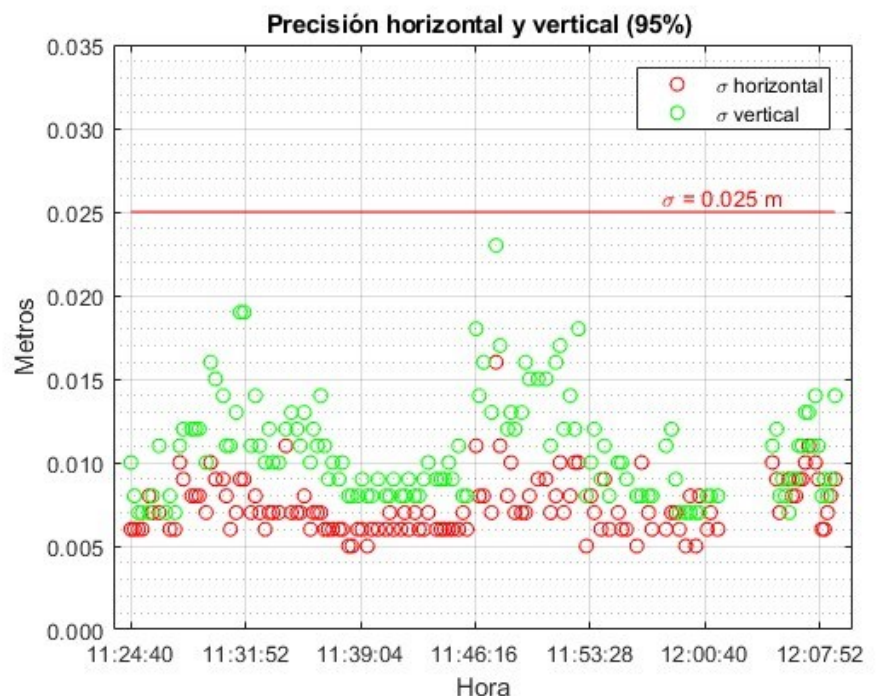


Gráfico 2. Precisión horizontal y vertical durante el levantamiento GNSS.

En el [Gráfico 3](#) se presentan distancias máximas de 0.75 m desde la vertical del punto al eje del instrumento, cabe destacar que ninguna de las observaciones inclinadas fue forzada, más bien estas corresponden a dificultades propias que propone un levantamiento GNSS y que ahora pueden ser abordadas con R12i.

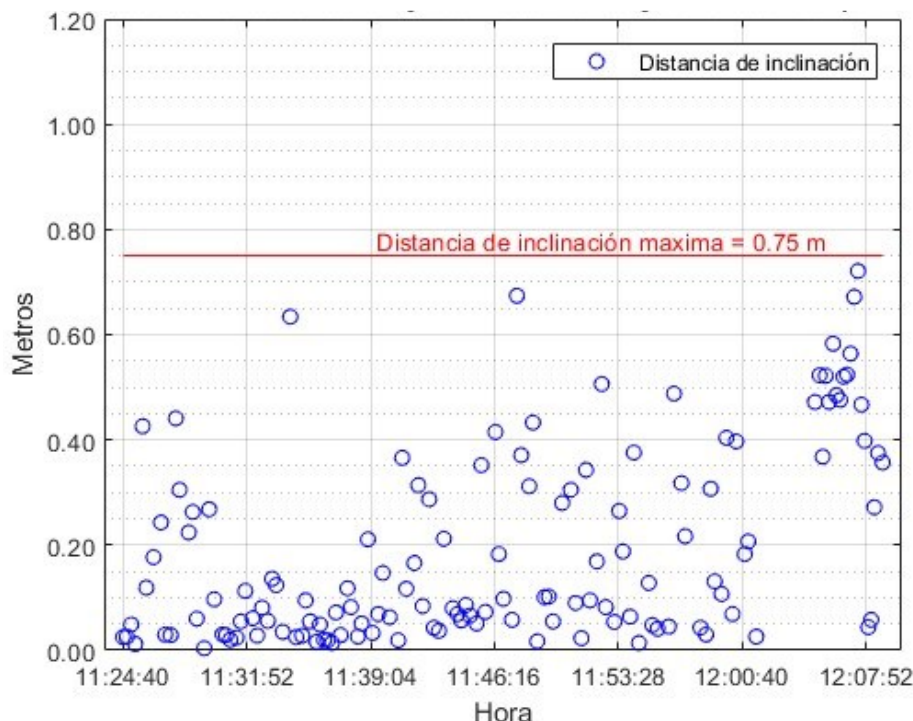


Gráfico 3. Distancia entre la vertical del punto y el eje del instrumento durante el levantamiento GNSS de la plaza Dinamarca.

Automatización en la captura de datos GNSS mediante Trimble Access

La automatización puede ser definida como una disminución sistemática de la interacción entre un humano y una maquinaria. Esta condición supone una disminución de errores asociados a la decisión de un usuario y también genera un aumento en la calidad de los resultados producto del proceso automatizado. En instrumentos geodésicos, la automatización está orientada a tornar más eficientes los procesos de medición u observación en campo, así el desarrollo de software para aplicaciones topográficas se ha posicionado como un elemento diferenciador en la industria (Moreno, 2020).

En el contexto del trabajo desarrollado, el uso de Trimble Access y su módulo biblioteca de características, aborda la automatización en el levantamiento de puntos discretos mediante GNSS, asignando códigos de descripción a entidades geométricas como puntos, líneas, arcos o polígonos que a su vez permiten el dibujo automatizado en tiempo real por parte del usuario. Esta característica aborda una de las principales dificultades en cuanto a la interpretación de la realidad al momento de realizar el levantamiento y cómo esto es interpretado en los productos finales. En la [Figura 5](#), se presenta el módulo de biblioteca de características en la etapa de creación de descriptores y la asociación de entidades geométricas (Moreno, 2020).

Figura 5. Biblioteca de características en Trimble

Al momento de realizar un levantamiento la biblioteca de características es asociada la funcionalidad de levantamiento automatizado por código (Figura 6), la cual permite un acceso rápido a esta mediante una interfaz gráfica y está disponible para instrumentos con el software de campo Trimble Access (Moreno, 2020).

Figura 6. Medición por códigos - biblioteca de características en Trimble Access.

Como resultado la automatización del levantamiento genera una representación en tiempo real de los elementos levantados permitiendo el control *in situ* de las características capturadas (Figura 7) (Moreno, 2020).

Figura 7. Medición por códigos, Levantamiento GNSS en Trimble Access.



Topografía integrada: integración de sistemas locales y globales

Una primera aproximación a la integración es abordada mediante R12i y SX12, el módulo de topografía integrada de Trimble Access permite que los datos capturados por SX12 sean transformados en tiempo real al sistema geodésico empleado por GNSS (SIRGAS). Para realizar este proceso es necesario el uso del kit de topografía integrada que contiene un soporte físico que incluye jalón, prisma y receptor GNSS (Figura 8) (Moreno, 2020).

En términos de flujo de trabajo, la opción de topografía integrada es aplicada mediante el método de estación libre o trisección, para esto los puntos de control a los cuales les serán efectuadas las mediciones por estación total, son determinados mediante posicionamiento GNSS en tiempo real; de esta forma, la determinación de la posición de la estación total queda referida al sistema geodésico GNSS en el cual se encuentra posicionado. Para la experiencia desarrollada, se empleó NTRIP a partir de la RED GNSS GEOCOM, el cual proporcionó tanto el posicionamiento geodésico GNSS como la vinculación al marco de referencia (Silva, 2020).

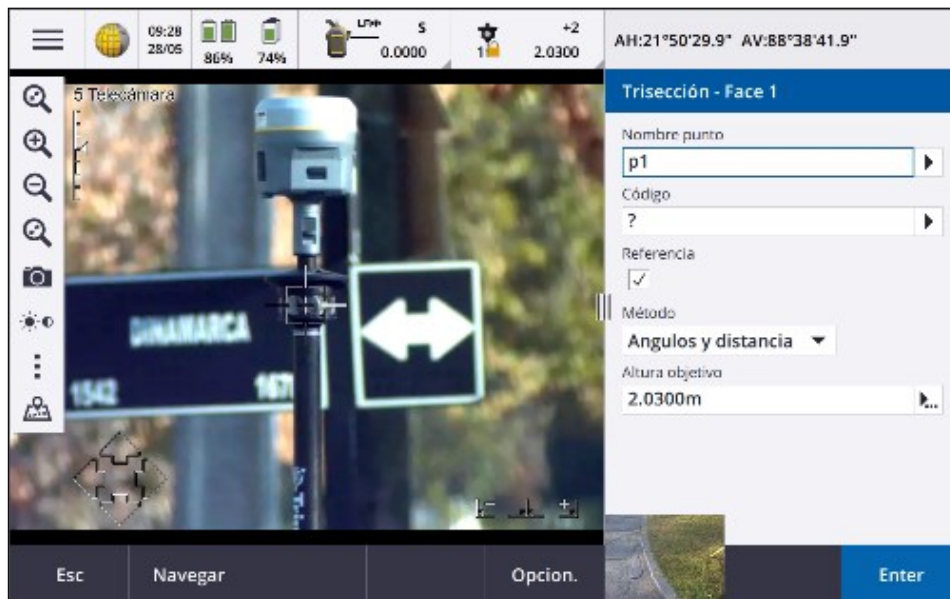


Figura 8. Kit de topografía integrada que contiene un soporte físico que incluye jalón, prisma y receptor GNSS.

RESULTADOS CON TRIMBLE SX12

Trimble SX12 es definida como una estación total de escaneo, esto quiere decir que reúne capacidades inherentes a una estación total y a un escáner láser. Las ventajas de SX12 radican en que, a través de flujos de trabajo conocidos desde las técnicas de topografía, es posible realizar escaneos que ya cuentan con referencia. Esto puede parecer trivial, pero en la realidad es de gran ayuda para mantener la referencia que usualmente viene de GNSS (Trimble, 2020b).

Durante el experimento en la plaza Dinamarca se realizan seis posiciones en donde se escanea solo el área de interés. Esto es particularmente interesante, ya que no es necesario realizar un escaneo 360 teniendo foco en las características que desea levantar. De estas seis posiciones, dos corresponden a estaciones establecidas mediante topografía integrada las cuales dotan del origen referencial. Las posiciones restantes responden a estaciones de escaneo que tienen por objetivo densificar el levantamiento consiguiendo la referencia en el registro de las estaciones.

En la Figura 9, es presentada la configuración de "rectángulo de escaneo" durante el levantamiento en la plaza Dinamarca.

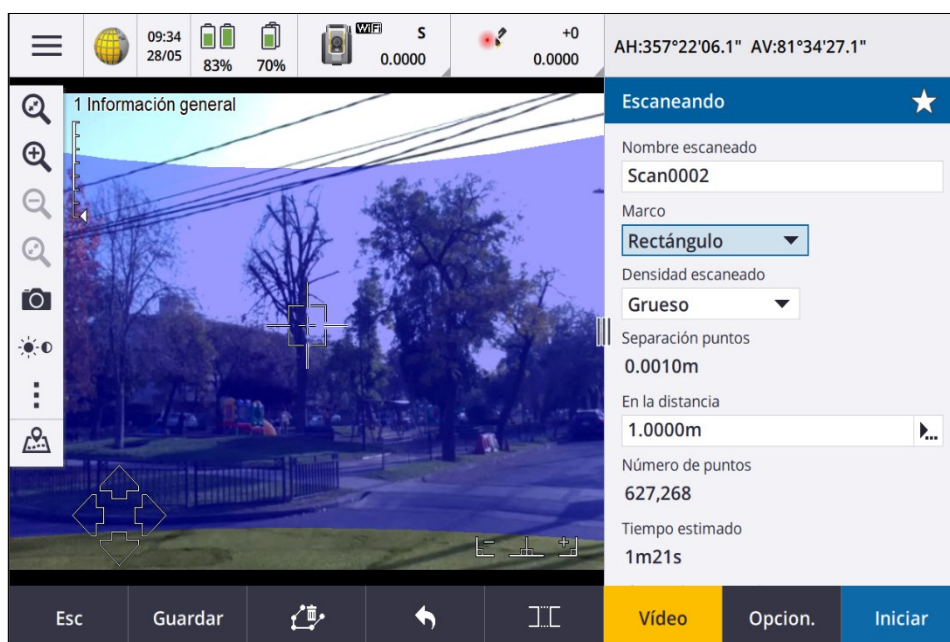


Figura 9. Estación de escaneo en SX12. Configuración de rectángulo de escaneo.

Es importante indicar que las estaciones E1 y E4 han determinado su posición y orientación basándose en observaciones GNSS RTK. Al existir observaciones redundantes, se realiza un ajuste de red 3D en donde contribuyen una serie de observaciones realizadas tanto por GNSS como por la estación total. En la [Figura 10](#), se presentan las elipses de error obtenidas a partir del ajuste por mínimos cuadrados de las estaciones E1 y E2 más las orientaciones P1, P2, P3 y P4:

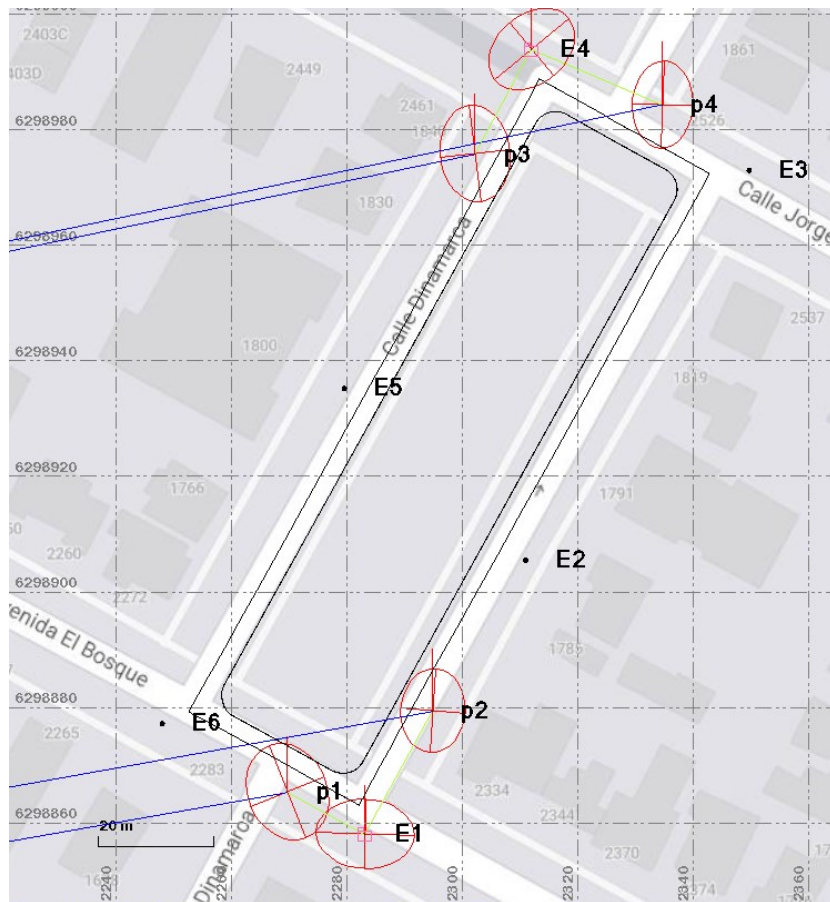


Figura 10. Elipses de error. Para las estaciones E1 - E2 y los puntos de orientación P1, P2, P3, P4.

En la [Tabla 1](#) son presentados los factores de referencia obtenidos desde ajuste para las estaciones E1 - E2 para las diferentes observaciones involucradas en el ajuste 3D (Department of Transport and Main Roads, 2021).

Componente	Factor de referencia
Vector RTK	0.86
Ángulos horizontales	1.06
Ángulos verticales	0.60
Distancias de pendiente	1.03

Tabla 1. Factores de referencia obtenidos del ajuste de las estaciones de escaneo.

En la [Tabla 2](#), son presentados las precisiones asociadas a las estaciones de escaneo E1 - E2.

Coordenada	σ Norte	σ Este	σ Elevación
E1	0.011	0.008	0.009
E4	0.009	0.008	0.009

Tabla 2. Precisiones 3D de las estaciones de escaneo E1 y E4.

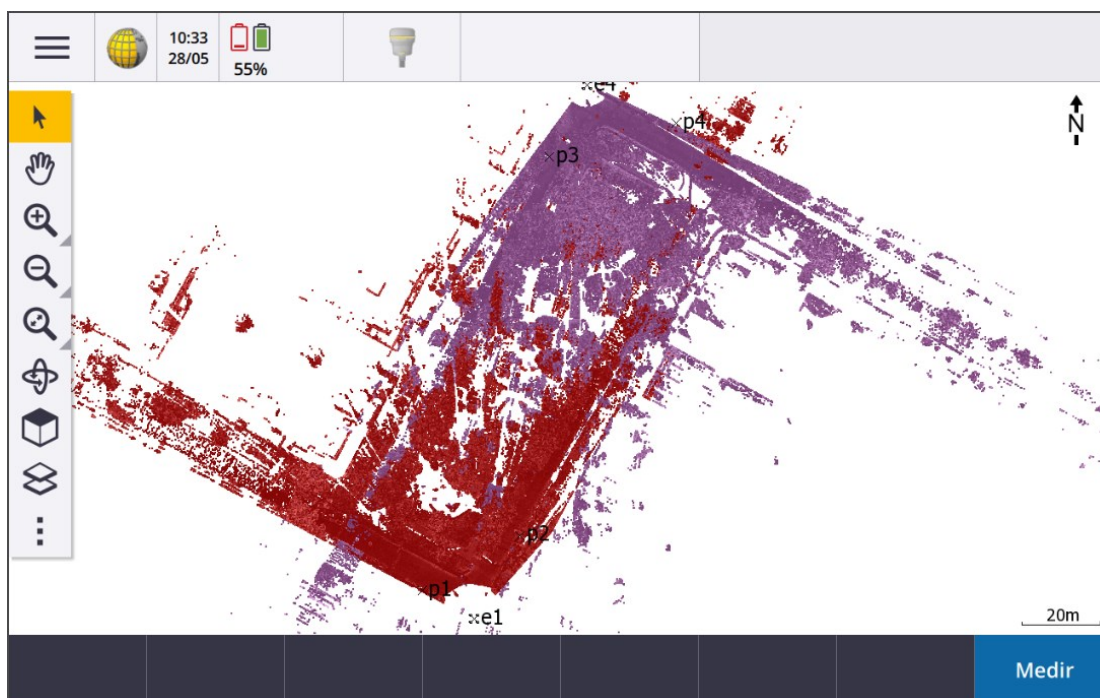


Figura 11. Escaneo realizado con SX12 en la plaza Dinamarca.

En la [Figura 11](#), se presentan los escaneos realizados en la plaza Dinamarca visualizados en Trimble Access.

Un aspecto importante es el proceso de registro, inicialmente se debe definir el concepto de estaciones topográficas y de escaneo, las primeras fijas en posición sirven como base para que las estaciones de escaneo sean ajustadas en posición y orientación, este último proceso corresponde al registro. Esto es particularmente interesante dado que las estaciones fijas son realizadas a través de métodos meramente topográficos (punto conocido y orientación, dos puntos conocidos, estación libre) mientras que las estaciones de escaneo se ajustan en términos de alineamiento de la propia nube.

Con los resultados del procesamiento de las nubes de punto en TBC capturadas en la plaza Dinamarca, se logró determinar la posición y la orientación de la estación total de escaneo en todas sus posiciones considerando la vinculación a la Red GNSS GEOCOM por medio de topografía integrada. En esta etapa, también fueron analizados aspectos como traslapes mínimos y geometrías que otorguen un correcto registro a las estaciones involucradas.

DJI Phantom 4 RTK

Este multirrotor es un equipo muy liviano y sencillo de operar, con un flujo de trabajo muy intuitivo para el usuario. Este dron está equipado con una cámara integrada de 20 MP con un tamaño de sensor de 1". Su confección aerodinámica permite una resistencia al viento de 36 km/h, entregando además una operación muy versátil al estar preparado para volar hasta los 6000 m sobre el nivel medio del mar. Al ser un sistema equipado con referenciación directa, permite la determinación propia de la pose de la cámara, por lo cual no es necesaria la instalación de puntos de control terrestre (GCP) que influyan en el ajuste absoluto del bloque aerotriangulado (Moreno, 2020).

En primer lugar, se realiza la planificación de vuelo que es donde se define el trazado del área a levantar junto con la determinación de la altura de vuelo, esta origina el tamaño del píxel proyectado sobre el terreno, así como también el traslape longitudinal y transversal de las fotografías que serán utilizadas como base para la obtención de la nube de puntos y ortofoto de toda la plaza Dinamarca y sus alrededores.



Durante este proceso de planificación, el software utilizado corresponde a DJI GS RTK, el cual es propio del sistema. Algunos antecedentes del vuelo realizado son presentados en la [Tabla 3](#):

Superficie	1.2 há
Altura de vuelo	80 m
GSD	2.0 cm
Estrategia de planificación	3D Photogrammetry
Traslape transversal	80 %
Traslape longitudinal	85 %
Número de fotografías	174
Tiempo de vuelo	5 min

Tabla 3. Parámetros de la planificación de vuelo.

Para obtener una alta definición tridimensional de la zona de interés, se planifica como estrategia de vuelo el uso de “3D Photogrammetry”, que consiste en ejecutar el bloque planificado dos veces mediante líneas cruzadas (DJI, 2021). Esta planificación es ideal en aquellos lugares donde existen grandes elementos verticales, lo que permitirá obtener una nube de puntos con una mejor definición ([Figura 12](#)).

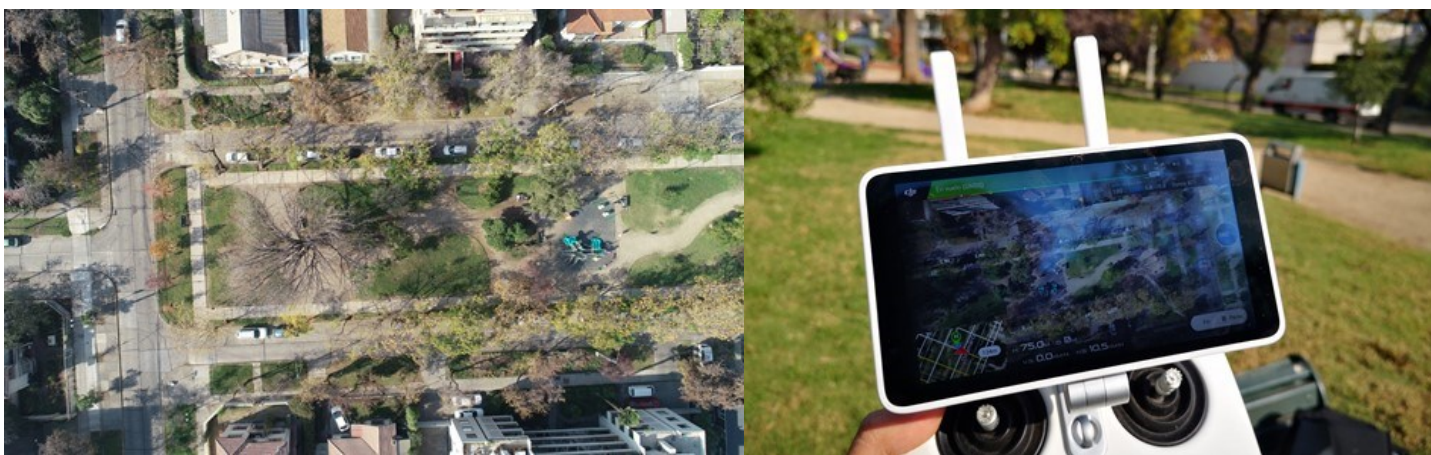


Figura 12. Ejecución del vuelo fotogramétrico.

Una vez concluido el vuelo, por parte del dron, se obtiene cada una de las fotografías más el archivo móvil GNSS, los que se utilizarán para el procesamiento PPK. Por otro lado, será usado como archivo base GNSS el obtenido en SNTI, perteneciente a la Red GNSS de GEOCOM. Con los datos ya capturados y ordenados, se realiza el procesamiento fotogramétrico en TBC Módulo de fotogrametría ([Figura 13](#)).

Figura 13. Módulo de fotogrametría TBC.





En primer lugar, se define el sistema de coordenadas, para luego importar cada una de las fotografías y el archivo móvil GNSS.

Para realizar el procesamiento de la trayectoria de vuelo, se importa el archivo base GNSS de SNTI, y se utiliza el comando "Descarga de Internet", el que identifica automáticamente el archivo necesario para importarlo al proyecto según el día y hora de vuelo (Figura 14).

Una vez realizado el procesamiento de la trayectoria de vuelo, se obtuvieron las coordenadas precisas para cada una de las fotografías. Para la obtención de los productos fotogramétricos se realiza el proceso de aerotriangulación, el cual se conoce como la determinación de la pose de la cámara de las distintas fotografías que se han adquirido para un bloque específico. La aerotriangulación está basada en algoritmos avanzados de reconocimiento de imágenes que le permiten determinar de forma automática una multitud de puntos de paso (el mismo punto en diferentes fotografías) que permiten realizar un ajuste por mínimos cuadrados de las posiciones y orientaciones de las distintas fotografías (Trimble, 2021b).

Una vez concluido este procedimiento, TBC entrega un completo informe que permitirá conocer la calidad de nuestro procesamiento, y si este cumple con los estándares de precisión requeridos (Figura 15).

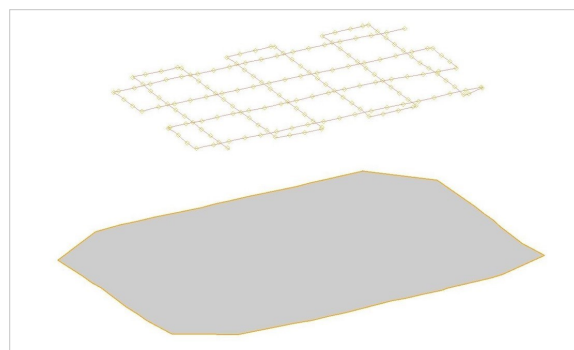


Figura 14. Procesamiento de trayectoria de vuelo Phantom 4 RTK.

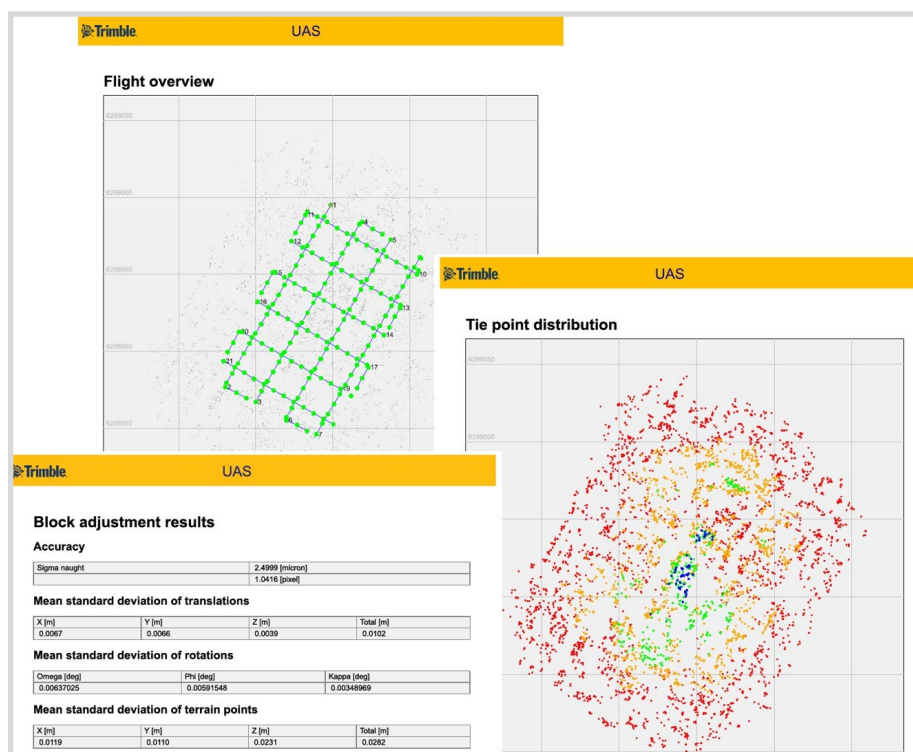


Figura 15. Informe de procesamiento TBC.

La última etapa consiste en la generación de los dos productos fotogramétricos principales: nube de puntos y ortofoto.

Una nube de puntos es un conjunto de posiciones en un sistema de coordenadas tridimensional ideado para representar la superficie de un objeto. Al generar la nube de puntos altamente densificada, se obtuvieron en promedio 619 puntos/m² (Figura 16).

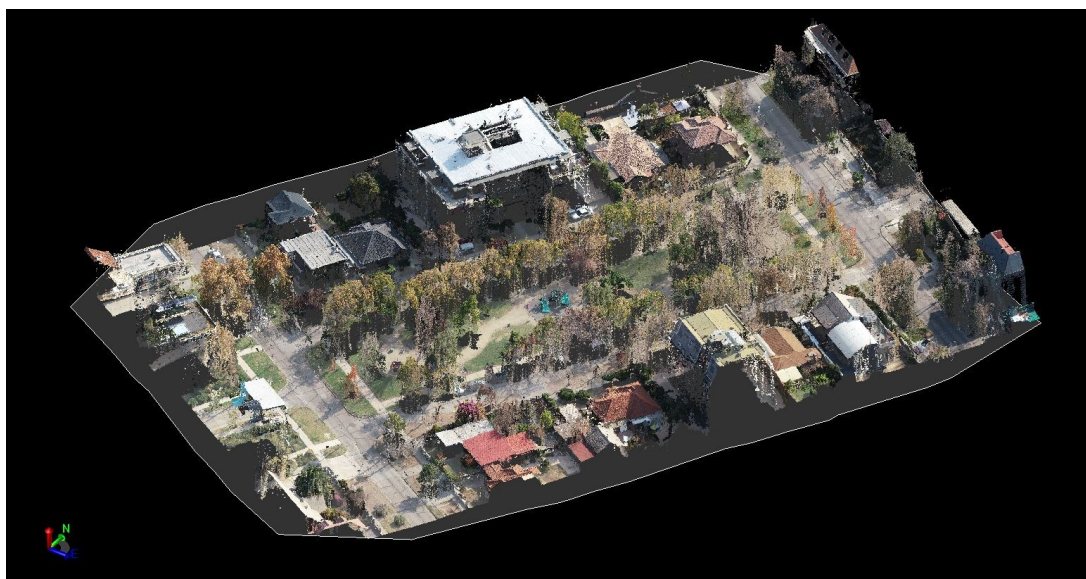


Figura 16. Nube de puntos de plaza Dinamarca.

Por otro lado, una ortofoto es una fotografía con proyección ortogonal que es producto de la alineación de las múltiples fotografías capturadas. En este caso, la ortofoto generada tiene una resolución de 2 cm (Figura 17).

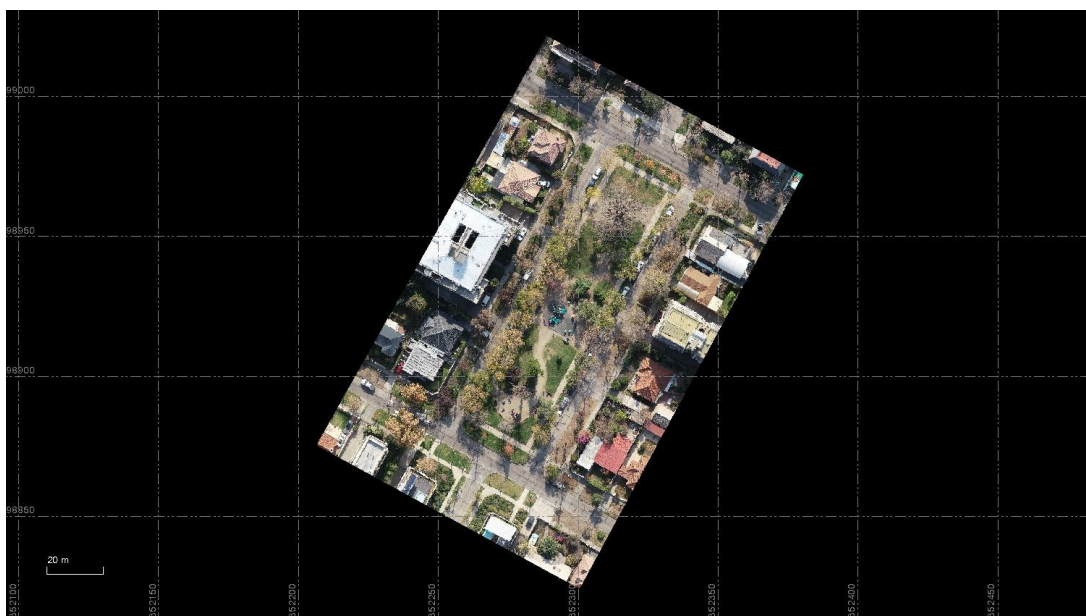


Figura 17. Ortofoto de plaza Dinamarca.

Ambos productos cuentan con referencia conocida obtenida a través del proceso de referenciación directa.

En fotogrametría, el error está directamente asociado a la altura de vuelo, es decir, a menor altura se espera una precisión mayor que si se realizan vuelos más altos. A raíz de lo anterior, en la componente horizontal el error esperado es de 1 a 2 píxeles (hasta 4 cm según GSD definido), mientras que para la componente vertical es de 2 a 3 píxeles (hasta 6 cm).

Combinación de técnicas y entregables finales en TBC

La integración de los datos capturados por cada una de estas tecnologías fue realizada por medio del software TBC Advance, utilizando para este fin los módulos nube de puntos, corredores y drafting específicamente.

Los datos importados en la integración con TBC son los siguientes:

- Job Trimble R12i, el cual contiene levantamiento discreto GNSS incluida la biblioteca de características que permite el dibujo automatizado.
- Job Trimble SX10, el cual contiene la georreferenciación del levantamiento por medio de topografía integrada, más captura de panorámicas y escaneos de la zona.
- Ortofoto Geotiff Phantom 4 RTK.
- Nube de puntos del vuelo fotogramétrico en formato *.las

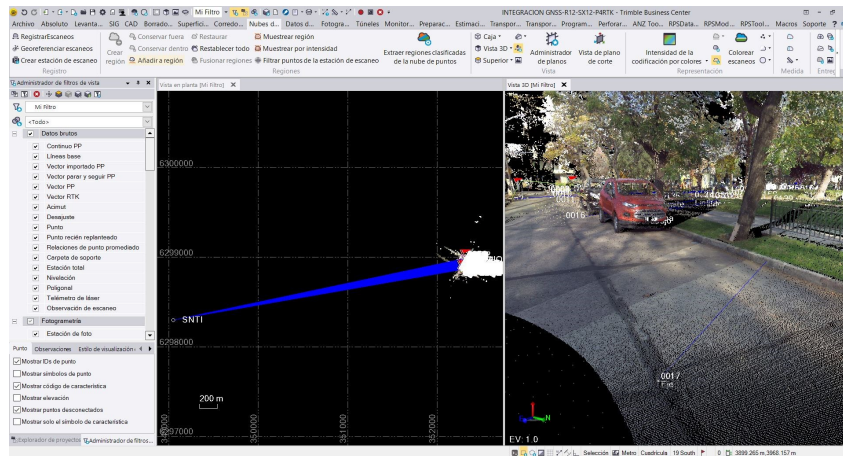


Figura 18. Integración de datos en TBC.

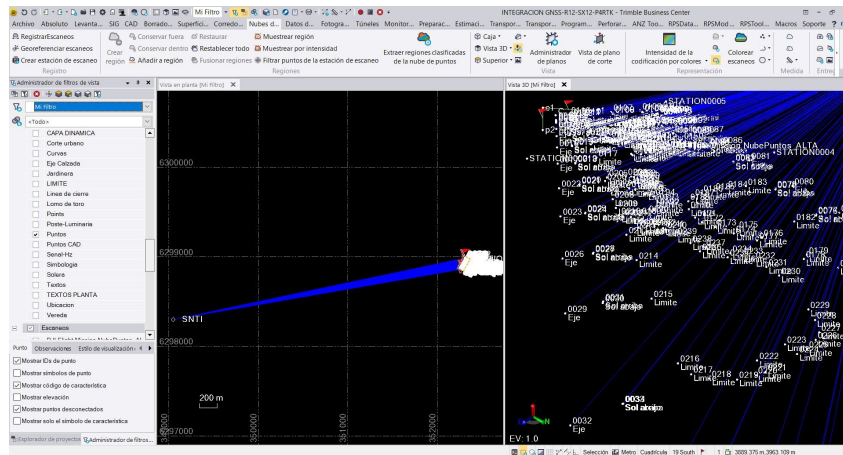


Figura 19. Levantamiento de detalles cunetas y eje calzada Trimble R12i.

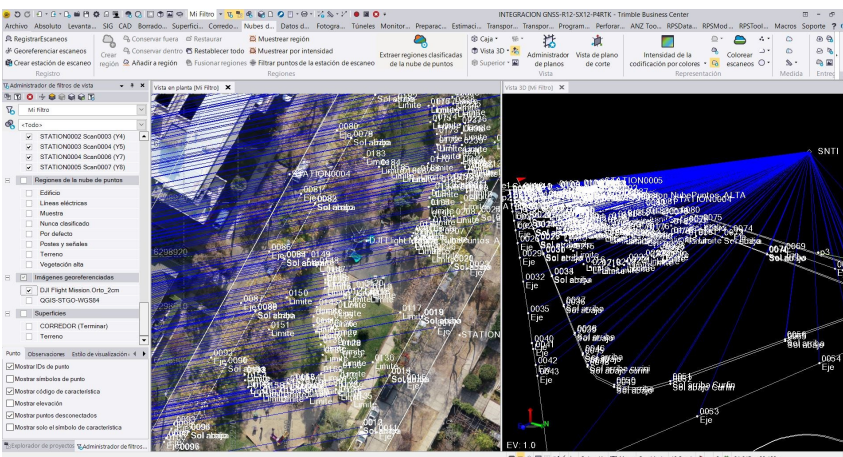


Figura 20. Levantamiento de detalles cunetas y eje calzada Trimble R12i.

Una de las tareas a realizar, es el registro de Estaciones de escaneado de la nube de puntos levantada con Trimble SX12 sobre la base de estaciones referenciadas por medio de Topografía integrada con GNSS Trimble R12i, apoyado por la Red GNSS GEOCOM con correcciones diferenciales por internet. Este procedimiento es realizado en el módulo nube de puntos y en pares, donde la nube roja corresponde a la referenciada y la verde a la nube por orientar.

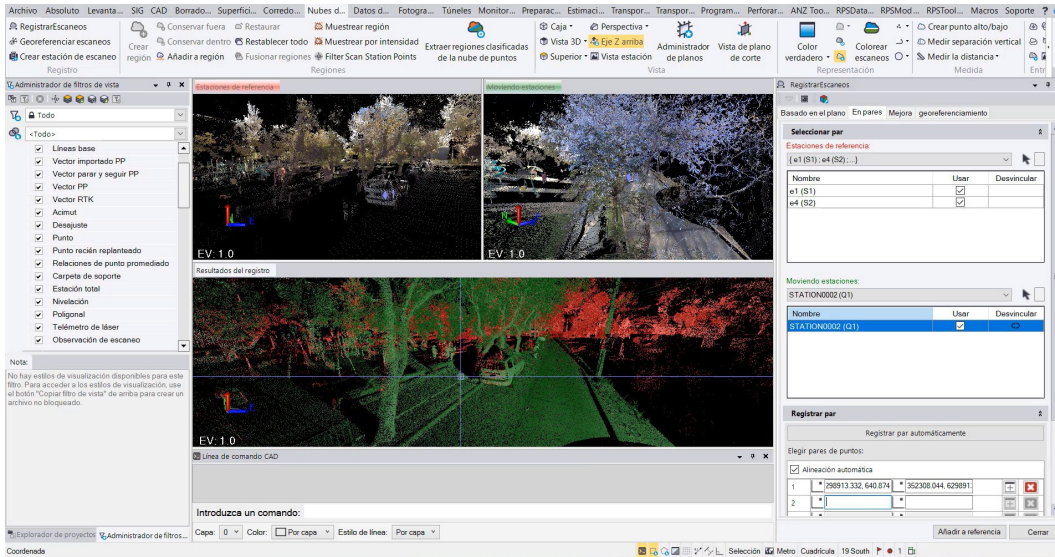


Figura 21. Registro de la nube de puntos Trimble SX12.

Una herramienta fundamental es la clasificación de la nube de puntos. TBC permite clasificar nube de puntos en espacios al aire libre, bajo techo y subterráneos. Al aire libre, permite la clasificación de edificios, terreno, vegetación alta, postes, señales y líneas eléctricas.

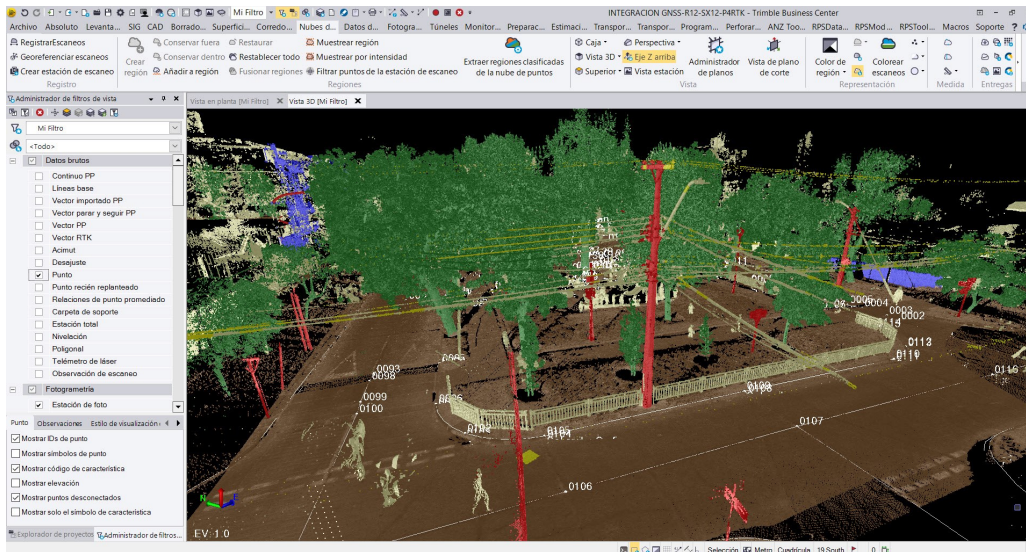


Figura 22. Clasificación de la nube de puntos Trimble SX12.

Ya clasificada la nube de puntos, es posible utilizar herramientas de dibujo automatizado, por ejemplo, extraer características de punto, ya sea, poste, árbol (copa, tronco y altura) o cartel, y extraer característica de línea, como acera y cuneta y cables elevados.

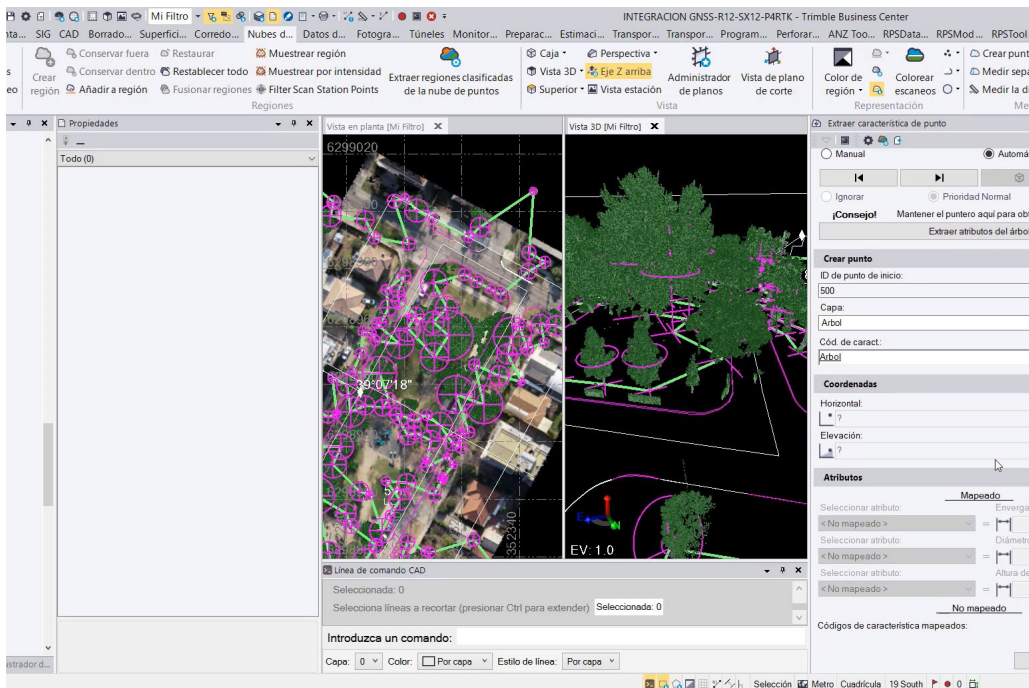


Figura 23. Extraer característica de punto.

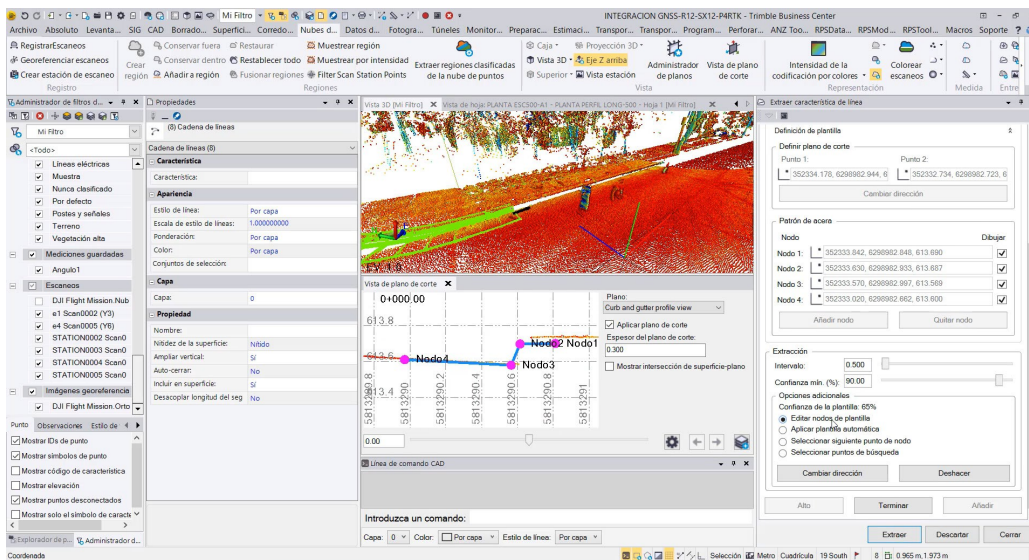


Figura 24. Extraer característica de línea.

Utilizar la nube de puntos proveniente desde fotogrametría o escáner láser permite catastrar cualquier elemento existente. Las herramientas CAD que posee TBC, permiten crear líneas 2D, 3D, puntos, polígonos, entre otros. También clasificarlos en capas, aplicando colores y estilos de líneas.

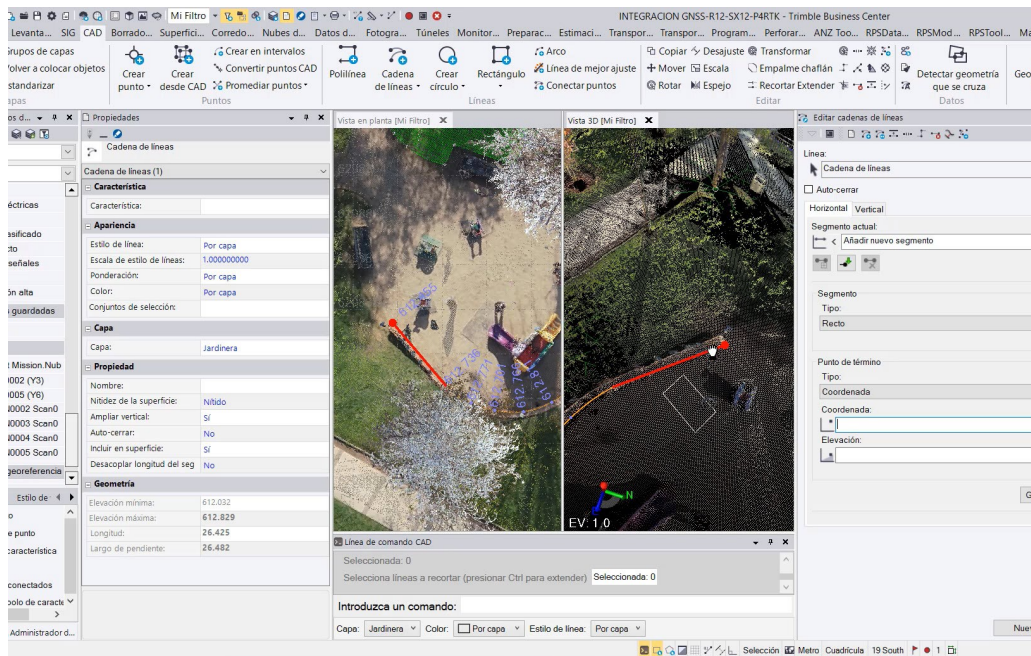


Figura 25. Herramientas CAD.

A su vez, al activar la vista de estación, es posible identificar elementos y de igual forma dibujar sobre la nube sobrepuesta en la imagen, de esta manera, la identificación de accidentes topográficos, infraestructura, material, entre otros, mejora sustancialmente la calidad de la información capturada.

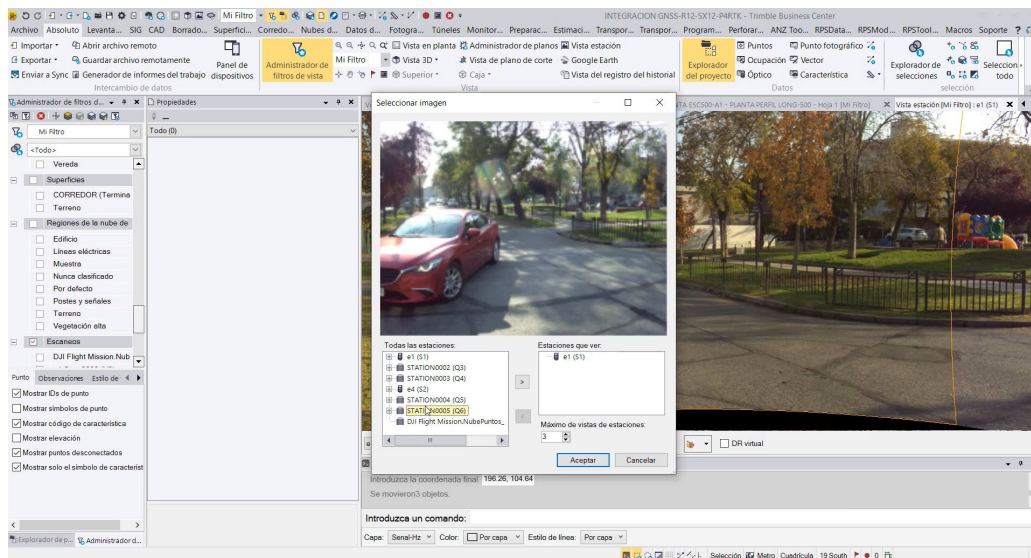


Figura 26. Vista estación.

La vista de plano de corte permite realizar distintos tipos de secciones, tanto a nubes de puntos, elementos CAD y superficies. En estas vistas es posible dibujar y crear representaciones gráficas de la realidad integrando nubes de sensores LIDAR terrestre, móvil y fotogramétrico, como es este caso en particular. Esta vista de corte puede ser incluida posteriormente en la lámina final.

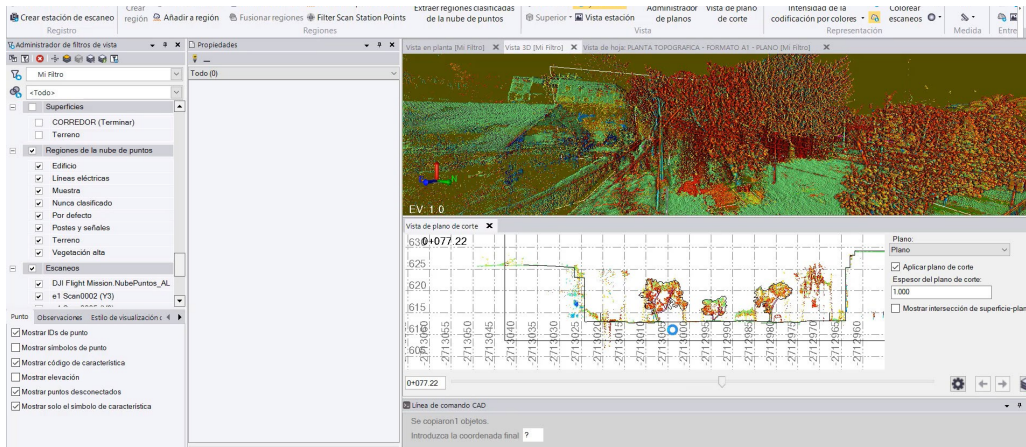


Figura 27. Vista de plano de corte.

Las herramientas CAD de TBC permiten la representación de planimetría como, por ejemplo, la demarcación horizontal, ya sea, disco pare, ceda el paso, entre otros elementos, y pueden ser almacenadas como bloques CAD, para posteriormente ser utilizado como un elemento típico en sectores con igual demarcación.

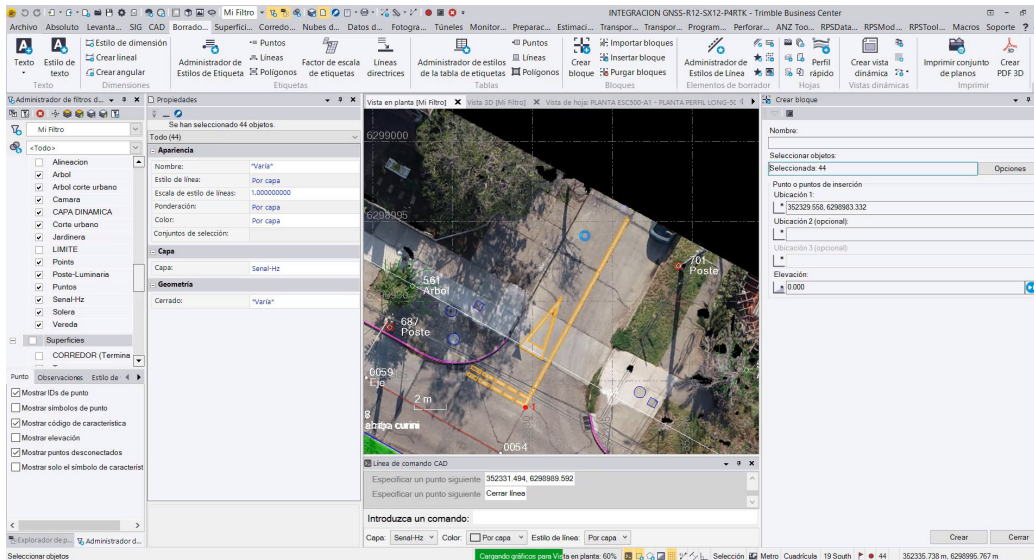


Figura 28. Herramientas CAD aplicadas en la orto imagen.

El módulo de superficies de TBC permite la integración, tanto de elementos gráficos como líneas 2D y 3D, nubes de puntos y puntos discretos, donde a partir de la nube del terreno clasificada, es posible realizar un muestreo y quitar densidad, transformar estos a puntos CAD, e integrarlos a superficies creadas con líneas de quiebre, como cunetas, soleras, eje, crestas y pie de talud, generando a su vez las curvas de nivel requeridas para el proyecto con la configuración de textos aplicada según la escala de salida.

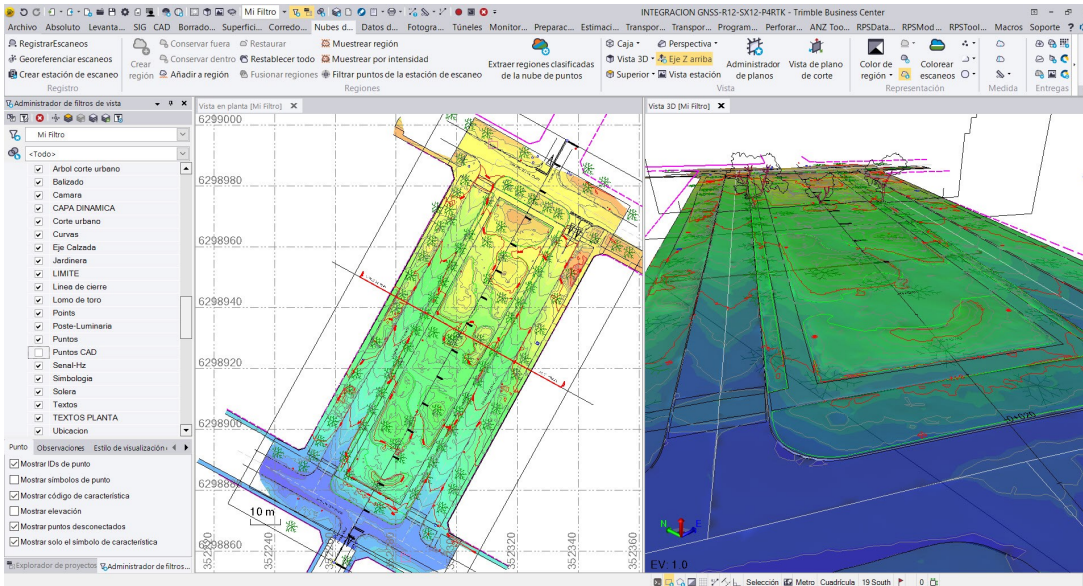
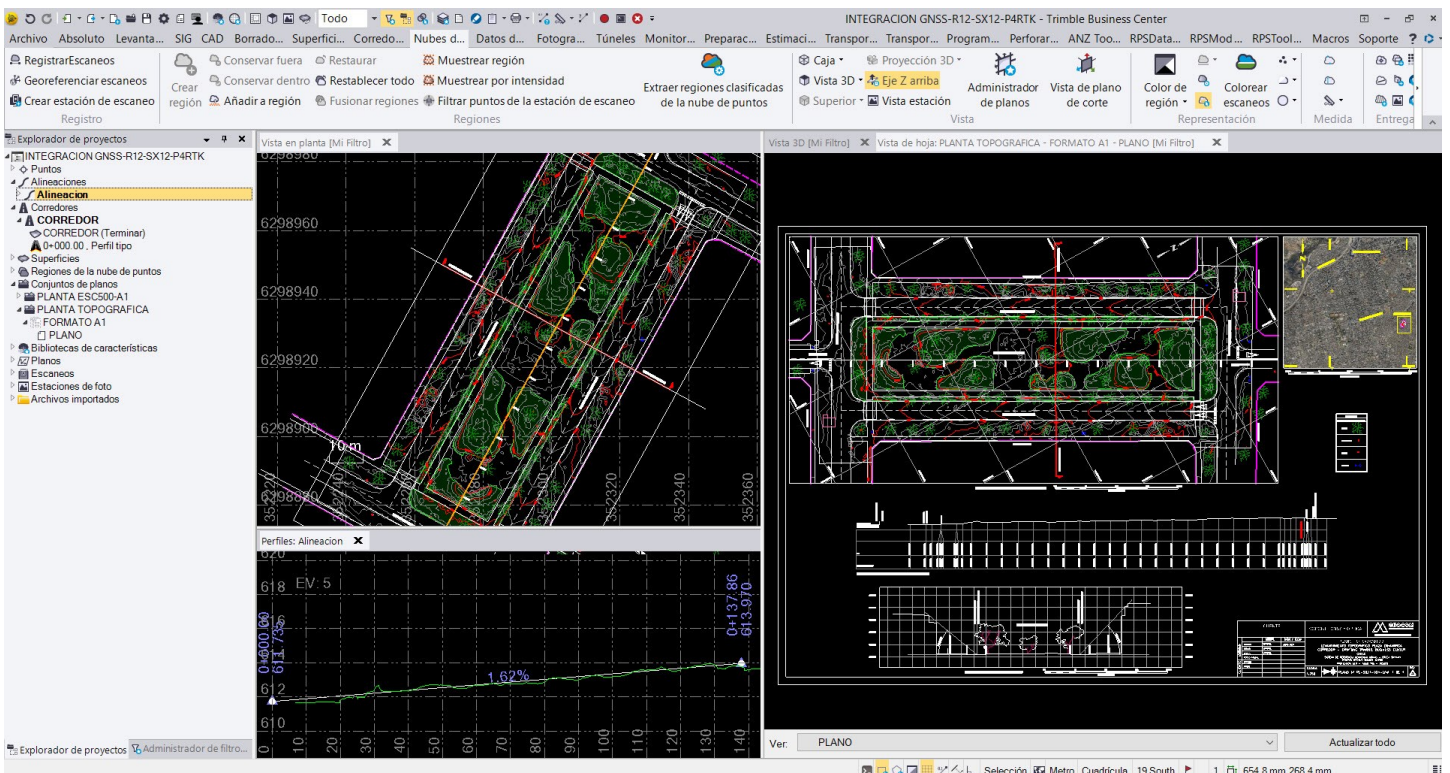


Figura 29. Planimetría y superficie.

Finalmente, las herramientas Drafting de TBC permiten crear láminas exportables en formato CAD y PDF, estas láminas pueden ser manuales, automatizadas o mixtas, en distintos formatos y escalas. En este ejemplo, se realizó una lámina formato A1, con herramientas de corredor (Planta y perfil longitudinal), que automatizan el proceso de dibujo mediante una plantilla configurada en formato VCL. En esta vista dinámica, se configura escala, grilla de coordenadas, estilo y tamaño de texto, independiente de la escala del formato, bloque norte y complementario con dibujos; como una vista de corte, planta de ubicación, escala gráfica, simbología, etc.

Figura 30. Herramientas de corredor y Drafting automatizado.





A partir de la integración de diferentes plataformas de observación fue posible abordar distintos requerimientos de un proyecto. Cada técnica proporcionó resultados, los que integrados entregaron una solución más eficiente y que técnicamente cumple con las directrices de lo solicitado. Si bien la integración fue realizada en un ambiente de menor escala, este es completamente extrapolable a proyectos más extensos en los cuales las características de “lo observado” puede condicionar una técnica o situarla como la más eficiente para su captura.

Cartógrafo.CL/02-2021

Respecto a la integración GNSS y Levantamientos terrestres con SX12, la resolución matemática, que permitió compatibilizar observaciones satelitales y terrestres, fue abordada por de forma automatizada por Trimble Access, el cual mediante la aplicación “topografía integrada”, posibilitó el empleo de posiciones definidas por GNSS como puntos de control para la orientación de SX12, georreferenciando los productos. En este punto la versatilidad de SX12 permite rescatar las mejores características de un instrumento de captura de datos masivo y las posibilidades más tradicionales asociadas a estación total, todo con un alto nivel de automatización.

En el caso del Phantom 4 RTK, la vinculación al marco geodésico para el proceso de georreferenciación fue abordado mediante el posicionamiento PPK, aquí la Red GNSS de GEOCOM proporcionó la observación base para el procesamiento de la trayectoria. Metodológicamente la planificación de vuelo permitió configurar previamente las características del vuelo a realizar, definiendo los parámetros idóneos según las particularidades del área de levantamiento, aumentando así la productividad en terreno.

El procesamiento de datos en TBC permitió la obtención de productos intermedios, como la visualización del levantamiento GNSS, el procesamiento de escenas o estaciones de escaneado de SX12 y el procesamiento fotogramétrico. A partir de estos resultados fue generado un producto final, el cual empleó características de los productos intermedios en su elaboración, destacando las herramientas de registro y clasificación de nubes de puntos, dibujo automatizado, herramientas CAD y Drafting.

A partir de los resultados obtenidos, es importante destacar el nivel de automatización en terreno, tanto en el levantamiento GNSS, como en la compatibilización de diferentes referenciales, destacando la importancia de la vinculación a un marco geodésico que permite la gestión más eficiente de proyectos. En este sentido, también la automatización en la orientación de SX12 destaca, permitiendo un flujo más eficiente de procesamiento, a partir de datos en un mismo marco geodésico. Finalmente, el uso de fotogrametría y un procesamiento con un alto grado de automatización permitió un flujo eficiente en la etapa de elaboración de productos finales.

REFERENCIAS

- Trimble (2021a). *Trimble ProPoint Engine - Next Generation Centimeter Positioning and Orientation*. Technical publication.
- Silva, A. (2020). *Ajuste de la Red GNSS GEOCOM 2019.91*. GEOCOM.
- Doucet, K., Herwig, M., Kipka, A., Kreikenbohm, P., Landau, H., Leandro, R., Moessmer, M., Pagels (2012). *Introducing Ambiguity Resolution in Web hosted Global Multi-GNSS Precise Positioning with Trimble RTX-PP*. Trimble TerraSat GmbH, Germany.
- Chen, X., Allison, T., Cao, W., Kendall Ferguson K., Grünig, S., Gomez, V., Kipka, A., Köhler, J., Landau, H., Leandro, R., Lu, G., Stolz, R., Nick Talbot N. (2019). *Trimble RTX, an Innovative New Approach for Network RTK*. Trimble TerraSat GmbH, Germany.
- Leandro, R., Landau H., Nitschke M., Glocker M., Seeger S., Chen X., Deking A., BenTahar M., Zhang F., Ferguson K., Stolz R., Talbot N., Lu G., Allison T., Brandl M., Gomez V., Cao W., Kipka A. (2020). *RTX Positioning: The Next Generation of cm-accurate Real-Time GNSS Positioning*. Trimble Terrasat GmbH, Germany.
- Robert Krzyżek (2013). Verification of applicability of the Trimble RTX satellite technology with xFill function in establishing surveying control networks. *Geodesy and Cartography* 62(2).
- Trimble survey division (2012). *Trimble HD-GNSS processing*. White Pages, Westminster, Colorado, USA.
- Department of Transport and Main Roads (The State of Queensland) (2021). *Trimble Business Center v5.0 – Processing and Adjusting GNSS Survey Control Networks* (Manual).



Mian, O., Lipa, G., Gopaul, N., Hutton, J. (2020). *Using the Trimble post processed centerpoint © rtx tm fast positioning service for highly accurate uas based mapping and surveying without GNSS reference stations*. Geo-week 2019 At: Denver, Colorado.

M. Brandl, X. Chen, R. Drescher, M. Glocker, H. Landau, A. Nardo, M. Nitschke, D. Salazar, S. Seeger, U. Weinbach, F. Zhang (2021). *Advancing Trimble RTX Technology by adding BeiDou and Galileo*. Trimble TerraSat GmbH, Germany.

Trimble (2020a). *Trimble R12i*. GNSS System Datasheet.

Trimble (2020b). *Trimble SX12*. GNSS System Datasheet.

Moreno (2020). DJI PHANTOM 4 RTK, Entrenamiento Piloto Remoto GEOCOM.

DJI. (2021). *DJI PHANTOM 4 RTK* User Manual v2.4.

Trimble (2021b). *Trimble Business Center - Processing Aerial Survey Data*.

José Antonio Carrasco

Ingeniero de Ejecución en Geomensura de la Universidad Tecnológica Metropolitana, postítulo en túneles y espacios subterráneos de la Universidad de Chile. Especialista en Geodesia y topografía aplicados a Proyectos de Ingeniería de Infraestructura Minera. Líder de equipos multidisciplinarios en proyectos geodésicos y cartográficos en minería para ingeniería y construcción en sus distintas etapas. Profesor adjunto en Universidad Tecnológica Metropolitana, Ingeniería en Geomensura. Profesor adjunto en Universidad Santo Tomás, Ingeniería Civil en Minas y Geología.

Felipe Carvajal

Ingeniero de Ejecución en Geomensura de la Universidad de Santiago de Chile, con posgrados en Ciencias Geodésicas en Brasil, actualmente divide sus actividades como investigador, docente e ingeniero de aplicación en GEOCOM. Ha participado y desarrollado proyectos en el área de geodesia aplicada a la ingeniería e investigación, con énfasis en la integración de soluciones de posicionamiento geodésico para diferentes aplicaciones en la industria. Posee un marcado interés por la innovación tecnológica y el análisis de datos provenientes de diferentes plataformas de observación.

Óscar R. Moreno

Ingeniero Geomensor y MSc. en Teledetección con amplia experiencia como piloto instructor certificado para drones de ala fija y multirrotor de diferentes marcas: Gatewing, Trimble, Microdrones, xMobs, Wingtra, senseFly y DJI Enterprise. En el ámbito académico ha participado como docente y expositor en diversas instituciones de educación superior. Desde el 2014, trabaja en Geocom | Soluciones Geoespaciales como Ingeniero de Aplicación UAS realizando soporte técnico, capacitaciones y asesorías en la planificación, ejecución y procesamiento de datos fotogramétricos y LiDAR capturados con drones a diversos clientes de la industria geoespacial.

Ariel Silva

Ingeniero de Ejecución en Geomensura y Magíster en Geomática con experiencia en la aplicación de geodesia, topografía y fotogrametría en obras de ingeniería. Se ha desempeñado en la industria minera directamente en la operación de minas a rajo abierto, así como también en el ámbito académico como docente en varias instituciones de educación superior relacionadas con la geomensura y geomática con especialidad en el ajuste de observaciones geodésicas terrestres y satelitales. En GEOCOM se desempeña como Gerente de Soporte y Preventa, liderando un equipo de ingenieros dedicados a resolver problemas de clientes en la implementación de geotecnologías y su difusión.

Se sugiere citar:

Carrasco, J.A., F. Carvajal, O. Moreno y A. Silva (2021). *Combinación de Técnicas Geoespaciales*. *Revista Cartógrafo.CL* 1(2), pp. 12 - 34.



Bajo Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional.



Cartógrafo.CL/02-2021



Óscar Figueroa Ulloa
 Cartógrafo
 Máster en Análisis y
 Prevención del Crimen.



oscarenrique.figueroa@gmail.com

Perfilamiento geográfico de agresores sexuales Análisis de casos

RESUMEN

El perfilamiento geográfico es una técnica de investigación criminal; su principal objetivo es identificar el lugar de residencia o base de operaciones de criminales seriales, permitiendo acotar las zonas de búsqueda de un delincuente, como asimismo priorizar líneas de investigación cuando existen varios sospechosos.

El objetivo de esta investigación es mostrar la utilidad que tienen los geoperfiles para investigar delitos seriales, a través del perfilamiento retrospectivo de tres delincuentes detenidos por ataques sexuales seriales en la Región Metropolitana de Santiago de Chile, entre los años 2010-2019.

Los resultados muestran que el perfilamiento geográfico es una herramienta muy útil para identificar criminales seriales, permitiendo reducir las zonas de búsquedas de sospechosos y facilitando la identificación de su domicilio o área de operaciones.

INTRODUCCIÓN

El perfilamiento geográfico ha tenido grandes avances en el mundo occidental, especialmente en los policías y analistas criminales de los Estados Unidos de América, Canadá y Europa, constituyéndose en un importante complemento a otras técnicas de investigación criminal (Rossmo & Summers, 2015).

El perfilamiento geográfico o geoperfil se utiliza para la investigación de un delito serial, mediante la ubicación geográfica de estos. Lo que permite identificar la zona más probable de residencia del delincuente o donde ha establecido su base de operaciones, a través de algoritmos matemáticos y teorías medioambientales (Rossmo, 2000; Rossmo & Summers, 2015). El lugar de ocurrencia de un delito no es aleatorio (Brantingham & Brantingham, 1993; 1995), su elección está condicionada por aspectos subjetivos espaciales en forma de mapas mentales. Este geoperfil permite identificar un patrón que, aunque no es predictivo del lugar de ocurrencia del próximo delito, permite conocer el lugar de su residencia o base de operaciones del delincuente.

El perfilamiento geográfico es una técnica de análisis criminal, que sumado a otras técnicas policiales, permite al analista generar líneas de investigación, posibilitando la toma de decisiones basada en evidencia, como ocurre al reducir el área geográfica de la búsqueda de un sospecho o dar prioridad a la búsqueda de un determinado sujeto (Rossmo & Summers, 2015).

Este tipo de técnica se basa en la criminología ambiental, la cual explica las interacciones espaciales que se producen en torno al delito (Capone & Nichols, 1976). Los criminólogos de la Escuela de Chicago indicaron que, durante muchos años, la criminología estaba basada en aspectos sociológicos y psicológicos (Felson & Clarke, 1998), pero había poca investigación en lo relacionado con el espacio geográfico donde se cometían los delitos, de ahí surgen las Teorías Criminológicas de las Actividades Rutinarias (Cohen & Felson, 1979), Patrones Delictivos (Brantingham & Brantingham, 1993; 1995), Círculos de Canter (Canter, 1996; Canter & Gregory, 1994; Canter & Larkin, 1993) y la Teoría de la Elección Racional (Clarke & Felson, 1993; Cornish & Clarke, 1987), las cuales constituyen la base para el perfilamiento geográfico.

La interacción espacial plantea una hipótesis fundamental de la geografía: lo que sucede en un lugar tiene impacto sobre otro lugar diferente; esta interacción implica acción y reacción (Pumain & Saint-Julien, 2010). Además, el comportamiento delictual es producto de una interacción entre la persona y su entorno físico cuya observación puede ser a diferentes escalas (Felson & Clarke, 1998). Esta relación se evidencia en las distancias entre los actores y lugares: a medida que disminuye la distancia entre ellos, disminuye también la intensidad y frecuencia de las interacciones. Este es el principio de Teoría del Decaimiento Espacial que indica que a medida que el delincuente se aleja de su domicilio, la probabilidad de cometer un delito disminuye (Brantingham & Brantingham, 1993; 1995).

Los delitos no ocurren en forma aleatoria en el territorio, pues los individuos se mueven en el espacio y tiempo formando patrones de movilidad. La Teoría de los Patrones Delictivos identifica tres principales conceptos: nodos, rutas y límites (Brantingham & Brantingham, 1993; 1995). Los nodos corresponden al lugar desde donde y hacia donde se trasladan las personas, en dichos lugares se



Imagen referencial.

cometen delitos así como también en áreas cercanas a este. Por ejemplo, un centro comercial genera al interior delitos de hurto desde las tiendas y en su exterior delitos de robos de vehículos en los estacionamientos. Las rutas desde un lugar a otro, en las actividades diarias de las personas, se realizan de acuerdo con patrones de percepciones espaciales que estos tienen; mientras que los límites del territorio que abarca la acción criminal permiten diferenciar a los delincuentes “propios” de los “extraños”. Los propios cometen delitos cerca de su lugar de residencia y los extraños lo realizan en los límites exteriores fuera de su domicilio (Felson & Clarke, 1998).

Los mapas mentales son imágenes cognitivas de áreas familiares como barrios o ciudades, formados a partir de las sucesivas interacciones de una persona con su alrededor (Canter 1994; Canter, 1996; Canter & Gregory, 1994; Canter & Larkin, 1993). En la misma línea de trabajo, Goodall (1987) los define como la representación espacial del ambiente que un individuo tiene en su mente, referencias espaciales que se basan en hitos, pudiendo así delimitar zonas y crear espacios de confort, donde las personas se puedan mover de forma segura y eficiente a través del territorio.

De acuerdo con Cadwallader (1976), los mapas cognitivos influyen en tres características de decisiones, la primera es la decisión de estar en un sitio o de irse, la segunda es a dónde ir, y la tercera qué ruta tomar para desplazarse. Estos mapas mentales o cognitivos pueden incluir dimensiones no espaciales, tales como sonidos, iluminación, sensaciones y simbolización, las cuales son el resultado del procesamiento de información, la que es recibida, codificada, almacenada, recordada, descodificada e interpretada (Brantingham & Brantingham, 1993; 1995).

En este orden, la Teoría de Círculo tiene como premisa que los criminales cometen delitos en las zonas que conocen, por lo cual los crímenes ejecutados se sitúan al interior de un círculo territorial delimitado y lo más probable es que el domicilio o base de operaciones del delincuente se encuentre dentro de dicho círculo. Esto lo fundamenta Canter en su hipótesis de la consistencia delictiva, la que establece que los delincuentes actúan en forma consistente durante el tiempo y en diferentes situaciones, por lo que la forma en cómo se realizan los delitos dependerá de un patrón delictual estable. Esta hipótesis tiene dos partes: la consistencia interpersonal que se relaciona con interacción víctima-victimario y una consistencia espacial que establece el área geográfica en la que se comente el delito, interacción que se mantiene de manera continua, mientras no cambien las motivaciones del delincuente, tanto desde el punto de vista psicológico como espacial, posibilitándose así conocer rasgos y comportamiento delictual (Canter, 1996; Canter & Gregory, 1994; Canter & Larkin, 1993).

Canter en base a su teoría clasifica a los delincuentes en dos categorías: viajeros y merodeadores. Los viajeros se desplazan para cometer delitos en zonas distintas a las de sus domicilios o base, en cambio el delincuente merodeador se moviliza desde su base de operaciones o domicilio a sectores colindantes en forma radial, creando una zona de operaciones criminal.

En la **Figura 1**, se muestra el domicilio del agresor, las flechas indican el desplazamiento del delincuente, las zonas de seguridad o buffer donde el victimario

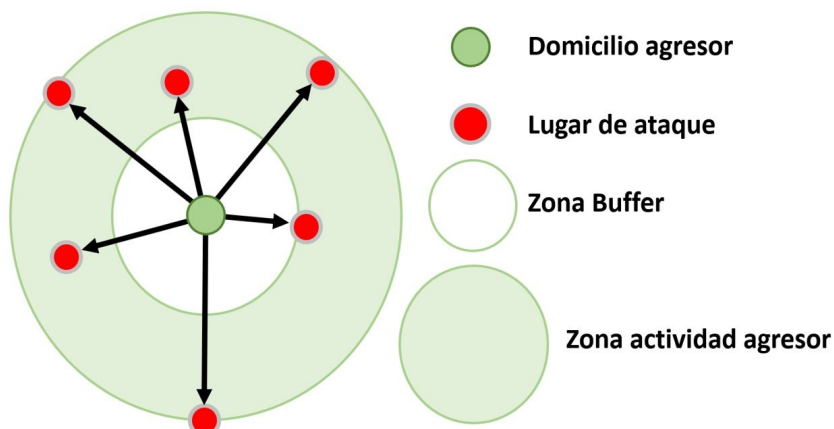


Figura 1. Círculos de Canter.

no actúa, los lugares de ataques y su zona de operaciones (Canter, 1994; Canter & Larkin, 1993).

Los delincuentes por lo general cometen los delitos cerca de sus domicilios, siendo menor la probabilidad de que un delincuente cometa un delito a medida que se aleja de su lugar de residencia (Rossmo & Summers 2015), por lo que la probabilidad de delinquir se ajusta a la función de decaimiento de la distancia (distance decay, Figura 2), generando así una zona de seguridad que resulta ser contigua a su lugar de residencia denominada Buffer (Rossmo 2000).

En la Figura 3, se muestran las funciones más utilizadas para calcular el decaimiento de la distancia (Levine, 2007; 2014), correspondientes a: lineal, exponencial negativa, lognormal, normal y exponencial negativa truncada. Estas funciones miden la probabilidad de cometer un crimen y la distancia en que se encuentran desde la escena del crimen (Salafranca, Rodríguez & Mateu, 2020).

Los delincuentes suelen cometer un delito dentro de un rango mínimo y máximo de distancia de su casa, independiente de la dirección y otras limitaciones físicas o psicológicas. El análisis del trayecto al lugar del delito (Journey to crime) es de suma importancia para los investigadores delictuales, debiendo considerar el origen del trayecto, el destino, la ubicación del delito, la ruta, distancia y dirección que realiza el delincuente; además de aspectos temporales, tales como la hora, días de la semana, y momento de la noche o del día (Rengert, Piquero, & Jones, 1999), además de incluir el modo de desplazamiento, o si lo hace en solitario o acompañado (Bernasco, 2014). La evidencia indica que en la mayoría de los casos las distancias que recorren los delincuentes son por lo general cortas, especialmente en la perpetración de delitos violentos (Andresen, Frank, & Felson, 2014; Levine & Lee, 2009; Wiles & Costello, 2000).

El perfil geográfico comprende tanto aspectos cuantitativos como cualitativos. Los cuantitativos incluyen las mediciones y precisión del lugar de ataque, mientras que en el caso de los aspectos cualitativos se considera la importancia de los mapas mentales y la experiencia del agresor. Rossmo y Summers (2015) destacan entre los factores de mayor importancia:

- **Ubicación de los delitos:** la ubicación geográfica y temporal de los delitos es un dato fundamental para la realización de un perfil geográfico, para ello se debe considerar donde se aborda a la víctima, así como las características del lugar del ataque.
- **Tipo de delincuente:** el tipo y número de delincuentes implicados influyen sobre las características geográficas del caso, ya que son múltiples los desplazamientos de los ofensores.
- **Estilo de “caza” del delincuente:** el *modus operandi*, que el delincuente utiliza para abordar a sus víctimas, influye en el patrón geográfico, ya que este se puede desplazar a lugares más cercanos o lejanos.
- **Actividades cotidianas de las víctimas:** las actividades diarias de las víctimas permiten detectar los movimientos de estas, pudiendo ayudar



Función de DISTANCE DECAY con zona de seguridad, que representan la probabilidad de que un individuo delinca en relación con la distancia a la que se encuentre de su domicilio

Figura 2. “Distance Decay” (Rossmo, 2000).

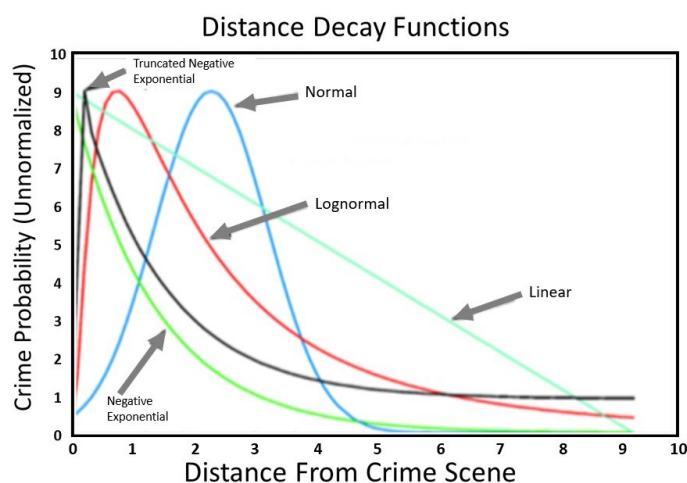


Figura 3. Muestra las funciones de Distance Decay Functions (Levine, 2007, citado en Salafranca et al., 2020).

a aclarar investigaciones cuando el delincuente se encuentra en la búsqueda de ese tipo de víctima.

- **Telón de fondo:** es el marco espacio-temporal, es decir, el lugar donde el delincuente comete el delito, para ello es necesario considerar accidentes geográficos, conformación urbana y horarios, estos antecedentes se deben utilizar para ajustar el perfil.
- **Autopistas y otras vías arteriales:** las personas no se desplazan en línea recta, sino que utilizan la red vial para movilizarse, esto es necesario considerarlo al momento de analizar los lugares por donde se desplaza el delincuente.
- **Paradas de autobús, metro y tren:** algunos delincuentes no utilizan automóvil, por lo cual sus desplazamientos son en transporte público, por ello, dentro del análisis del geoperfil, es necesario considerarlos como lugares obligados de los delincuentes.
- **Leyes de urbanismo y uso del suelo:** los planos reguladores de urbanismo, que clasifican el destino que se le da al suelo, pueden dar indicios sobre el porqué una persona podría o no estar en un determinado lugar.
- **Límites físicos y psicológicos:** son barreras que limitan el desplazamiento del delincuente en espacio geográfico y en los aspectos psicológicos, como ocurre con el nivel socioeconómico de un lugar o una zona, o con la pertenencia o no a un grupo étnico diferente.
- **Demografía de un barrio:** el delincuente puede preferir determinados perfiles de sus víctimas, tales como una edad específica, etnia, grupo económico y sexo.
- **Singularidades o fuera de normalidad:** muchas veces algunos delitos, pueden estar fuera de los patrones de análisis, lo que demanda una mayor atención y el uso de más recursos para su estudio.
- **Desplazamiento:** cuando la policía, con el objeto de evitar nuevos delitos, realiza patrullajes en la zona de operaciones del delincuente, este puede desplazarse a otros lugares; o cuando hay mucha publicidad en los medios de comunicación, la gente puede estar más atenta en la zona afectada, y de este modo la elección racional para cometer el delito puede verse alterada.

Delincuentes seriales en delitos sexuales

Los delincuentes seriales son reconocidos como aquellos individuos que se motivan a efectuar actos delictivos hacia tres o más personas en ciertos períodos de tiempo, intercalando lapsos de “enfriamiento” entre cada delito. Esas motivaciones delictuales suelen ser deducidas a partir de la conducta observable que presentan los delincuentes, cuyas variables pueden actuar como activadoras o energizantes de la conducta, permitiendo así seleccionar objetivos que se basan en la gratificación psicológica que les proporciona la comisión de delitos.

La forma en que un delincuente regula estas motivaciones puede ser autorregulada (a partir de causas internas como el deseo, el miedo, la excitación, etc.) o reguladas por el ambiente (ocasión, oportunidad, estímulo elicitor, etc.). Muchas teorías de la motivación se basan en que, ante un estado general de malestar o de excitación no calmada, se intenta buscar una conducta o actividad que lo libere de esa tensión (Albertín, Soria & Saiz, 2005). Sin embargo, estos delincuentes suelen ser selectivos al escoger a sus víctimas, siguiendo las

necesidades que rigen sus motivaciones, además de mantener un mismo o similar *modus operandi* al momento de actuar.

En el caso de las agresiones sexuales, el individuo puede presentar un malestar ligado a una acumulación de excitación y fantasías que necesite de una actuación concreta para liberar esa tensión y ese malestar. Aun así, una agresión sexual consigue liberar esa tensión puntualmente, pero no elimina para siempre ese malestar o tensión, lo que puede derivar a que sus actos se reiteren a partir de dicha motivación permanente de seguir cometiendo estos delitos. Por lo tanto, se podría decir que los actos delictivos en general, refieren a procesos cognitivos asociados a unos actos que son reevaluados mediante los mismos procesos cognitivos distorsionados (Albertín *et al.*, 2005).

Urra (2003) define a los agresores sexuales de forma genérica como personas con inmadurez psicosexual, que agreden para autoafirmar un “Yo” lábil e inseguro, y que se caracterizan por poseer un alto grado de hedonismo y muy baja resonancia emocional. Además, considera que suelen ser delincuentes versátiles, por lo que resultan proclives a todo tipo de violencia contra las mujeres y que emplean todo aquello que les sirve para racionalizar el asalto como elemento facilitador del mismo.

Por lo tanto, conductualmente, se puede considerar que la reincidencia tiende a producirse si la experiencia fue gratificante para el agresor y no recibió sanción; además, de generarse un proceso de desensibilización, la cual incrementa en el agresor un mayor nivel de violencia ante las víctimas, recurrencia que podría explicar en parte la serialidad de actos delictivos que puede cometer un individuo (Urra, 2003).

Sistemas de Información Geográfica y tratamiento de datos

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) fueron creados a inicios de la década de 1960, sus primeros usos estuvieron enfocados en la industria forestal, desde esa fecha hacia adelante se han incorporados a diferentes disciplinas del quehacer científico, entre las cuales destaca la criminología. Un SIG (o GIS de su sigla en inglés Geographic Information System) tiene como principal función mapear fenómenos geográficos, físicos y sociales; entre sus componentes se incluyen *software*, *hardware*, mapas digitales, bases de datos e internet. Con el paso de los años los *softwares* se han ido modernizado incluyendo mayores herramientas; la cartografía digital que al inicio de los sistemas era fundamental, ahora es consumida a través de internet, como asimismo capas de información que se pueden intercambiar a través de la red con formatos estandarizados. La baja en los costos de este tipo de herramientas permitió su uso para hacer frente a problemas policiales, incluyendo computadores, dispositivos de impresión y de mapas digitalizados, lo que se incrementó durante los últimos años (Vozmediano, San Juan, & Espinoza, 2006).

En el caso de Chile, esta metodología está comenzando a ser utilizada como estrategia para combatir el delito, por eso el objetivo de este estudio, es mostrar la capacidad que tienen estos procedimientos tecnológicos para investigar delitos seriales, a través del perfilamiento de tres delincuentes detenidos por ataques sexuales seriales en la Región Metropolitana de Santiago de Chile, entre los años 2010 - 2019.

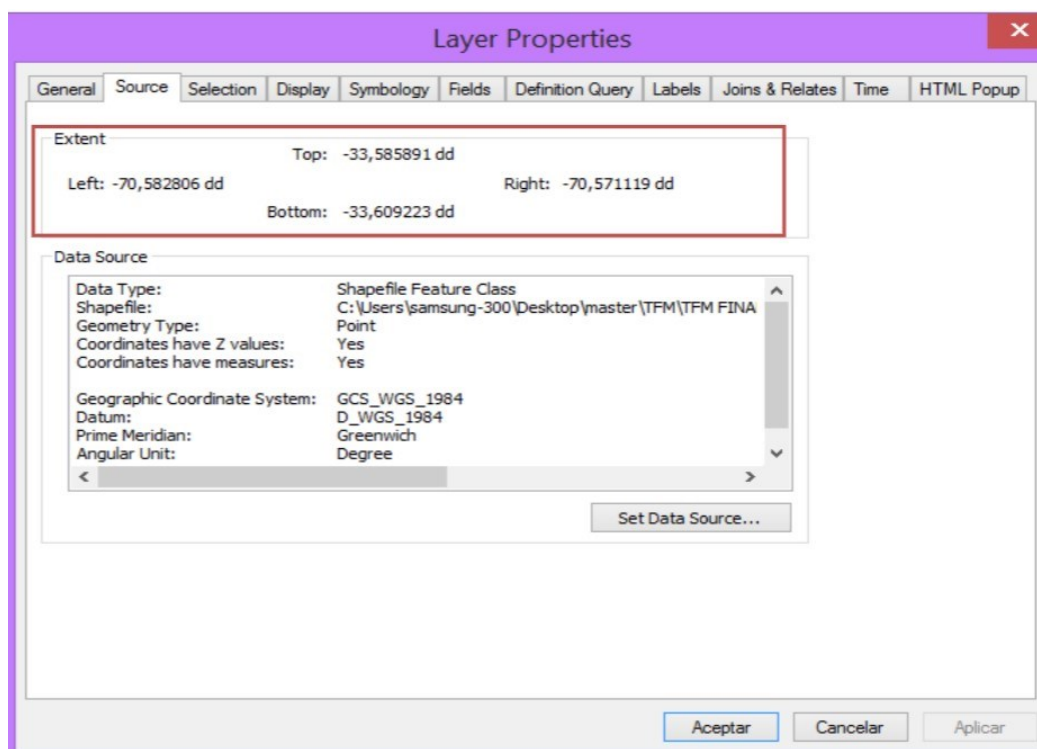


Figura 5. Layer propiedades de ArcMap.

En la Figura 5, se observa la proyección cartográfica de la cobertura Shapefile y las coordenadas de los vértices de la zona de estudio (*top, botton, left, right*), los que más tarde en CrimeStat III serán utilizados para generar la grilla que contiene todos los delitos del caso.

En la Figura 6, se muestra la interface del programa CrimeStat III, el comando Data Setup, en Select Files, se debe ingresar el archivo Dbase, que proviene del Shapefile, que contiene los delitos seriales, luego se deben agregar las coordenadas X e Y.

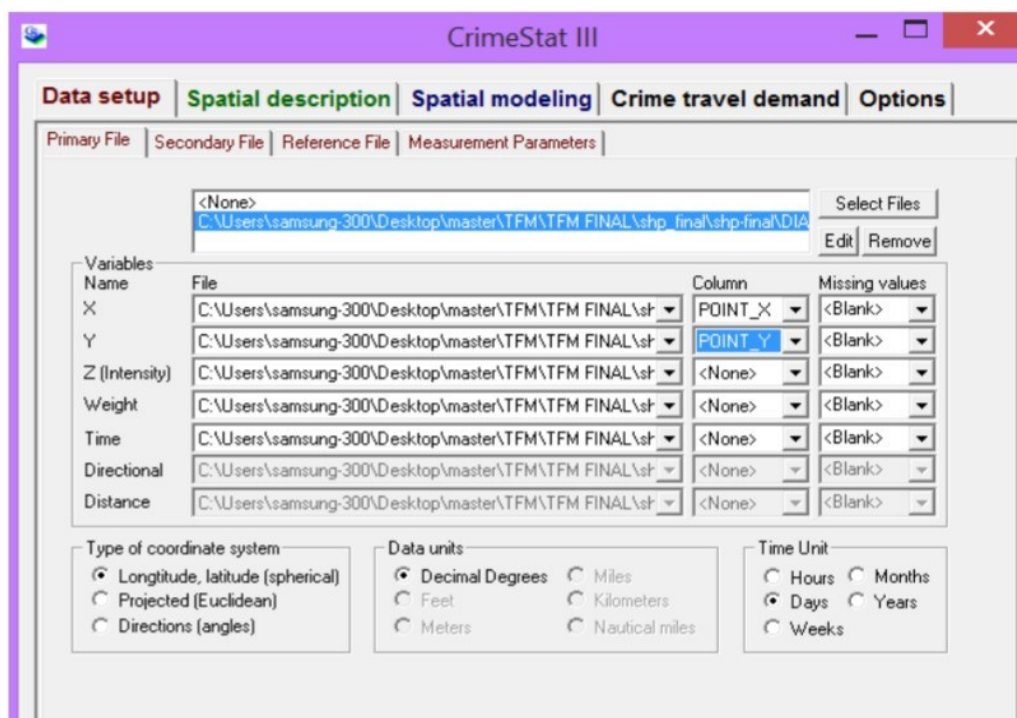


Figura 6. Visualización de Data Setup (CrimeStat III).

En la [Figura 7](#), se aprecia el ingreso (Reference File) de los vértices de zona para crear la grilla ráster que permite generar un rectángulo que, en menor área, contenga todos los puntos del conjunto, dichos datos se obtienen de ArcMap en propiedades de layers.

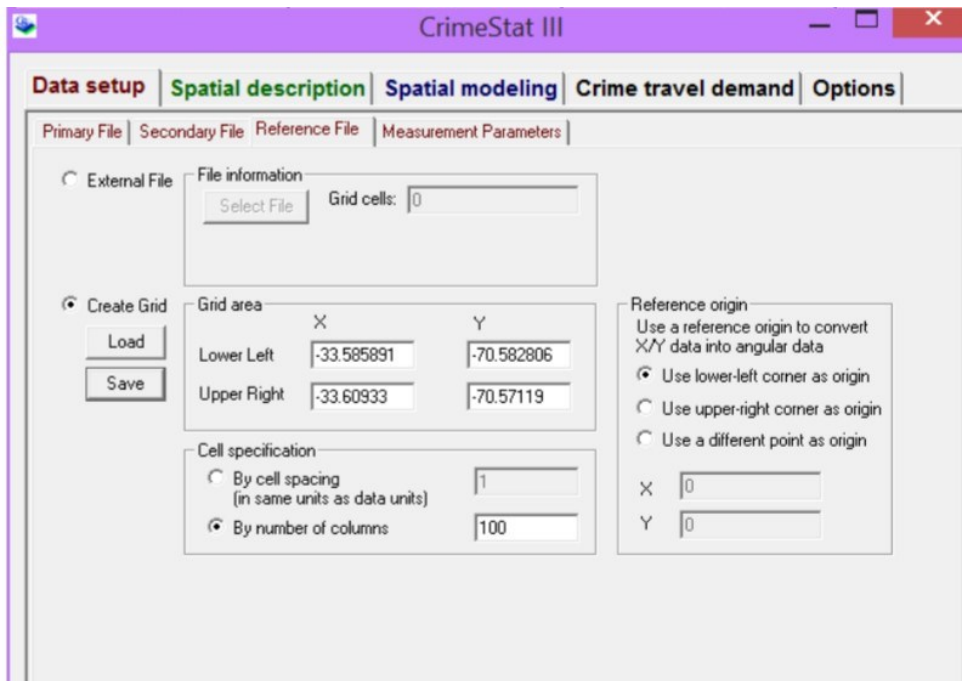


Figura 7. Visualización de Reference File (CrimeStat III).

En la [Figura 8](#), se muestra CrimeSat III, el módulo Spatial Modeling y su aplicación Journey to Crime. El sistema permite utilizar diferentes fórmulas matemáticas, que se relacionan a diversas distribuciones espaciales (Linear Distribution, Negative Exponential, Normal Distribution, Truncated Negative y Lognormal Distribution).

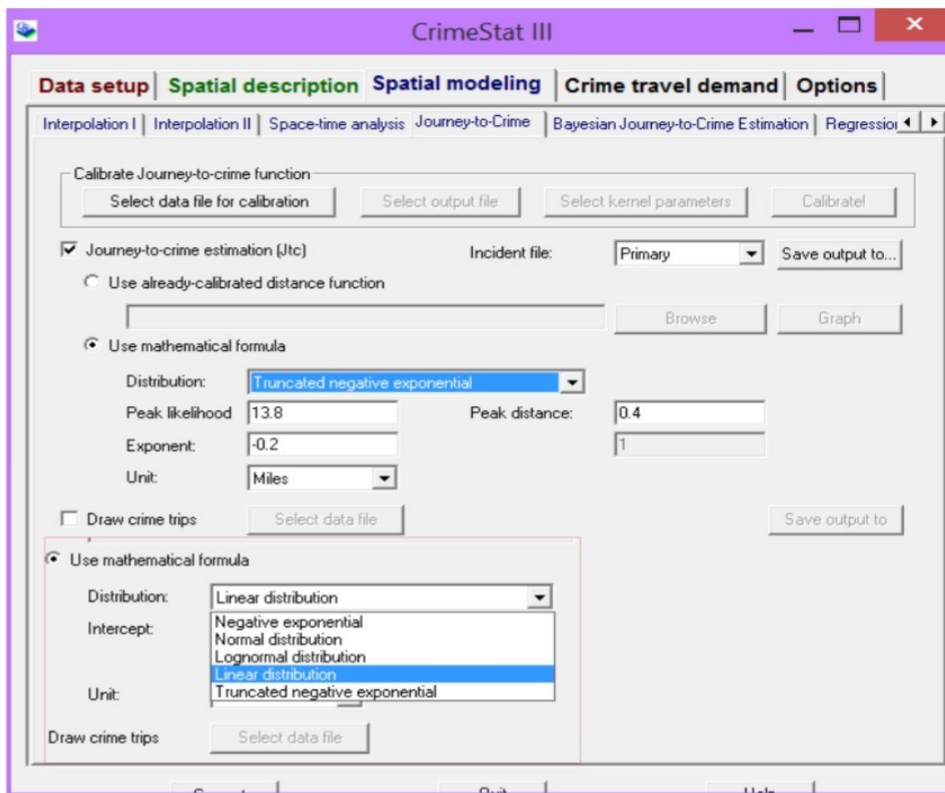


Figura 8. Visualización de Journey to Crime, y las cinco mathematical formula (CrimeStat III).

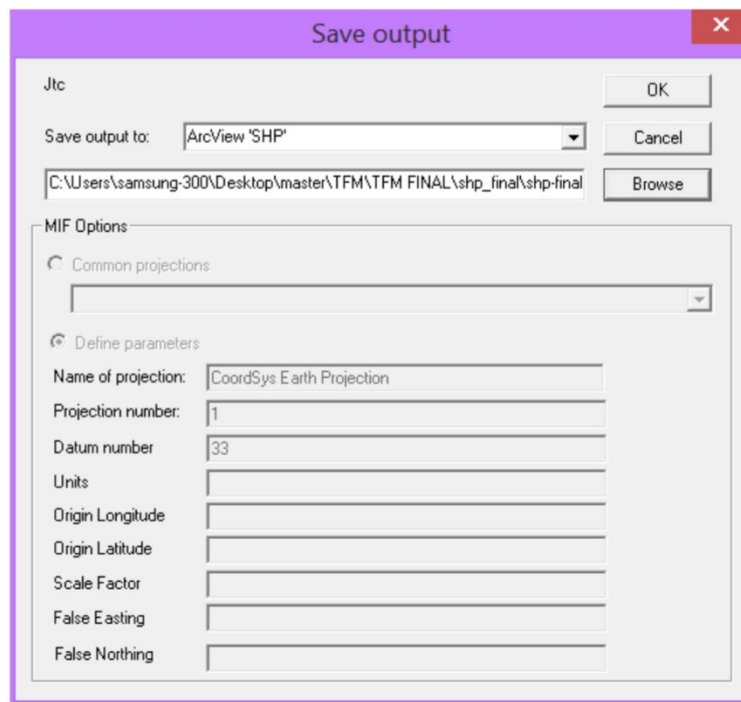


Figura 9. Visualización módulo Save Output (CrimeStat III).

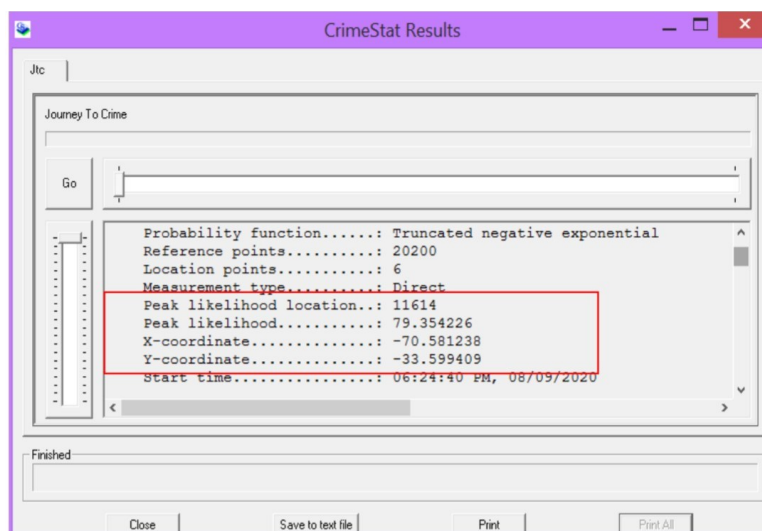


Figura 10. Visualización módulo Results (CrimeStat III).

En la Figura 11 se observa el módulo de ArcMap, donde ya se encuentran desplegados todos los Shapefile de las 5 funciones calculadas con CrimeStat III.

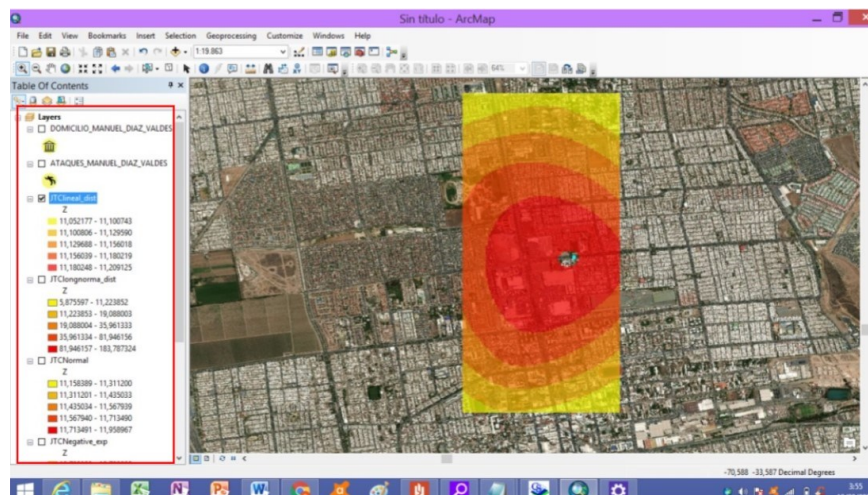


Figura 11. Visualización Shapefile 5 funciones (ArcMap).

RESULTADOS

Caso N° 1 MDV

Corresponde a un hombre de 40 años, sin oficio estable, escolaridad primaria, soltero, vive en una comuna del sector sur de Santiago de Chile. Esta persona tiene un historial delictual asociado a delitos contra la propiedad. De acuerdo con la información contenida en los partes policiales sus víctimas han sido mujeres jóvenes las cuales se desplazan a pie hasta sus domicilios, especialmente desde avenidas principales o salidas de estaciones de Metro. Las víctimas fueron abordadas en la calle y a través de la intimidación con un arma blanca, son subidas al vehículo del anti-social, recostándolas sobre el asiento trasero del automóvil, para ser llevadas a un sitio eriazo o descampado, quizás cerca de río Maipo, el que resultó estar cercano a su domicilio. Después de un corto intercambio de palabras procede a violarlas y les roba sus pertenencias, para luego abandonarlas cerca del mismo lugar donde fueron abordadas. En total, esta persona participó en 6 delitos diferentes según los registros de partes policiales de Carabineros de Chile, que se muestran en la [Tabla 1](#).

Tabla 1. Antecedentes de los delitos cometidos por MDV.

Víctima	Género	Día	Hora	Delito	Lugar abordaje	Lugar ataque	Point X	Point Y
MJNV	F	17.10.2017	23:15	Robo secuestro frustrado	Tocornal, frente Liceo Industrial	Sitio eriazo	-70,58007	-33,60922
CART	F	16.10.2017	22:40	Robo con violación	Calle Nonato Co	Sitio eriazo	-70,57598	-33,58589
ARAS	F	13.09.2017	22:00	Robo con violación	San Carlos / Pedro Montt	Sitio eriazo	-70,57454	-33,59785
BSPA	F	14.09.2017	23:45	Robo con violación	Domingo Sta. María /González Videla	Sitio eriazo	-70,57112	-33,59859
TPCS	F	26.09.2017	23:00	Secuestro frustrado	Calle Coquimbo esquina Los Robles	Vía pública	-70,58281	-33,59030
MCMP	F	09.10.2017	21:40	Robo con violación	Calle Teniente Bello	Sitio eriazo	-70,57897	-33,60509

Función Distribución Lineal

La [Figura 12](#) muestra los lugares donde MDV abordó a sus víctimas, mientras que la zona roja indica los lugares de mayor probabilidad del domicilio o base de operaciones del sospechoso de acuerdo con la función de distribución Lineal. El punto color calipso indica el punto *Peak* que es lugar de mayor probabilidad de su domicilio o base. En el caso de la [Figura 13](#), se aprecia como desde el punto *Peak*, hasta el domicilio de MDV hay una distancia de 2,9 kilómetros.

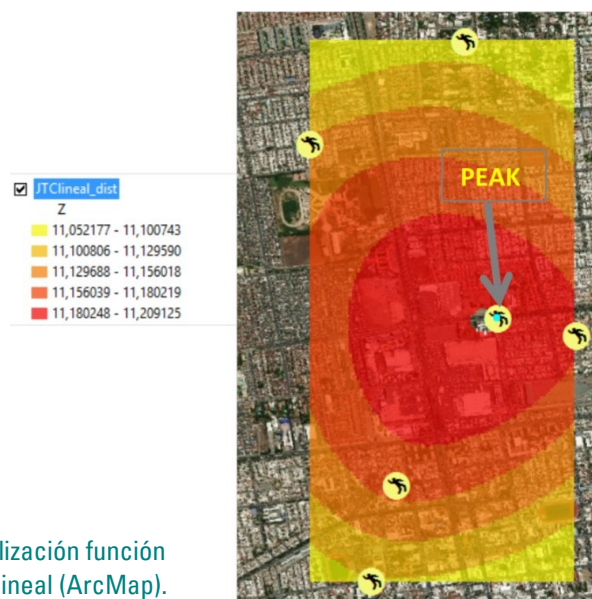


Figura 12. Visualización función de distribución lineal (ArcMap).

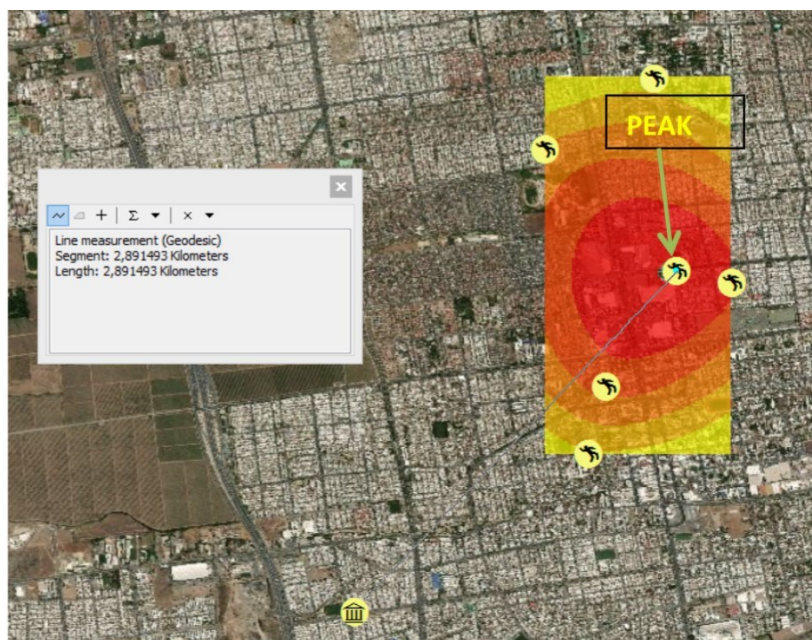


Figura 13. Medición zona *Peak*.

Función Distribución Lognormal

En la Figura 14, se muestra que el área de color rojo más intenso representa la mayor probabilidad del domicilio o base de operaciones del agresor, de acuerdo con la función de distribución lognormal. La diferencia entre el punto *Peak* y la distancia hacia el domicilio de MDV, es de 2,1 kilómetros de distancia.

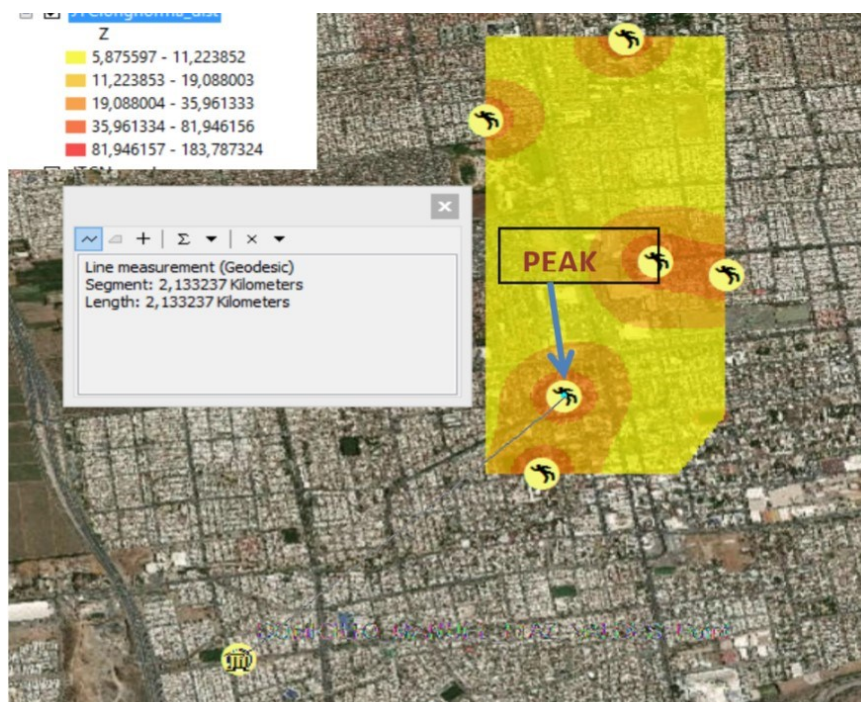


Figura 14. Medición zona *Peak*.

Función Distribución Negativa Exponencial

En la Figura 15, se muestra en color rojo más intenso el área con mayor probabilidad de encontrar el domicilio o base de operaciones del agresor, de acuerdo con la función de distribución negativa exponencial. El punto *Peak* está a una distancia de 2,9 kilómetros del domicilio de MDV.



Figura 15. Medición zona *Peak*.

Función Distribución *Truncated* Negativa Exponencial

La Figura 16 muestra que las áreas de color rojo más intenso (mayor probabilidad del domicilio o base de operaciones del agresor), de acuerdo con la función de distribución negativa exponencial. El punto *Peak* se ubica a una distancia de 2,4 kilómetros del domicilio de MDV.

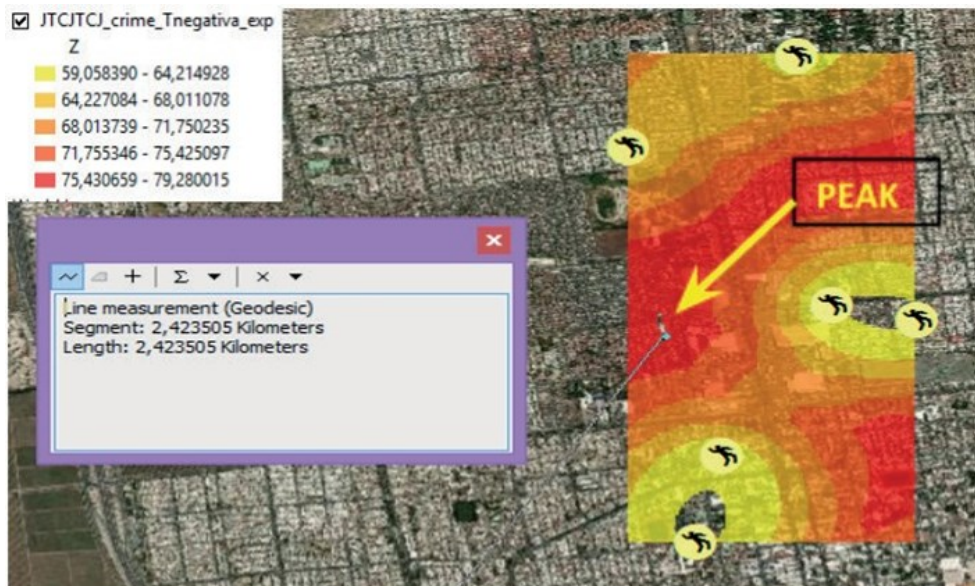


Figura 16. Medición zona *Peak*.

Círculo de Canter y zona de seguridad

Con las herramientas del programa ArcMap se aprecia que en [Figura 17](#), se trazó el diámetro de una circunferencia, donde dentro del círculo deben estar contenidos los delitos, debiendo existir en el centro del círculo la mayor probabilidad de estar el domicilio o base de operaciones, que en este caso se explica más bien por la zona de seguridad del delincuente que corresponde a 1700 metros.

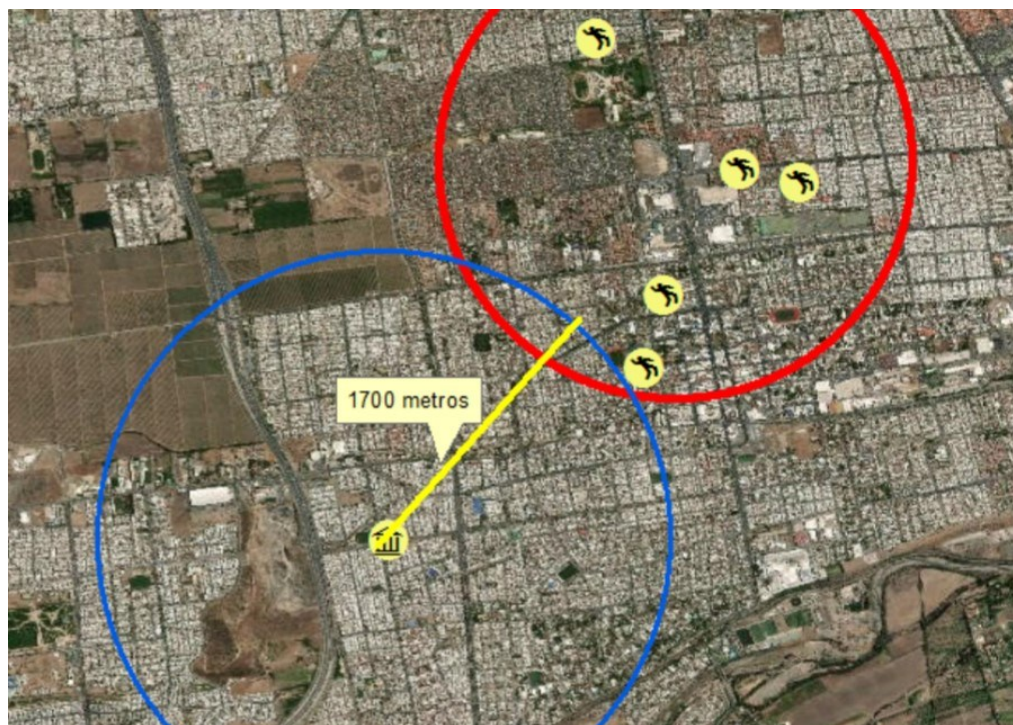


Figura 17. Círculo de Canter y zona de seguridad.

CASO N° 2 MSM

Corresponde a un hombre de 26 años, sin oficio estable, escolaridad primaria, soltero, su domicilio está en el sector sur poniente de Santiago, pero acostumbra a pasar varios días y noches en el Parque San Borja ubicado en centro de Santiago. En su historial delictual existen delitos sexuales y contra la propiedad ([Tabla 2](#)). Sus víctimas son mujeres jóvenes o menores (escolares) que por lo general se encuentran acompañadas de sus parejas en el entorno de plazas o parques en actividades recreativas (conversando sentados en pasto). Las víctimas son intimidadas con un arma blanca, para obligarlas a ocultarse detrás de algunos arbustos, procediendo así a robar celulares y luego a través de amenazas obligar a las mujeres a practicarle sexo oral.

Tabla 2. Antecedentes de los delitos cometidos por MSM.

Víctima	Género	Día	Hora	Delito	Lugar de Abordaje	Lugar Ataque	Point X	Point Y
NATIC	M	05-03-2019	22:20	Robo con intimidación	Vía pública	Las Claras / María Luisa Santander	-70,63147	-33,43961
BOPR	M	13-02-2019	19:00	Robo con intimidación	Vía pública	Av. España / Grajales	-70,69948	-33,45265
EPB	F	15-02-2019	16:30	Robo Exibi. C/ Material pornografía	Vía pública	Av. Pocuro / Pedro de Valdivia	-70,60806	-33,43626
AFVC/ MJGC	F/M	03-02-2019	18:00	Robo con violación	Plaza Ext. Metro Salvador	Av. Providencia / Av. Salvador	-70,62646	-33,43371
BMGS/ JSM	F/M	01-02-2019	15:00	Abuso sexual mayor de 14 años	Vía pública	José Miguel Carrera / Alameda	-70,65384	-33,44722
MSVA/ CCVC	F/F	31-01-2019	20:15	Robo con intimidación	Parque Balmaceda	Andrés Bello / Puente R. Acamalac	-70,6288	-33,43504
CAFM/ WJAC	F/M	25-01-2019	17:00	Robo con violación	Exterior Parque O'Higgins	Av. Matta / Av. Viel	-70,65742	-33,4505



Función Distribución Lineal

La **Figura 18** muestra los lugares donde fueron abordadas las víctimas por parte de MSM. El color rojo más intenso muestra las zonas con mayor probabilidad de albergar el domicilio o base de operaciones del agresor, en base a la función de distribución Lineal. El círculo color calipso corresponde al punto *Peak*, que se ubica a 613 metros del domicilio de MSM (Parque San Borja).

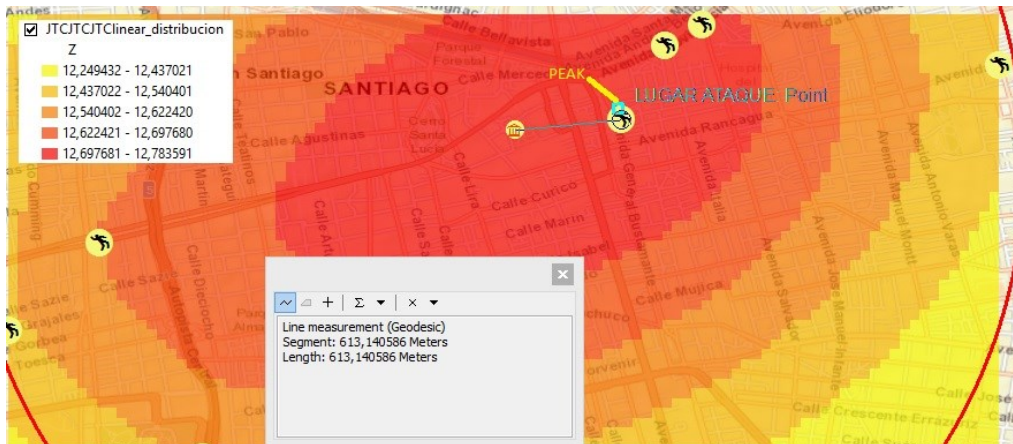


Figura 18. Medición zona *Peak*.

Función Distribución Lognormal.

En base a la función de distribución lognormal en la **Figura 19**, se observa que la zona de color rojo más intenso demuestra la mayor probabilidad del domicilio o su base de operaciones. La distancia desde el punto *Peak* hasta el punto de anclaje correspondió a 1000 metros de distancia.

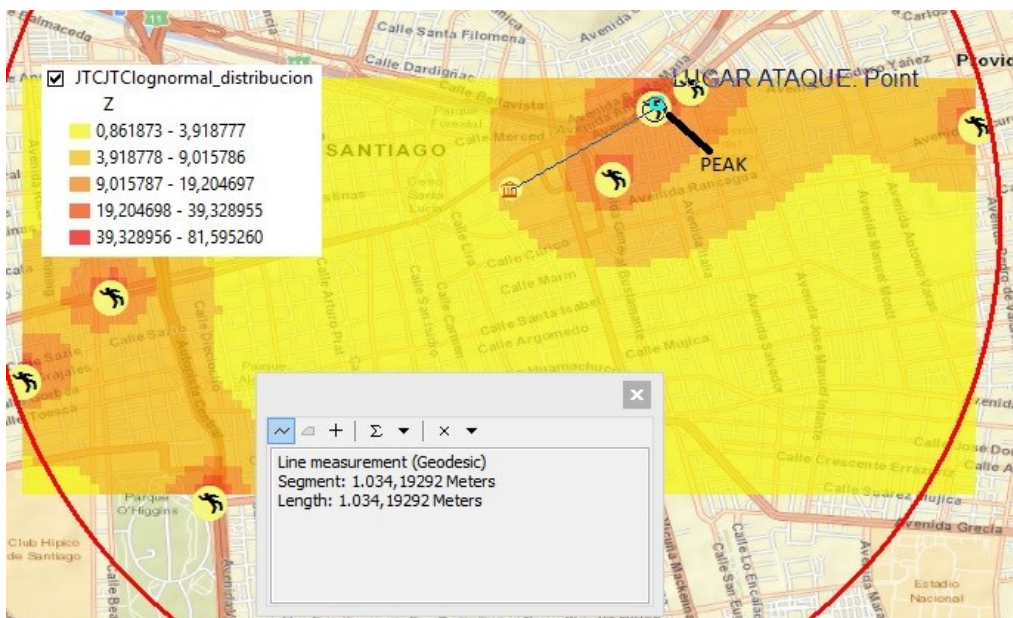


Figura 19. Medición zona *Peak*.



Función Distribución Normal

En la **Figura 20**, el color rojo más intenso representa el área con mayor probabilidad de albergar el domicilio o su base de operaciones, de acuerdo con la función de distribución normal. El cálculo del punto *Peak* hasta la base de operaciones de MSM arrojó 3400 metros de distancia.

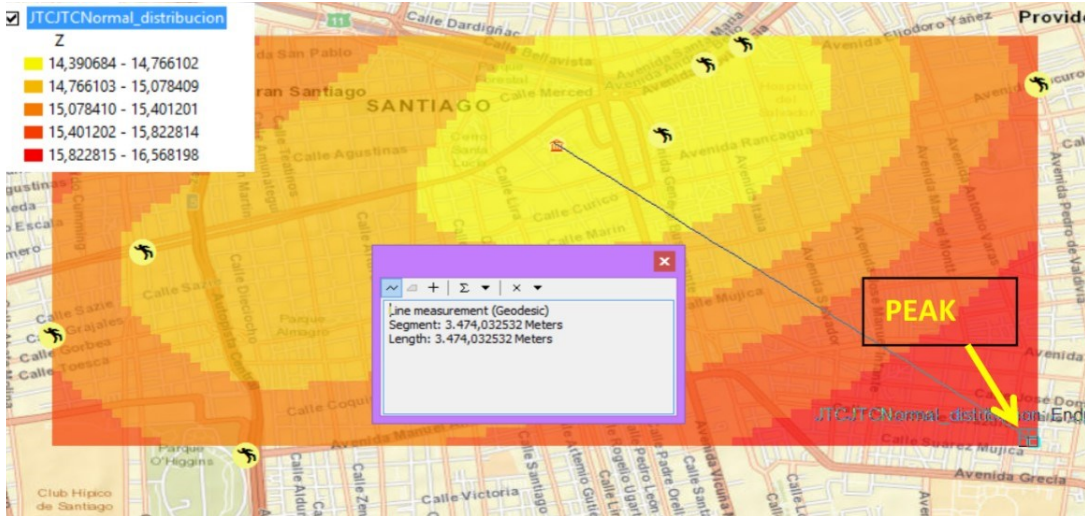


Figura 20. Medición zona.

Función Distribución Negativa Exponencial

En la **Figura 21**, las áreas color rojo más intenso muestran la zona donde es mayor probabilidad de encontrar el domicilio o la base de operaciones del agresor, de acuerdo con la función de distribución negativa exponencial. El cálculo del punto *Peak*

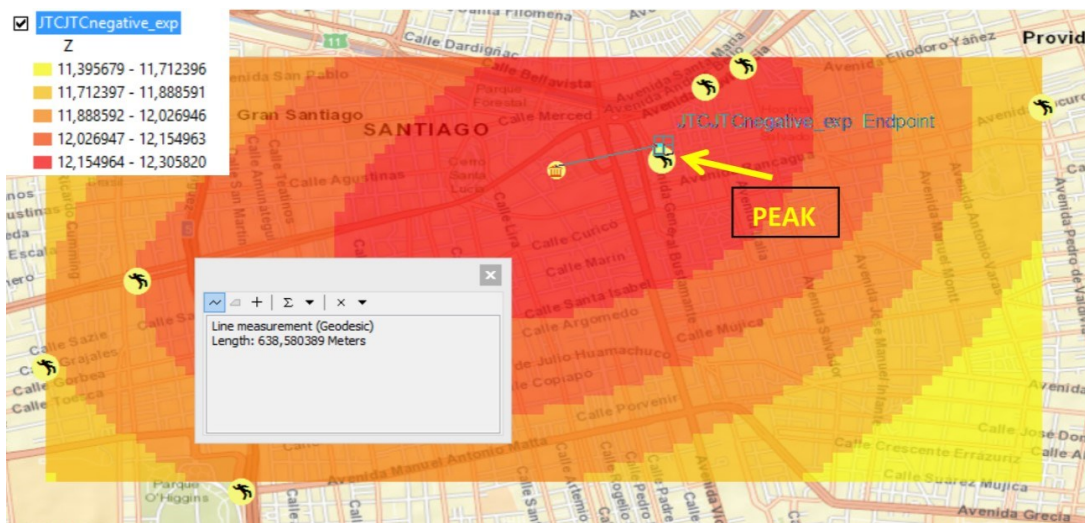
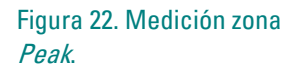


Figura 21. Medición zona *Peak*.

En la [Figura 22](#), se muestra en rojo más intenso la zona de ubicación más probable del domicilio o base de operaciones, de acuerdo con la función de distribución negativa exponencial. El cálculo del punto *Peak* se ubicó a una distancia de 98 metros de la base de operaciones.



Con las herramientas del programa ArcMap, se trazó el diámetro de una circunferencia, que permite incluir dentro del círculo todos los delitos, alcanzando al centro del círculo la mayor probabilidad de estar el domicilio o base de operaciones del agresor. En este caso la zona de seguridad del agresor fue de 600 metros (Figura 23).





Caso N° 3 SOG

Corresponde a un hombre de 32 años de edad, sin oficio estable, escolaridad primaria, soltero sin hijos, vive en casas de acogida del Hogar de Cristo (casa para personas en situación de calle) en la zona céntrica de la comuna de Santiago de Chile. En la [Tabla 3](#) se muestra su historial delictual compuesto por delitos contra la propiedad y contra la libertad sexual. Las víctimas son mujeres jóvenes que se encontraban solas al momento del abordaje, sentadas en bancos de plazas o al interior de iglesias. Su estrategia es amenazarlas con un arma blanca o a través de engaños, llevarlas hasta un viejo túnel abandonado donde procede a agredirlas sexualmente de manera muy violenta, dejándolas abandonadas en el mismo lugar.

Víctima	Género	Día	Hora	Delito	Lugar de abordaje	Lugar de ataque	Pont X	Point Y
K.V.C	F	02-11-2016	11:40	Robo con violación	Mall Estación Central	Túnel aband. de Tren	-70,68311	-33,45220
M.P.P	F	01-10-2016	10:30	Robo con violación	Frente Estación Tren Central	Túnel aband. de Tren	-70,67748	-33,45053
Y.C.M	F	11-10-2016	16:40	Robo con violación	Interior Gruta Lourdes	Túnel aband. de Tren	-70,68540	-33,43801
D.R.R	F	04-04-2016	17:00	Robo con violación	Interior Catedral	Túnel aband. de Tren	-70,65118	-33,43802
C.D.C	F	24-03-2016	21:30	Robo con violación	Interior Restaurant	Túnel aband. de Tren	-70,64965	-33,47333
M.A.Y	F	23-03-2016	17:30	Robo con violación	Estación Central	Túnel aband. de Tren	-70,68056	-33,45159
C.H.H	F	03-11-2016	12:00	Robo con violación	Cercanía Metro Q. Normal	Túnel aband. de Tren	-70,68006	-33,44000
P.P.C		11-11-2016	12:20	Robo con violación	Parque los Reyes	Túnel aband. de Tren	-70,66868	-33,42845

Tabla 3. Antecedentes de los delitos cometidos por SOG.

La [Figura 24](#) muestra los lugares donde son abordadas las víctimas por parte de SOG. Las zonas rojas corresponden a la mayor probabilidad de ubicación del domicilio o base de operaciones del agresor, de acuerdo con la función de distribución Lineal. El punto color calipso indica el punto *Peak*, que es el lugar de mayor probabilidad de su domicilio, el cual resultó situado a 1755 metros del lugar.

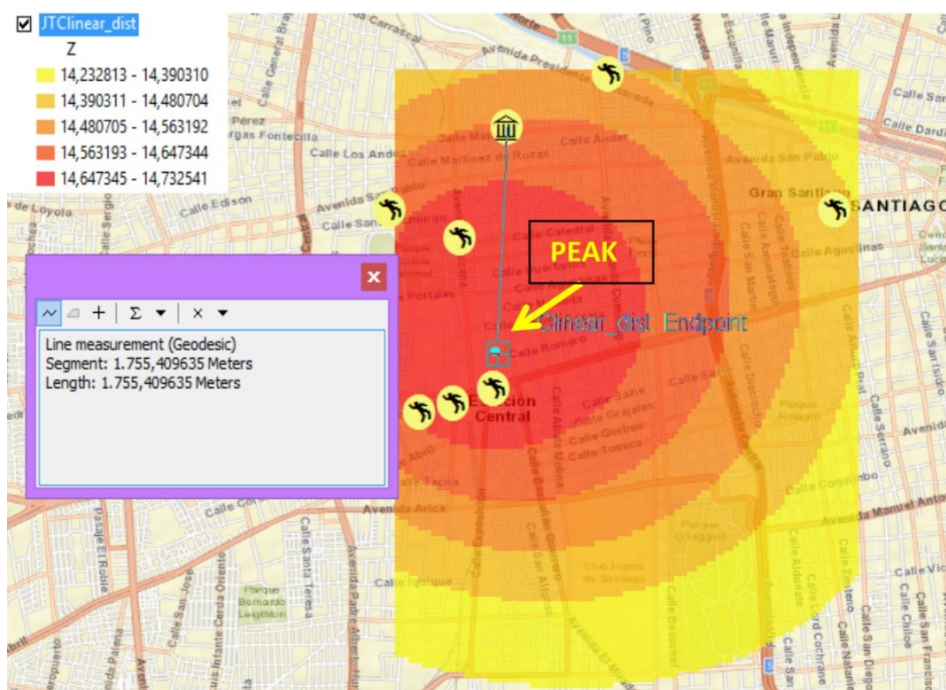


Figura 24. Medición zona *Peak*.

Función Distribución Lognormal

La **Figura 25** muestra el área de color rojo más intenso como la con mayor probabilidad del domicilio o base de operaciones del agresor, de acuerdo con la función de distribución lognormal. La distancia desde el punto *Peak* hasta el domicilio de SOG fue de 2100 metros.

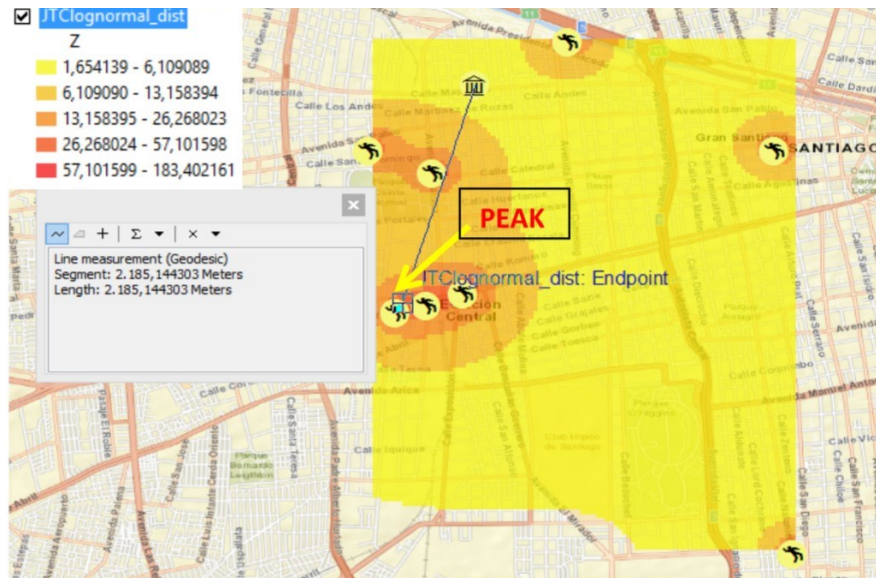


Figura 25. Medición zona *Peak*.

Función Distribución Normal

En la **Figura 26**, se muestra que el área de color rojo más intenso representa la zona con mayor probabilidad de albergar el domicilio o base de operaciones del agresor, de acuerdo con la función de distribución normal. Desde el punto *Peak* al domicilio de SOG, hay 5100 metros de distancia.

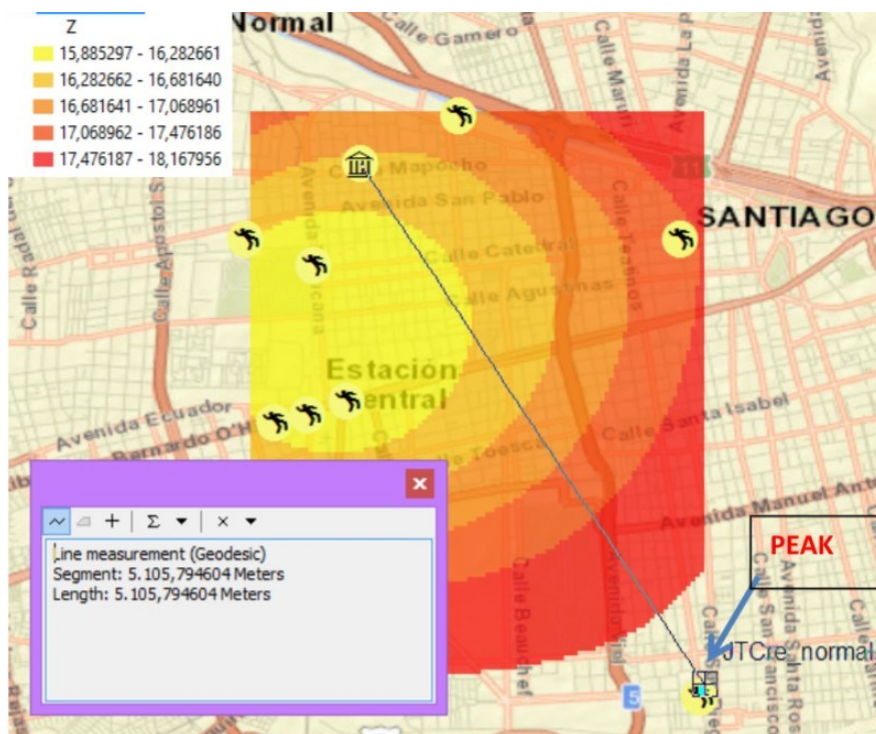


Figura 26 Medición zona *Peak*.

Función Distribución Negativa Exponencial

La **Figura 27** muestra en color rojo más intenso la mayor probabilidad del domicilio o base de operaciones del agresor, de acuerdo con la función de distribución negativa exponencial. Del punto *Peak* hasta el domicilio de SOG hay 1.800 metros de distancia.

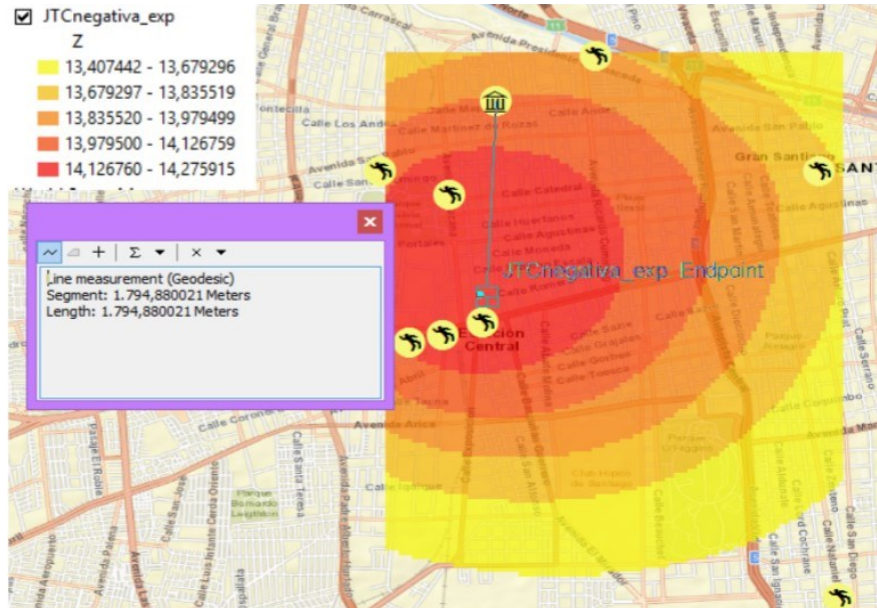


Figura 27. Medición zona *Peak*.

Función Distribución *Truncated* Negativa Exponencial

En la **Figura 28**, se observan las áreas de color rojo más intenso que representan la mayor probabilidad del domicilio o base de operaciones del agresor, de acuerdo con la función de distribución negativa exponencial. Desde el punto *Peak*, hay 1300 metros hasta el domicilio de SOG.

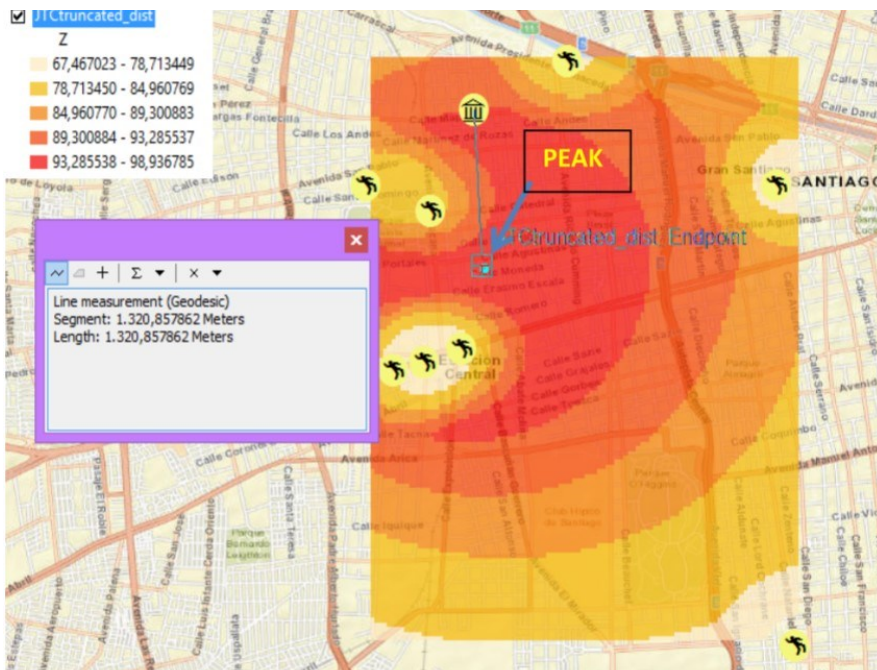


Figura 28. Medición zona *Peak*.

Círculo de Canter y zona de seguridad

Con las herramientas del programa ArcMap, se traza el diámetro de una circunferencia, donde dentro del círculo deben estar contenidos los delitos, debiendo existir en el centro del círculo la mayor probabilidad de estar el domicilio o base de operaciones, además se mide la zona de seguridad del delincuente que corresponde a 830 metros (Figura 29).

La estrategia de perfilamiento geográfico delictual consiste en el cálculo de la distancia de probabilidades, al domicilio o base del delincuente, en este caso arrojó los siguientes resultados, correspondientes a las distancias en metros y la adjudicación de la tipología según la clasificación de Canter (Canter & Laskin, 1993) (Tablas 4 y 5).



Figura 29. Círculo de Canter y zona de seguridad.

MDV		
FUNCIÓN	DISTANCIA DE ERROR AL DOMICILIO O BASE	TIPO DE DELINCUENTE
Lineal	2.900 metros	Viajero
Lognormal	2.100 metros	
Normal	4.200 metros	
Negativa exponencial	2.900 metros	
Truncated neg. exponencial	2.400 metros	
MSM		
FUNCIÓN	DISTANCIA DE ERROR AL DOMICILIO O BASE	TIPO DE DELINCUENTE
Lineal	613 metros	Merodeador
Lognormal	1.000 metros	
Normal	3.400 metros	
Negativa exponencial	638 metros	
Truncated neg. exponencial	98 metros	
SOG		
FUNCIÓN	DISTANCIA DE ERROR AL DOMICILIO O BASE	TIPO DE DELINCUENTE
Lineal	1.750 metros	Merodeador
Lognormal	2.100 metros	
Normal	5.100 metros	
Negativa exponencial	1.800 metros	
Truncated neg. exponencial	1.300 metros	
MÉTODO	DISTANCIA A ZONA SEGURIDAD	TIPO DE DELINCUENTE
Medición directa MDV	1700 metros	Viajero
Medición directa MSM	600 metros	Merodeador
Medición directa SOG	830 metros	Merodeador

Tabla 4. Error de distancias tipo de delincuente, según Canter.

Tabla 5. Distancia zona de seguridad.

MDV corresponde a un delincuente “Viajero”, ya que su domicilio no se encuentra al interior del Círculo Canter, con respecto a la zona de seguridad o buffer es de 1700 metros, que es la distancia entre su domicilio y su víctima más cerca, la cual está en dirección noreste. Con respecto a las funciones utilizadas en CrimeStat III, el error de distancia entre el punto *Peak* y el domicilio de MDV, para la función normal, es 4200 metros y la menor distancia 2100 metros.

De acuerdo con lo observado en la [Figura 17](#), MDV es un delincuente viajero, lo que se puede generar por variables espaciales o psicológica (Canter, 1996; Canter & Gregory, 1994; Canter & Larkin, 1993). Las espaciales podrían estar relacionadas con que el domicilio de MDV se encuentra limitado por el costado sur por un río (el Maipo) y por el poniente con la una autopista de alta velocidad (Enlace Sur), dichas limitantes le hacen orientar su conducta criminal espacialmente hacia una dirección noroeste. Desde el punto de vista psicológico, su mapa mental podría relacionarse con la necesidad de satisfacer su fantasía a través de ese *modus operandi*, ya que siempre lo hacía en vehículo y sus víctimas siempre eran abordadas en calles principales o cerca de estaciones de metro, lo que requiere de un desplazamiento de un sector a otro, en búsqueda de las condiciones que no existen cerca de su domicilio.

La base de operaciones de MSM se encuentra en el Parque San Borja, ubicado en centro cívico de la comuna de Santiago, conforme con los reportes policiales él pasa gran parte de su tiempo en ese parque, incluso pernocta durante la noche en el lugar. Es un delincuente “Merodeador” ya que su base de operaciones se encuentra dentro del círculo de Canter, su zona de seguridad para operar es 600 metros hasta su víctima más cercana, con respecto al error de distancia desde la zona base de operaciones, la más cercana es 98 metros con la función *truncated* negativa exponencial y la más alejada 3400 metros. De acuerdo con la ubicación de los lugares donde fueron atacadas las víctimas, estas se encuentran cerca de parques que están colindantes a avenidas principales.

En el caso de SOG su domicilio es una casa de acogida para personas en situación de calle, de la fundación Hogar de Cristo, la que se ubica en un sector antiguo y popular de la ciudad de Santiago, su zona de seguridad para operar es de 830 metros, el error de distancias en su mínimo es de 1300 metros con la función *truncated* negativa exponencial y la mayor de distancia con 5100 metros calculada con la función normal.

DISCUSIÓN

A partir de los tres casos estudiados se pueden establecer las diferencias de distancias entre las zonas de mayor probabilidad del domicilio o base de operaciones y el lugar donde se producen los ataques, los que varían dependiendo del tipo de delincuente. El agresor tipo “Viajero”, realiza desplazamientos más largos para cometer sus ataques sexuales, por lo que crea una zona de seguridad más amplia, en cambio los delincuentes “Merodeadores” tienen zonas de seguridad más reducidas, esto es coherente con lo descrito por Canter (1994) y luego por Felson y Clarke (1998), al diferenciar delincuentes “Propios” y “Extraños”.

En el caso de MDV (Viajero), quien desarrolló sus ataques entre los límites geográficos del río Maipo y la Autopista de acceso sur a Santiago, llevan a que la dirección del desplazamiento (noreste) del delincuente, pueda ser influenciada por esos límites, como lo indican Rossmo y Summer (2015), sobre los aspectos de importancia que hay que considerar al momento de desarrollar un geoperfil.

Uno de los problemas detectados en el caso de un delincuente “Viajero” (MDV), es cómo realizar su perfilamiento, ya que las funciones desarrolladas en CrimeStat, no permiten establecer una probabilidad razonable del domicilio o base de operaciones del delincuente, esto es coincidente con lo descrito por Canter (1994), donde indica la complejidad del perfil para los delincuentes

“Viajeros”. En cambio, para los casos de delincuentes “Merodeadores”, esta probabilidad es mucho más alta, llegando el caso de MSM a 98 metros en su error de distancia.

Cada caso es analizado con la información de la identificación y domicilio del delincuente, esto permite la aplicación de la técnica del perfilamiento geográfico, constando su eficiencia y utilidad en la investigación de este tipo de hechos (Brantingham & Brantingham, 1993; 1995; Canter, 1994; Felson & Clarke, 1998).

El perfilamiento geográfico delictual permite a la policía reducir las zonas de búsquedas de un sospechoso; por ejemplo, con la aplicación del Círculo de Canter es posible conocer el área de la superficie para buscar al victimario. Las funciones de CrimeStat permiten ubicar el lugar de mayor probabilidad de ocurrencia de delitos desde el domicilio, lo que sumado a la presencia de nuevas tecnologías, por ejemplo, el masivo incremento de las videocámaras de seguridad para el control del tránsito y la seguridad tanto privadas como públicas, permiten identificar los movimientos asociados a posibles sospechosos, especialmente al considerar la utilización de reconocimiento facial, empadronamiento de testigos y la georreferenciación de telefonía celular (Brantingham y Brantingham, 1993; 1995; Canter, 1994; Pumain & Saint-Julien, 2010; Rossmo & Summers, 2015).

Entre las futuras líneas de estudio destaca la necesidad de utilizar estos procedimientos en casos de investigaciones prospectivas, dado que en este caso la recolección de información retrospectiva de los tres casos analizados demuestra el potencial de este tipo de estrategia investigativa tiene para la investigación de casos de criminales seriales.

REFERENCIAS

- Albertín, P., M. A. Soria, & D. Saíz (2005). *Psicología Criminal*. Madrid: Pearson, Prentice Hall.
- Andresen, M.A., R. Frank, & M. Felson (2014). Age and the distance to crime. *Criminology & Criminal Justice*, 14(3), 314 - 333.
- Bernasco, W. (2014). *Crime Journeys: Patterns of Offender Mobility*. In M. Tonry (Ed.), *Oxford Handbooks Online in Criminology and Criminal Justice* (Oxford Handbooks Online). Oxford, UK: Oxford University press.
- Brantingham, P.L., & P.J. Brantingham (1995). Criminality of place. *European Journal on Criminal Policy and Research*, 3, 5-26.
- Brantingham, P.L., & P.J. Brantingham (1993). Nodes, paths and edges: considerations on the complexity of crime and the physical environment. *Journal of Environmental Psychology*, 13(1), 3-28.
- Cadwallader, M.T. (1976). Cognitive distance in intraurban space. In G. T. Moore & R. G. Golledge, Eds., *Environmental Knowing*. Stroudsburg, PA: Dowden, Hutchinson & Ross, pp. 316-324.
- Canter, D. (1994). *Criminal shadows: Inside the Mind of the Serial Killer*. London: Harper Collins.
- Canter, D., & P. Larkin (1993). The environmental range of serial rapists. *Journal of Environmental Psychology*, 13(1), 63-69.
- Canter, D., & A. Gregory (1994). Identifying the residential location of rapists. *Journal of the Forensic Science Society*, 34(3), 169- 175.
- Canter, D. (1996). *The Environmental Range of Serial Rapists*. In: *Psychology in Action*. Dartmouth Benchmark Series. Hantshire: Dartmouth Publishing Company.
- Capone, D.L., & W.W. Nichols Jr. (1976). Urban structure and criminal mobility. *American Behavioral Scientist*, 20(2), 199-213.
- Clarke, R.V.G., & M. Felson (1993). *Routine activity and rational choice* (Vol. 5). London: Transaction publishers.
- Cohen L. E. & M. Felson (1979). Social change and crime rate trends: A routine Activity approach. *American Sociological Review*, 44, 588-608.

- Cornish, D. B., & Clarke, R. V. (1987). Understanding crime displacement: An application of rational choice theory. *Criminology*, 25(4), 933-948.
- Felson, M., & R. V. Clarke (1998). Opportunity makes the thief. Police research series, paper, 98, 1-36.
- Goodall, B. (1987). The Penguin dictionary of human geography. Harmondsworth, Reino Unido: Penguin.
- Levine, N. (2007). Crime travel demand and bank robberies: Using CrimeStat III to model bank robbery trips. *Social science computer review*, 25(2), 239-258.
- Levine, N. (2014). CrimeStat IV: Part I: Program Overview. Ned Levine & Associates, Houston, TX, and the National Institute of Justice, Washington DC.
- Levine, N., & P. Lee. (2009). Bayesian journey to crime modelling of juvenile and adult offenders by gender in Manchester. *Journal of Investigative Psychology and Offender Profiling*, 6(3), 237-252.
- Pumain D., & T. Saint-Julien (2010). *Analyse Spatiale, Les Interactions*. París, Armand Colin.
- Rengert, G.F., A.R. Piquero, & P.R. Jones (1999). Distance decay reexamined. *Criminology*, 37, 427-446.
- Rossmo, D.K., & L. Summers (2015). Routine Activity Theory in Crime Investigation. In: Andresem M.A., Farrell G. (eds). London: The Criminal Act. Palgrave Macmillan.
- Rossmo, D.K. (2000). Geographic profiling. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Salafranca, D., S. Rodríguez, & J. Mateu (2020). El perfil geográfico: comportamiento y adaptación al medio. *International e-journal of criminal sciences*, 5(15), 1-27.
- Urrea, J. (2003). *Agresor Sexual. Casos Reales. Riesgo de Reincidencia*. Madrid Editorial EOS.
- Vozmediano, L., C. San Juan, & A. Espinosa (2006). Estimación del miedo al delito y escenarios de conducta: un estudio en la CAPV y Perú. *Medio Ambiente, Bienestar Humano y Responsabilidad Ecológica*. Madrid: Editorial Resma.
- Wiles, P., & A. Costello (2000). The 'road to nowhere': the evidence for travelling criminals. Home Office Research Study, 207.

Óscar Figueroa Ulloa

Oficial de Carabineros y cartógrafo de la Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), prestó servicios por 20 años en Carabineros, en el área de la geotecnologías, implementando el uso de sensores remotos y GPS para el control de fronteras, y la implementación del sistema de información geográfica delictual de Carabineros. Fue el iniciador de la incorporación de drones para el ámbito delictual en Carabineros. Prestó servicios en el Departamento de Fronteras de Carabineros, Sección de Información territorial de la Dirección de Inteligencia, Jefe de Departamento de Análisis Criminal y Prefecto de la Prefectura Santiago Occidente.

Durante su carrera realizó estudios en la Gendarmería Francesa en Fontainebleu, Centro internacional de especialización de policías, ONU, en Vicenza, Italia y de perfilamiento Geográfico en la Universidad de California Long Beach. A la fecha, se encuentra estudiando un doctorado en Criminología en la Universidad Miguel Hernández de Elche, España, cuyo objetivo es estudiar los fenómenos criminológicos y su relación con el espacio geográfico.

Es profesor de la cátedra de análisis criminal I y II de la academia de ciencias policiales de Carabineros.

Se sugiere citar:

Figueroa Ulloa, O. (2021). Perfilamiento geográfico de agresores sexuales. Análisis de casos. *Revista Cartógrafo.CL* 1(2), pp. 35 - 58.

Nota: Este artículo fue publicado en: Revista Academia de Ciencias Policiales / Volumen 2, Número 2, Año 2020 / pp. 26-57, Santiago, Chile



Bajo Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional.



Cartógrafo.CL/02-2021



Richard Hernández
Geógrafo, Magíster en
Geografía

Óscar Puerta
Geógrafo, Magíster en
Geografía

Keidy Vergara
Geógrafo

Grupo de Investigación
Geografía y Ambiente

Universidad de Córdoba,
Montería, Colombia



richardhernandezs@correo.unicordoba.edu.co

Islas de Calor Urbanas (ICU) en la ciudad de Montería, Córdoba, 2015 - 2020

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación aborda la temática de Islas de Calor Urbanas (ICU) en la ciudad de Montería, Córdoba, Colombia. Los distintos fenómenos climáticos y meteorológicos presentes en las zonas urbanas han dado lugar a una serie de análisis muy particulares con respecto a la dinámica térmica que se está presentando en muchos territorios a raíz de las malas prácticas en materia de (re)ordenamiento y planificación territorial. Lo anterior parte de la base conceptual del desarrollo sostenible y sustentable que envuelve a sobremanera la organización actual de las zonas urbanas en el mundo, ya que los territorios, en todo su conjunto, están siendo objeto de un acelerado desarrollo que se enfoca más en las banalidades del ser humano que en sus necesidades más básicas. Por consiguiente, se buscó analizar la dinámica espacial de los aspectos involucrados en el creciente fenómeno denominado Islas de Calor Urbana, ICU, con el fin de presentar alternativas que permitan mitigar el acelerado incremento en la temperatura interna de las ciudades y así trabajar en pro del bienestar ciudadano. El trabajo se desarrolló a partir de información secundaria obtenida mediante el procesamiento de imágenes satelitales Landsat 8, (2015 – 2020) y el cálculo del Índice de Temperatura Superficial Terrestre (*Land Surface Temperature*).



INTRODUCCIÓN

La disciplina geográfica se ha enfocado en algo común a través de sus diferentes paradigmas como lo es el interés por la organización espacial, una de las principales categorías de análisis del espacio geográfico. Esta disposición de la geografía por entender la organización de los lugares, se da principalmente con el fin de comprender la relación entre las personas, los objetos y la tierra, bajo una concepción funcionalista del espacio y explicar la forma en que los individuos y las sociedades organizan el territorio para ajustarlo a sus necesidades (Souza, 1992).

Dentro de la ciencia geográfica han aparecido nuevos campos de estudio que nutren directa o indirectamente esta disciplina. Tal es el caso de la geografía urbana, que empezó a ahondar en aspectos más allá de los clásicos estudios de su morfología, organización y actividades económicas, adentrándose así en aspectos más especializados, tales como el confort térmico, el estrés urbano y la imagen de la ciudad.

Para entender algunos de los nuevos aspectos estudiados por la geografía, los geógrafos se han preocupado por entender múltiples interrogantes relacionados con su objeto de estudio, “durante un tiempo, los geógrafos consideraron que la naturaleza constituía la realidad fundamental, y que se tenían que consagrar a su estudio” (Claval, 2002). La geografía humana se interrogaba acerca de la naturaleza y la relación del hombre con su entorno. Posteriormente, al definirse el espacio geográfico como la superficie de la Tierra transformada por el hombre en sociedad, se asume que el objeto de estudio de la ciencia geográfica es el espacio geográfico (Delgado, 2003).

Esencialmente, el componente urbano dentro de la disciplina geográfica ha marcado un fuerte énfasis en el estudio de este tipo de interrogantes. Es por ello que la geografía urbana forma parte de la base científica para varias temáticas, incluidas la planificación, gestión y (re)ordenamiento territorial. Se puede distinguir, quizá entre muchos otros, dos enfoques en el estudio de los problemas urbanos, el primero tiene que ver con la distribución espacial de las ciudades en sí mismas y de las pautas complejas del movimiento, los flujos y las uniones espaciales. Y el segundo, se relaciona con el estudio de variables que juegan un papel importante dentro de la distribución e interacción interna de las ciudades.

El componente urbano juega un papel importante dentro de los estudios locales y regionales, los cuales según Mendoza (2011), permiten entender las lógicas del desarrollo teniendo en cuenta uno de sus elementos de mayor importancia, el territorio. Aspecto trascendental para la comprensión de las dinámicas económicas, políticas y culturales de la sociedad. Por consiguiente, se dice que el desarrollo local o regional se cimienta como un proceso endógeno generado en el territorio de forma global e intersectorial, y que exige la participación activa de la propia población en un proceso apoyado en la acción subsidiaria de las administraciones y de otros agentes externos.

Se puede afirmar que para construir desarrollo local o regional se deben tener en cuenta: la capacidad operativa de los gobiernos locales y regionales, la legitimidad social de las autoridades y la interacción del gobierno con otras instituciones; con el fin de crear mejores escenarios tanto en el momento presente como de manera prospectiva.

Por consiguiente, resulta importante destacar el enfoque geográfico que fundamenta esta investigación, él se enmarcó en la geografía física y humana, particularmente ambiental, urbana y regional, respectivamente. En tal sentido se tuvo en cuenta las temáticas abordadas desde estas subdisciplinas geográficas para tratar algunos conceptos como: ciudad, territorio, planificación, gestión y temperatura superficial terrestre, los cuales se constituyeron en el eje temático de este artículo, es así, como se posibilitó ver más allá de un simple diagnóstico de las potencialidades y debilidades del sistema territorial de la ciudad de Montería, para aportar información que refuerce el ejercicio de planificación y (re)ordenación del espacio, con bases teóricas y conceptuales, desde la perspectiva geográfica, ajustado a la realidad físico-ambiental del territorio.

Dinámica Territorial de la ciudad de Montería

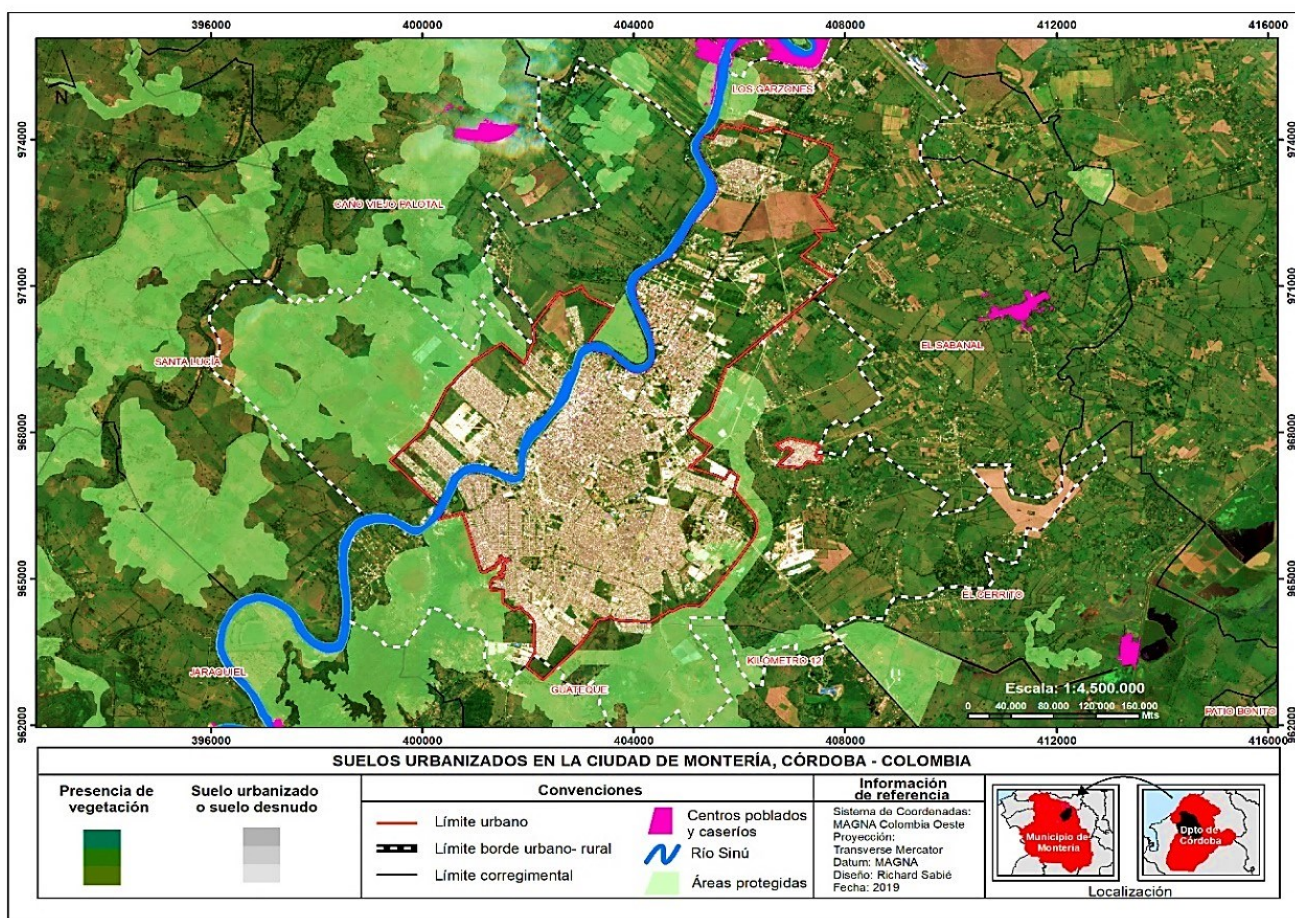
Sin duda el panorama territorial del siglo XXI apunta a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, lo cual debe ser el objetivo de las personas a las que le corresponde gobernar, lo que implica evaluar múltiples aspectos como una vida digna, un entorno saludable, seguridad, salud, educación, y las oportunidades para llevar a cabo su proyecto de vida, entre otros. El elemento condicionante de la cohesión territorial, es generar la suficiente riqueza, para asegurarle “a todos” vivir dignamente.

Desde el punto de vista del geógrafo Joaquín Farinos (2009), en su trabajo, “Cooperación para la cohesión territorial: una interpretación multinivel desde el S.O. europeo”, se deben tener en cuenta dos puntos clave en los estudios territoriales, el primero, lograr el equilibrio de la diversidad a través de la cohesión territorial y el segundo, utilizar dicha diversidad como recurso endógeno para mejorar la competitividad y la prosperidad de los territorios.

Para alcanzar satisfactoriamente un desarrollo territorial que involucre en su mayoría todos los elementos cruciales para la intervención territorial se deben tener en cuenta, por lo menos, tres aspectos fundamentales cuando se habla de cohesión territorial: a) La planificación que consiste en concebir un futuro deseado, así como los medios reales para conseguirlo; b) La prospectiva como esa anticipación para esclarecer la acción, es decir, la visión global, voluntaria y a largo plazo, que se impone para dar sentido a la acción y c) Las estrategias que son el conjunto de reglas de conducta de un actor que le permitan conseguir sus objetivos y su proyecto.

La ciudad de Montería se encuentra en un proceso de evolución constante, en lo que respecta a la planificación y la (re)ordenación de su espacio geográfico, lo cual debe ir de la mano con alternativas de desarrollo territorial que logren integrar todos, o por lo menos la mayoría, de los elementos del sistema territorial.

Figura 1. Ciudad de Montería, Córdoba. Nota: Elaboración propia – Datos Plan de Ordenamiento Territorial POT, Montería 2019 - 2032.



La capital de Córdoba, Montería, presenta condiciones ambientales importantes para el desarrollo de actividades agrícolas y agroindustriales (Ruiz y García, 1951), propicias en la incursión de nuevos modelos de desarrollo integrales, los cuales se han tratado de adoptar en las en las tres últimas décadas como posibles soluciones a numerosos intentos de cambio en las políticas de ordenación del espacio más allá de esquemas estrictos de organización de ciudad que solo obedezcan al crecimiento desmesurado de la malla urbana olvidándose de su zona rural.

Montería, como municipio, alberga 29 corregimientos, más su cabecera urbana. Se caracteriza por ser en su mayoría rural, ya que de las 320461 hectáreas que representa la totalidad de su superficie, 308439 hectáreas corresponden al campo según bases cartográficas del Plan de Ordenamiento Territorial – POT (2010-2018). Sin embargo, aunque este territorio cuente con una gran extensión rural, no se han generado las sinergias suficientes desde el punto de vista de la gestión territorial local para articular el campo y la ciudad; puesto que la intervención al territorio en los últimos gobiernos se ha enfocado en la idea de ciudad expansiva, que incorpora suelos rurales para crecimiento urbano, sin prever que los elementos que configuran las dinámicas sociales, culturales, políticas y económicas impactan ambas esferas.

Por consiguiente, la dinámica expansiva en la que se sitúa la ciudad de Montería, está ocasionando que la aglomeración de población en su casco urbano obligue a la expansión urbana (Figura 1), trayendo consigo la creación de muchos planes parciales y de vivienda con escasas zonas verdes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los resultados obtenidos en esta investigación se realizaron a partir de información secundaria obtenida mediante el cálculo del Índice de Temperatura Superficial Terrestre (*Land Surface Temperature*) por medio de imágenes satelitales Landsat 8, específicamente de los años entre el 2015 y 2020, para los meses de enero. Cabe destacar que para dicho proceso se utilizaron las bandas 4, 5 y 10, rojo del visible, infrarrojo cercano y térmico, respectivamente.

El proceso y las fórmulas utilizadas para el cálculo del LST fue el siguiente:

1.- Índice de Vegetación Normalizado - NDVI

$$NDVI = (Banda\ 5 - Banda\ 4) / (Banda\ 5 + Banda\ 4)$$

Donde la banda 4 es el rojo del espectro visible y la banda 5 es el infrarrojo cercano o NIR.

2.- Top of Atmospheric (radiancia espectral) - TOA

$$TOA = 0.0003342 * Banda\ 10 + 0.1$$

En cuanto al cálculo del TOA, se necesita obtener la radiancia multibanda que se obtiene del metadato de cada imagen, como también la reflectancia.

3.- Brightness Temperature (Temperatura de brillo) - BT

$$BT = 1321.0789 / \ln (774.8853 / TOA + 1) - 273.15$$

Para la temperatura de brillo, se tomaron las constantes K1 y K2 para la banda 10 (Térmica) del metadato de cada imagen.

4.- Proporción de vegetación - PV

$$Pv = \text{Square} (NDVI - NDVI_{\text{mín}} / NDVI_{\text{máx}} - NDVI_{\text{mín}})$$

La proporción de vegetación se obtuvo a través de operaciones matemáticas con los valores máximos y mínimos del NDVI

5.- Emisividad ϵ - E

$$\epsilon = 0.004 * Pv + 0.986$$

Respecto a la emisividad, se obtuvo gracias al cálculo de la proporción de vegetación y el acompañamiento de del valor de corrección de la ecuación.

6.- Índice de Temperatura Superficial Terrestre - LST

$$LST = BT / 1 + TOA * (BT / 14388) * \ln(\epsilon)$$

Finalmente, obtenemos el LST, con la fórmula anterior y apoyado en los resultados de todas las variables descritas en los puntos anteriores.

NDVI	$\text{Float}("B5_2020" - "B4_2020") / \text{Float}("B5_2020" + "B4_2020")$
TOA	$0.0003342 * "B10_2020" + 0.1000$
BT	$(1321.0789 / \ln((774.8853 / "TOA_2020") + 1)) - 273.15$
PV	$\text{Square}((\text{"NDVI_2020"} - 0.252831) / (0.610014 - 0.252831))$
E	$0.004 * PV + 0.986$
LST	$\text{"BT_2020"} / (1 + ("TOA_2020" * \text{"BT_2020"} / 14388) * \ln(\text{"E_2020"}))$

Fórmulas exactas aplicadas dentro de la calculadora ráster en el SIGArc ARCGIS PRO 2.9.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La temperatura superficial terrestre en la ciudad de Montería, oscila entre los 17 °C y los 37 °C, específicamente para el periodo entre 2015 y 2020. Esto, de manera general, puede tener una relación importante con la temperatura ambiente que en ocasiones alcanza los 39 °C y sensaciones térmicas de hasta 45 °C. Lo anterior ocasiona que la demanda de equipos electrónicos de aire acondicionado se eleven, lo cual repercute en el calentamiento de algunas zonas de la ciudad principalmente en la zona centro o comuna 5.

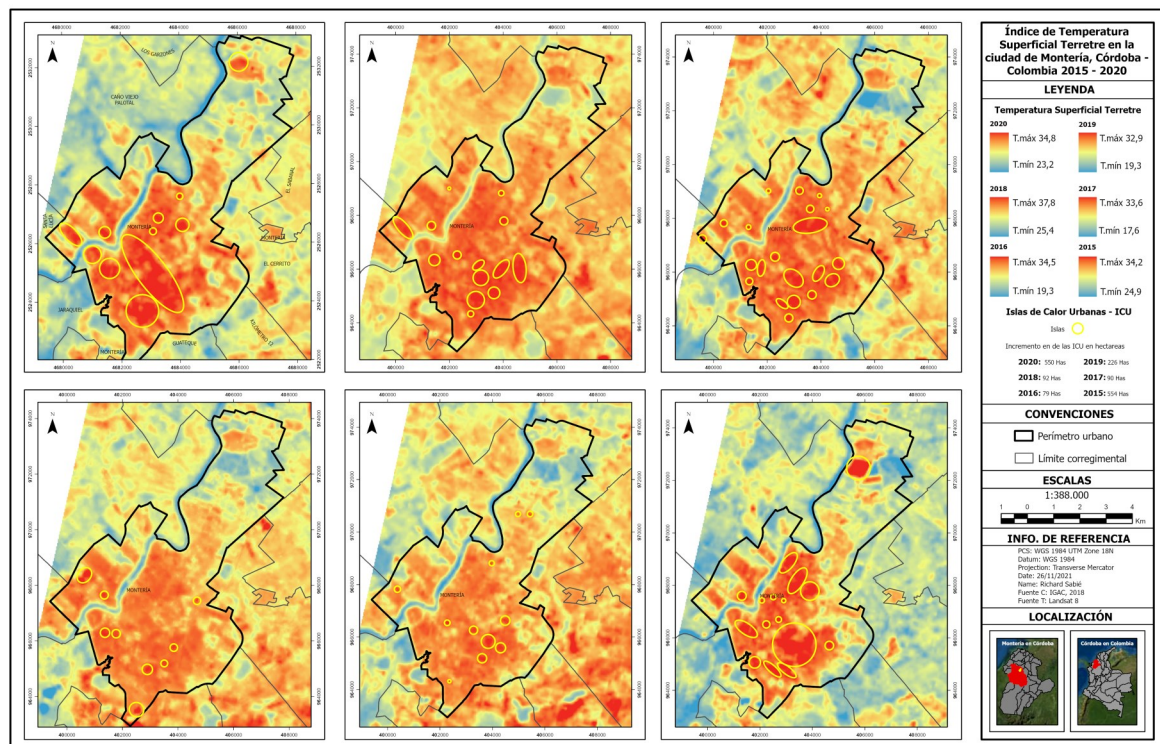
La escasa presencia de zonas verdes en el centro de la ciudad y algunos puntos de alta concentración de humedad ocasiona que se presenten ICU, ya que en esta zona de Córdoba, los vientos circulan a alturas superiores a los nueve metros, lo que causa que gran parte de la humedad que se desprende de la principal arteria fluvial, el Río Sinú, y otras fuentes hídricas, como también del pavimento, techos de edificios, viviendas y vegetación, se quede suspendida en el ambiente lo que produce sensaciones térmicas alrededor de los 45 °C, lo que comúnmente se conoce como "bochorno".

Para tener un panorama lo bastante claro, acerca de la dinámica territorial de las ICU en la ciudad de Montería debemos relacionar dicha temática con la distribución de las diferentes coberturas de la tierra presentes tanto en la

ciudad como en sus alrededores. Lo anterior se hace necesario aclararlo ya que una de las causas más importantes y por las cuales se da el aumento paulatino del LST y de la aparición de las ICU, es el cambio de coberturas de la tierra, lo que ocasione en la mayoría de los casos conflictos de uso del suelo.

En la **Figura 2** se aprecia el aumento significativo de la temperatura superficial terrestre, como también la aparición de las ICU, sobre todo en la zona centro de la ciudad (comuna 5), lugar donde se da el mayor intercambio comercial y flujo de personal durante gran parte del día.

Figura 2. Índice de Temperatura Superficial Terrestre e ICU en la ciudad de Montería.
Nota: elaboración propia.



Las zonas donde se encuentran las ICU, y que han ido aumentando significativamente desde el 2015 hasta el 2020 representan lugares donde la cobertura vegetal ha sido reemplazada por urbanización, donde existe suelo desnudo o se encuentra en preparación para cultivos. Lo anterior permite analizar la relación entre las ICU y las coberturas, ya que a medida que las áreas boscosas o de herbazales van desapareciendo, así como los espejos de agua se van secando, debido a diversas razones entre ellas la urbanización, el LST va en aumento.

El panorama físico ambiental de la ciudad resulta preocupante ya que el modelo de ciudad que se contempla es la urbanización acelerada y la conurbación con los municipios próximos, pero no se cumplen con todas las disposiciones previstas en el Plan de Ordenamiento Territorial, POT, en materia de protección de suelos y conservación ambiental. Por ende, se puede inferir que no se están acatando rigurosamente los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, tales como acción por el clima y ciudades y comunidades sostenibles donde claramente las ciudades y sus gobernantes están llamados a preservar los recursos y revisar los procesos de planificación, gestión y organización del espacio.

Otro resultados importantes de la investigación, fue saber de manera precisa cuanto ha aumentado el área de las ICU en la ciudad de Montería, puesto que esto se evidencia en la figura anterior.

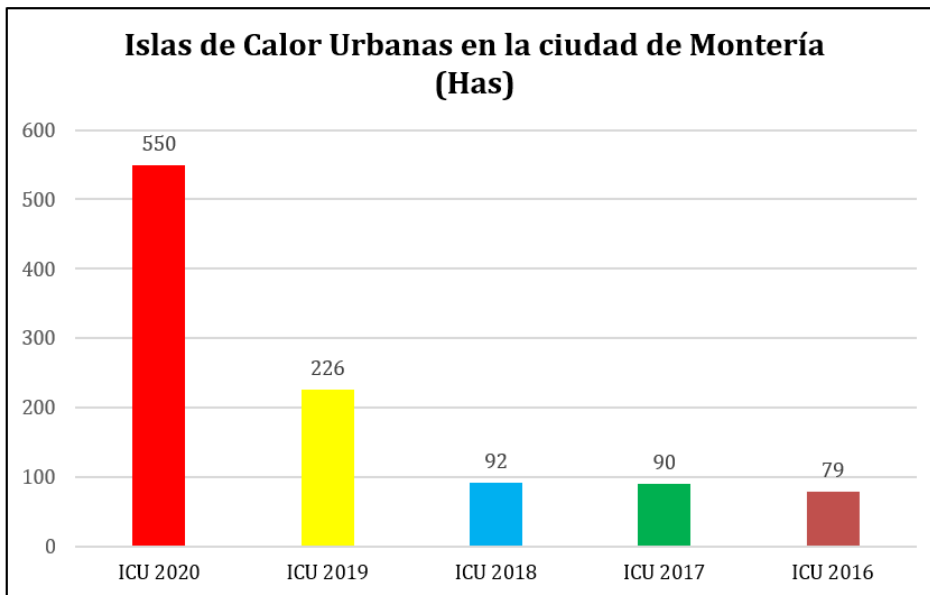


Figura 3. Diferencia en área de las ICU en Montería.

Nota: elaboración propia.

Cabe destacar que el resultado del año 2016 es el reflejo de una urbanización no tan acelerada como se puede observar en los años venideros, donde el aumento de las ICU y del LST es significativo, principalmente debido a la intervención de las distintas coberturas de la tierra. La falta de zonas verdes, área de esparcimiento, ocio y recreación, como la disposición de áreas naturales en los planes parciales y urbanización que se construyen casi que, a diario, es un factor detonante del aumento paulatino pero constante del fenómeno de ICU en la ciudad de Montería.

Pasar de 79 hectáreas ocupadas por las ICU en 2016 a tener 550 hectáreas en el año 2020, es un aumento considerable, puesto que son 471 hectáreas ocupadas por las altas temperaturas del suelo y un aumento del LST de 1.7° C en tan solo 6 años, lo que nos lleva a pensar si realmente el modelo de desarrollo territorial que representa la urbanización y expansión de la ciudad está bien pensado o va de la mano con las políticas de desarrollo sostenible.

La concentración de temperatura en gran parte del casco urbano de la ciudad de Montería es una temática de gran preocupación para los académicos, gobernantes y planificadores del territorio, ya que sin duda, marca un camino hacia una planificación y gestión territorial que visiona territorios integrales, es decir, un sistema de variables que funcionen mancomunadamente y que tengan en cuenta tanto a las personas que viven la ciudad en el día a día, como a aquellos que se encargan de gobernarla y estudiarla, para de este modo, poder construir modelos de ciudad en donde la adaptación a los fenómenos del cambio climático no se tome por sorpresa a este territorio, sino, por el contrario, se prevean las posibles alteraciones del medio y se tengan soluciones contundentes frente a dichas problemáticas.

CONCLUSIONES

El panorama ambiental de la ciudad de Montería debe ser ajustado a las políticas de adaptación al cambio climático ya que son compromisos mundiales para frenar los efectos de esta problemática. Las visiones de ciudad que se tengan alrededor de los procesos de expansión y conurbación deben ser revisados para que pueda existir armonía entre el desarrollo territorial y la preservación de los recursos naturales. El aumento del LST, es un llamado de atención al modelo depredador de los recursos del medio sin tener en cuenta las realidades territoriales que obedecen a cada territorio.

Pueden ser los resultados de esta investigación puntos a tener en cuenta por los futuros gobernantes de la ciudad, cuando se hable de nuevos POT, Planes de Desarrollo o quizá cuando se piense en la creación de academias para la gestión, el desarrollo territorial y la sostenibilidad del espacio geográfico, como también en futuros proyectos de infraestructura y mejoramiento de zonas rurales o urbanas.

Que sean estudios de este tipo, piezas fundamentales en la conceptualización de ir más allá de un simple diagnóstico de las potencialidades y debilidades del sistema territorial de la ciudad de Montería, para convertirse en un punto de partida que refuerce el ejercicio de planificación y (re)ordenación del espacio, con bases teóricas y conceptuales desde la perspectiva geográfica, ajustado a la realidad ambiental del territorio. Conviene subrayar entonces, que la geografía se convierte en el soporte principal para trabajos de investigación desde la perspectiva territorial y ambiental.

La geografía brinda elementos importantes para el análisis territorial y la comprensión de las manifestaciones culturales, sociales, económicas y ambientales que se presentan en el territorio. Esta investigación permitió evidenciar que en la ciudad de Montería existen fortalezas y debilidades en materia de planificación y (re)ordenamiento del territorio, asociadas a equipamientos e infraestructura urbana, las cuales deben ser intervenidas por medio de políticas públicas de gestión territorial, que apunten a la integración de las dimensiones social, económica, cultural y ambiental; apoyadas por la dinámica político-administrativa de los actores territoriales, con miras a mejorar la calidad de vida de los pobladores.

BIBLIOGRAFÍA

- Claval, P. (2002). *El enfoque cultural y las concepciones geográficas del espacio*. Universidad de Paris-Sorbonne. Boletín de la A.G.E N° 34. P. 21 – 39
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE. (2018-2019). *Informe Trimestral sobre desempleo en Colombia*. Noviembre 2018 - enero 2019.
- Delgado, O. (2003). *Discurso sobre el espacio en la geografía contemporánea*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Farinos, J. (2009). Cooperación para la cohesión territorial: una interpretación multinivel desde S.O. europeo. En J. Bosque y M. V. Rodríguez, (Ed) *La perspectiva geográfica ante los retos de la sociedad y el medio ambiente en el contexto Ibérico*. Alcalá de Henares. Servicio de publicaciones de la Universidad de Alcalá de Henares. Colección Ponencias del XI Coloquio Ibérico de Geografía. Pag. 117 – 148.
- Mendoza Castillo, A. (2011). *La gestión del territorio para el Desarrollo Local y Regional*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Perú.
- Plan de Ordenamiento Territorial – POT (2010-2018). Alcaldía de Montería. Concejo Municipal de Montería. Acuerdo 29 del 30 de diciembre de 2010. Montería, Córdoba.
- Ruiz J. A. y A. García Espino Alfonso. (1951). *Breve descripción de los suelos dominantes en las principales regiones de Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá. Pub. Esp. S: 20-21.
- Souza, A. (1992). *A geography of world economy*. Merril Publishing Company. Columbus.



Richard Miguel Hernández Sabié

Geógrafo, Magíster en Geografía. Docente investigador adscrito al Departamento de Geografía y Medio Ambiente en los Programas de Pregrado y Postgrado en Geografía de la Universidad de Córdoba, Colombia. Miembro del grupo de investigación Geografía y Ambiente reconocido por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Colombia. Líneas de investigación: planificación, gestión y organización territorial, geografía ambiental, sensores remotos y sistemas de información geográficos.

Oscar Antonio Puerta Avilés

Geógrafo, Magíster en Geografía. Docente titular adscrito al Departamento de Geografía y Medio Ambiente en los Programas de Pregrado y Postgrado en Geografía de la Universidad de Córdoba, Colombia. Miembro del grupo de investigación Geografía y Ambiente reconocido por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Colombia. Líneas de investigación: análisis espacial, sistemas de información geográficos, Teledetección geográfica y paradigmas geográficos contemporáneos.

Keidy Paola Vergara Burgos

Geógrafo. Pedagoga de la Escuela Normal Superior de Montería. Interesada en temáticas relacionadas con la parte físico ambiental de la geografía, los sistemas de información geográficos y la percepción remota.

Se sugiere citar:

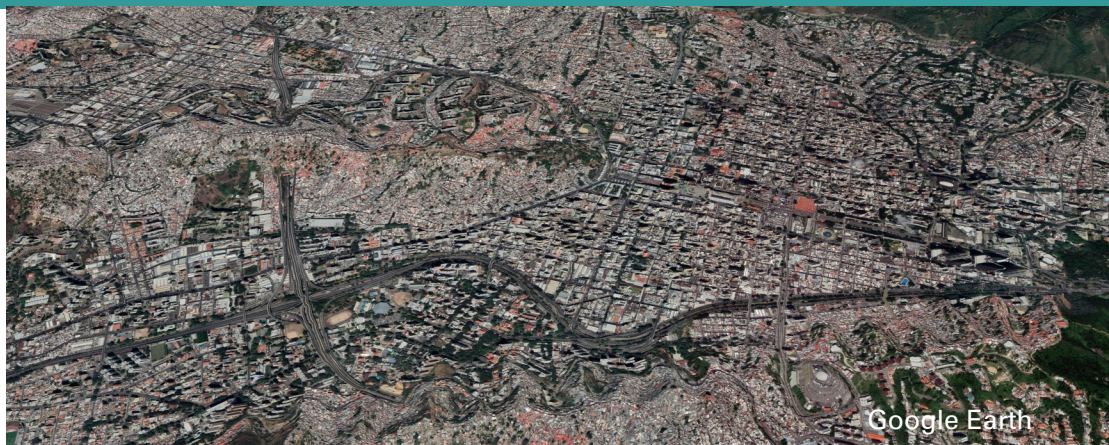
Hernández, R., O. Puerta, K. Vergara (2021). Islas de Calor Urbano (ICU) en la ciudad de Montería, Córdoba, Colombia 2015 - 2020. *Revista Cartógrafo.CL* 1 (2), pp. 59 - 67.



Bajo Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional.



Cartógrafo.CL/02-2021



Manuel Matute
Ingeniero Hidrometeorologista
MSc. Civil Engineering
Planning

Elia Gómez
Licenciada en Geografía

Jonathan Torres
Licenciado en Geografía
MSc. Análisis Espacial y
Gestión del Territorio

Wilmer Becerra
Geógrafo

Bárbara Loreto
Licenciada en Geografía
MSc. Planificación Integral
del Ambiente

**Arborea Consultores
Ambientales C. A.**



m.matutepadron@gmail.com

Metodología para la sectorización ambiental del Área Metropolitana de Caracas

RESUMEN

En el año 2015, la Alcaldía Metropolitana de Caracas, como parte de las exigencias del Plan Estratégico Caracas Metropolitana 2020, requería de un catastro ambiental que posibilitara la planificación y la ordenación eficiente de su territorio; con el propósito de organizar el manejo de áreas con características diferenciadas desde el punto de vista geográfico, de acuerdo con sus propiedades físico-naturales, socioeconómicas y ambientales. A tal efecto, se contrató a la empresa "Arborea Consultores Ambientales" para realizar la sectorización que se utilizaría para el diseño del catastro ambiental; asimismo, se desarrolló una metodología para sectorizar el Área Metropolitana de Caracas (AMC) basada en la delimitación de unidades hidrográficas (UH) y unidades geomorfológicas (UG).

Esto con el fin de disponer de una visión espacial de cada unidad y simplificar la administración y el manejo de sus recursos, servicios, elementos urbanísticos, contingencias y emergencias, áreas de interés cultural, ecológico y de protección. Para generar la sectorización se diseñó un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permitió la integración de las UH y las UG, e identificar sectores únicos, obteniéndose 230 UH, divididas en 8252 sectores codificados. Esta metodología es aplicable a cualquier ciudad para contribuir a su ordenamiento urbano integral, su planificación ambiental y catastral.



INTRODUCCIÓN

El AMC está conformada por un conjunto de unidades naturales, con características propias y un comportamiento diversificado, que ofrece oportunidades para las diferentes formas de ocupación del territorio. Con el fin de lograr el adecuado aprovechamiento de esa variedad geográfica, es necesario sectorizar ambientalmente el territorio, analizándolo desde un punto de vista técnico para planificar y desarrollar con eficiencia el espacio urbano.

La metodología utilizada para la sectorización ambiental del territorio se basó en criterios hidrográficos y morfográficos, los cuales permitieron describir y analizar el medio físico natural y su interrelación con el uso urbano; donde la morfografía, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales según su ubicación, altura, orientación y pendiente, juegan un papel importante con las estructuras urbanas asentadas en las mismas.

Se considera que la UH (hoya, cuenca, subcuenca, microcuenca) presenta ventajas importantes para la delimitación de un espacio geográfico, debido a que es la unidad física territorial, pues todos los fenómenos físico-naturales que allí ocurren solo tiene repercusión directa dentro de ella misma; con excepción de los propios escurrimientos que fluyen hacia otras unidades hidrográficas de mayor categoría (de microcuenca a subcuenca, a cuenca o a hoya).

La UH es la unidad territorial con visión sistemática que permite delimitar el ecomunicipio, conocido en inglés como Eco-Municipality. Desde esta perspectiva, se ha considerado como ámbito de aplicación del presente trabajo de investigación el AMC y las UH, cuyas aguas drenan directamente hacia ella (Figura 1). El AMC está conformado por 5 municipios: Libertador, Chacao, Sucre, Baruta y El Hatillo, que abarcan un área total de 77663 hectáreas (776,63 km²), de los cuales el 43%, 33262 hás (332,62 km²) se encuentran ocupadas por el uso urbano. La Alcaldía Metropolitana de Caracas, en el año 2015, propuso el Programa de Ordenación Territorial Ambientalmente Sostenible como parte del Plan de Reducción de Riesgos Ambientales y Adaptación al Cambio Climático, con el fin de organizar el territorio en sistemas de cuencas hidrográficas. La empresa Arbórea Consultores Ambientales C.A. fue contratada para realizar la sectorización ambiental del AMC, para lo cual se desarrolló la metodología que se presenta en este artículo.

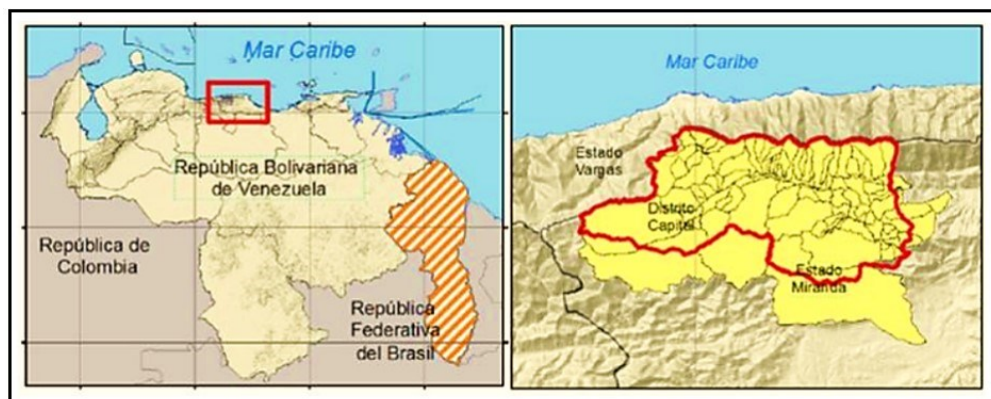


Figura 1: Ubicación geográfica del AMC y sus UH
Fuente: Arbórea Consultores Ambientales, 2016.

Con información cartográfica del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).

La sectorización ambiental se basó en criterios hidrográficos y morfográficos, creando espacios para delimitar y gestionar la ciudad, considerando varias escalas, desde el ámbito metropolitano hasta el ámbito municipal o local. La disponibilidad de las nuevas tecnologías permite asociar y diferenciar los resultados obtenidos de la sectorización en una geobase de datos, estructurada en un SIG.



METODOLOGÍA

Caracterización hidrográfica del AMC

El AMC está emplazada dentro de la cuenca del río Tuy, en la subcuenca del río Guaire. El río Tuy nace en el pico Codazzi en la cordillera de la Costa, a unos 2426 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), desciende hacia el Sur pasando por la población de Tovar de Aragua (Colonia Tovar), hasta llegar al surco orográfico que constituye la prolongación de los Valles de Aragua por el este. Sigue este surco hasta penetrar en la garganta que lo comunica con los Valles del Tuy, donde recibe diversos afluentes (Guaire, Charallave, Grande, entre otros); luego penetra en la garganta de Aragüita, entra en la llanada de Barlovento y desemboca en el mar Caribe, al norte de río Chico (Figura 2).



Figura 2: Ubicación geográfica de la cuenca de los ríos Tuy y Guaire.

Fuente: Arbórea Consultores Ambientales, 2016

Con información cartográfica del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).

El río Guaire es el colector principal de agua del AMC y nace en el Parque Nacional Macarao a una cota de 960 m.s.n.m. Sus afluentes principales, aguas arriba del sector Macarao, son el río San Pedro y el río Macarao (microcuencas); a partir de la unión de estos ríos toma el nombre de río Guaire, recibiendo gran parte de sus tributarios por la margen izquierda de las quebradas que nacen en la serranía El Ávila, y por la margen derecha las del río El Valle y las quebradas La Guairita, Tasmare, Prepo y Soapire. Es importante mencionar que las cuencas altas de estas tres últimas quebradas se ubican fuera del AMC, debido a que el río Guaire desemboca aguas abajo en el río Tuy, en las cercanías de la población de Santa Teresa del Tuy del estado Miranda, a una cota aproximada de 200 m.s.n.m.

La parte más noroeste del AMC es drenada por algunos tributarios del río Guareñas (microcuenca), afluente del río Grande o de Caucagua, subcuenca del río Tuy. Se completa el drenaje del AMC en su sector noroeste, a través de un grupo de subcuencas de las quebradas La Muerte, Topo, Blandín, Ojo de Agua y El Pauji, afluentes de la cuenca de la quebrada Tacagua, la cual fluye directamente hacia el mar Caribe (hoya). En la Tabla 1 se muestra la jerarquía de las principales UH que drenan el AMC.

Para cubrir todo el espacio ocupado por el AMC se requirió agregar a las UH, cuencas, subcuencas o microcuencas; las áreas de drenaje que fluyen de modo directo a cada río o quebrada principal entre dichas unidades UH; es decir, las denominadas intercuenas: extensiones de terreno donde el escurrimiento superficial, es principalmente de tipo laminar o a través de pequeños surcos hasta confluir en el cauce receptor.



HOYA	CUENCA	SUBCUENCA	MICROCENCA	
Mar Caribe (Centro-Oriental)	Río Tuy	Río Guaire	Río Macarao	Qda. Conoropa o
			Qda. Mamera	Petare
			Qda. Boquerón	Qda. Nigual
			Qda. El Algodonal	Qda. Lira o
			Qda. Yaguara	Guanasna
			Qda. Caroata	Qda. El Rosario
			Qda. Catuche	Qda. Chaguaramas
			Qda. Anauco o Cotiza	Qda. Helechal
			Qda. Honda	Río San Pedro
			Qda. Las Canoas	Qda. Caricuao
	Río Tacagua	Río Grande	Qda. Maripérez	Qda. La Vega
			Qda. La Florida	Río El Valle
			Qda. Chacaito	Qda. Baruta
			Qda. Blandín o Seca	El Cafetal
			Qda. Sebucán	Qda. La Guairita
			Qda. Agua de Maíz	Qda. EL Hatillo
			Qda. Tocomé	Qda. Tusmare
			Qda. Caurimare	Qda. El Cedral
				Qda. Soapire
			Río Guareñas	
	Río Tacagua	Qda. La Muerte		
	Río Tacagua	Qda. Topo	Qda. Peonías	
			Qda. Tabacal	
	Río Tacagua	Qda. Blandín		
	Río Tacagua	Qda. Ojo de Agua		
	Río Tacagua	Qda. El Pauji		

Tabla 1. Las UH del AMC
Fuente: Arborea Consultores Ambientales, 2016.

Obtención y procesamiento de la información básica

Conocer la distribución de los ríos y quebradas del AMC es primordial para entender cómo se ha emplazado la ciudad y las modificaciones surgidas a partir de obras de control hidráulico. La escala seleccionada para la sectorización del AMC fue 1:25000, el cual presenta curvas de nivel cada 5 metros; esto se considera suficiente detalle en cuanto a desnivel para el objetivo principal de esta investigación. Sin embargo, para la correcta definición de cada UH y de cada sector considerado, se requirió disponer de mapas y planos con mayor detalle, tales como 1:20000 y 1:5000, con curvas de nivel cada un metro, los cuales fueron obtenidos en el IGVSB.

Esta información fue de gran utilidad en lo concerniente a la toponimia, tanto de los ríos y quebradas como de las filas, los topos y el urbanismo en general. Además, para este estudio de sectorización se recabó información y referencias de estudios hidrológicos e hidráulicos realizados por diferentes profesionales y empresas, los cuales se especifican en las referencias bibliográficas.

Adicionalmente, la información vectorial en formato shapefile (SHP), fue suministrada por el Sistema de Información Urbano Metropolitano (SIUM) de la Alcaldía Metropolitana de Caracas, la cual permitió definir con mayor precisión las curvas de nivel y la delimitación de las unidades hidrográficas. También se utilizaron imágenes de Google Earth para verificar divisorias de agua, pendientes de filas, laderas y topos.

Revisión y actualización de la base cartográfica

A partir de la base cartográfica, se realizó el solapamiento entre los mosaicos elaborados y la información vectorial con los archivos digitales SHP, con el fin de

obtener el mayor detalle posible. Luego se delimitó cada una de las UH, desde las cuencas de los ríos Tuy (subcuencas de los ríos Guaire y Grande) y Tacagua (subcuencas de las quebradas la Muerte, Topo, Blandin, Ojo de Agua y El Paují) hasta sus unidades de categoría inferior, con lo cual se obtuvo un total de 128 UH, más 102 intercuencas, para un total de 230 UH.

Dichas unidades, debidamente sectorizadas, se adaptaron para su manejo a través de los SIG en formato SHP, y facilitar el manejo de la data; a cada una se le asignó un código, se le identificó con su nombre o hidrónimo y se señaló su ubicación geográfica, junto con sus atributos fisiográficos: área en km² o hás, perímetro, longitud y cotas máximas y mínimas del cauce principal.

Debido al crecimiento acelerado y poco controlado desde el inicio del proceso urbanizador en el área, se han provocado transformaciones del conjunto paisajístico y urbanístico; así como se han modificado los rasgos fisiográficos específicos, datados por la historia local y regional. Dichas transformaciones se comprobaron mediante el análisis multitemporal de la revisión cartográfica. De este modo, se actualizaron los topónimos e hidrónimos del entorno geográfico caraqueño, y se agregaron a la base de datos asociada al proyecto, como parte de la actualización de la red de drenaje.

Es por lo que, aun cuando algunas de las estructuras que formaron parte de los servicios de la ciudad de Caracas en épocas anteriores desaparecieron, sus nombres propios pasaron a usarse como topónimos, y se mantienen para identificar determinados sectores o sitios. De modo similar, subsisten numerosos topónimos que no se perdieron durante el proceso urbanizador, sino que fueron asimilados por este, como es el caso de los nombres de antiguas haciendas y plantaciones de caña de azúcar y de otros rubros en el valle de Caracas (haciendas Las Mercedes, La Urbina, Montalbán), o el nombre de los pueblos de fundación que fueron “absorbidos” por el crecimiento sostenido de la “mancha” urbana hacia el cuadrante este (Chacao, Petare, Sabana Grande).

Con respeto a la red hidrográfica (ríos y quebradas) del AMC, el estudio multitemporal es primordial para entender cómo se ha emplazado y modificado la ciudad, dónde se han requerido algunas veces estructuras y, en particular, obras hidráulicas que han modificado el curso de los drenajes naturales, mediante canalizaciones, embaulamientos, puentes, cortes de vertientes o por rellenos de terrenos bajos para ser utilizados en desarrollos urbanos. Esto ha determinado que, ciertos cauces, desemboquen actualmente en ríos distintos a los receptores originales y, en algunos casos, ha cambiado el orden de la red de las unidades hidrográficas, que han pasado de ser una microcuenca para convertirse en una subcuenca.

En el caso de los embaulamientos, los cauces no son visibles a simple vista y su recorrido no aparece en los mapas. Resalta el caso de cauces como la quebrada Aguacatico, en el sector central de la ciudad y embaulada casi en su totalidad, o el de las quebradas Anauco, Caroata, Agua de Maíz, Tocomé, Caurimare, Sebuacán, Chacaíto, etc., canalizadas y/o parcialmente embauladas en todo su trayecto dentro de los sectores citadinos que atraviesan.

Numeración de las UH e identificación de las variables morfográficas

De acuerdo con Strahler (1977), la identificación de las UH, tanto de las principales (cuencas, subcuencas, microcuencas), como de las intercuencas (áreas de escurrimiento entre una cuenca y otra), se realiza con un código único, irrepetible e identificable para cualquier usuario, utilizando una técnica ya aplicada y comprobada a escala internacional. Esta técnica consiste en comenzar la numeración de las unidades hidrográficas, desde la situada más aguas arriba (nacientes) hasta la situada más aguas abajo (confluencia), asignando valores impares consecutivos a las UH localizadas en la margen izquierda del cauce principal y números pares a las correspondientes UH de la margen derecha, siguiendo siempre una secuencia en el orden desde arriba hacia abajo (Tracsa, 1994).



Como base para la codificación utilizada se seleccionaron los códigos propuestos en la Clasificación Decimal de Ríos de Venezuela del Ministerio de Obras Públicas (MOP), para la hoya mar Caribe, sector centro-oriental; las cuencas ríos Tuy y Tacagua; las subcuencas de los ríos Guaire y Grande y la microcuenca del río Guarenas. Sin embargo, considerando que la metodología aplicada en dicha clasificación no cumplió exactamente con la metodología propuesta a escala mundial (números impares consecutivos para las UH de la margen izquierda del cauce principal, y números pares para la margen derecha) y por diferentes inconsistencias observadas, como es el caso de cambiar la secuencia de las UH sin ninguna razón aparente, se decidió rehacer todo el proceso de codificación de los afluentes de los ríos Guaire, Tacagua y Guarenas y de sus respectivos tributarios, para homogeneizar y ser consecuente con la metodología y el protocolo descrito en el párrafo anterior.

Las UH fueron identificadas con el nombre del cauce colector principal (río o quebrada); en casos particulares, donde los ejes de drenajes no tenían topónimo, se adjudicó el de un rasgo geográfico significativo o reconocible incluido dentro de su poligonal o en su perímetro inmediato. Este criterio también aplica para las intercuenas mencionadas con anterioridad, incluso si estas son muy extensas y no existe posibilidad de identificarlas con un rasgo efectivamente distintivo o significativo, se les asignó un nombre que da una idea de su ubicación y extensión. Un ejemplo de este caso es el aplicado a la extensa intercuenca denominada Montalbán-UCV, que incluye todos los pequeños cursos de agua que drenan hacia el río Guaire por su margen derecha entre ambos sectores, muy distantes entre sí dentro del AMC.

Codificación de las UH

Para la codificación de las UH se asignó un código alfanumérico propio para cada uno de los sectores analizados y ponderados, utilizando como base el método adoptado por la Comisión de Planificación Nacional de los Recursos Hidráulicos (COPLANARH) en la década de 1970, luego en la Dirección de Hidrología y Meteorología del desaparecido Ministerio de Obras Públicas (MOP) y, posteriormente, corregido en la Unidad de Estudios Hidrológicos de la Dirección de Planificación y Ordenación del Territorio (DGSPOA) del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARNR). Esta técnica, denominada Clasificación Decimal de Ríos de Venezuela, consistió en asignar, inicialmente, a cada UH un número de ocho (8) dígitos, según el siguiente protocolo:

Código = AA BB CC DD, correspondiendo cada par de dígitos a las siguientes unidades hidrográficas:

AA – HOYA (UH de primera categoría), receptor final de los escurrimientos de numerosos cauces. En el caso particular de Venezuela se dividió en siete (7) hoyas (Mar Caribe Occidental, Mar Caribe Centro-Oriental, Mar Caribe Oriental, Océano Atlántico, Lago de Maracaibo, Lago de Valencia y Río Amazonas).

BB – CUENCA (UH de segunda categoría), receptor de cauces importantes, cuyas aguas drenan hacia el cuerpo principal, la hoya.

CC – SUB-CUENCA (UH de tercera categoría), superficie que recoge los escurrimientos de cauces de mediana importancia y que drena hacia la cuenca.

DD – MICROCUENCA (UH de cuarta categoría), área desde donde los drenajes de sus cauces tributarios fluyen hacia la subcuenca.

Posteriormente, se observó que cauces tan importantes como, por ejemplo, el río Turbio, principal cuerpo de agua que drena la ciudad de Barquisimeto y sus áreas circunvecinas, no calificaba para esta codificación, por ser una UH de 5ª categoría (Hoya AA: Océano Atlántico; Cuenca BB: río Orinoco; Subcuenca CC: río Apure; microcuenca DD: río Portuguesa), y por supuesto todos los afluentes del río Portuguesa y algunos tributarios de estos afluentes (unidades de 5ª y 6ª categoría), tampoco calificaban para incluirse en la referida Clasificación Decimal de Ríos.



Debido a ello, recomendó mejorar el Sistema Decimal existente, para lo cual se cambió el código final y se aumentaron dos pares de dígitos, con lo cual se llega a incluir las unidades de 5ª y 6ª categoría, con las letras EE y FF, resultando un código final = AA BB CC DD EE FF. El alcance o cubrimiento de las categorías de las unidades hidrográficas que pueden ser incluidas dentro de una clasificación de ríos depende del nivel de detalle al que se quiere llegar y, por supuesto, de los fines de la clasificación propuesta.

En este estudio se ha aplicado el criterio de considerar unidades hidrográficas con áreas iguales o mayores de 2,5 km², por ser la escala de representación 1:25000, con la cual se integran unidades hidrográficas de hasta 6ª categoría como, en el caso del AMC, la de las quebradas Izcaragua, El Cuño, Yumare y El Paují, entre otras. El estudio abarcó las unidades hidrográficas (cuencas, subcuencas, microcuencas y unidades hidrográficas de 5ª y 6ª categorías), que conforman total o parcialmente el AMC, drenada por tres colectores principales: los ríos Guaire, Tacagua y Guarenas.

Se consideró conveniente utilizar los códigos identificados originalmente de la citada Clasificación Decimal de Ríos de Venezuela:

Hoya – Mar Caribe, parte centro-oriental Código = 11

Cuenca – Río Tuy Código = 11 48

Subcuenca – Río Guaire Código = 11 48 26

Cuenca – Río Tacagua Código = 11 02

Cuenca – Río Guarenas Código = 11 48 16

En la [Figura 3](#) se aprecia el ejemplo de una UH completa hasta llegar a 6ª categoría, con su respectivo código y secuencia jerárquica. En la aplicación inicial de esta metodología no se consideraron las áreas de drenaje de pequeños cauces o surcos, denominadas intercuenas, que fluyen de modo directo al curso de agua receptor; es decir, las superficies ubicadas entre unidades hidrográficas ya sean cuencas, subcuencas o microcuencas. La omisión de las intercuenas impediría completar la superficie total del sistema de cuencas, y se crearían imprecisiones en la sectorización, el cálculo y el cartografiado; por lo que se decidió aplicar un procedimiento que incorporase este tipo de hidrografía en el sistema clasificatorio propuesto.

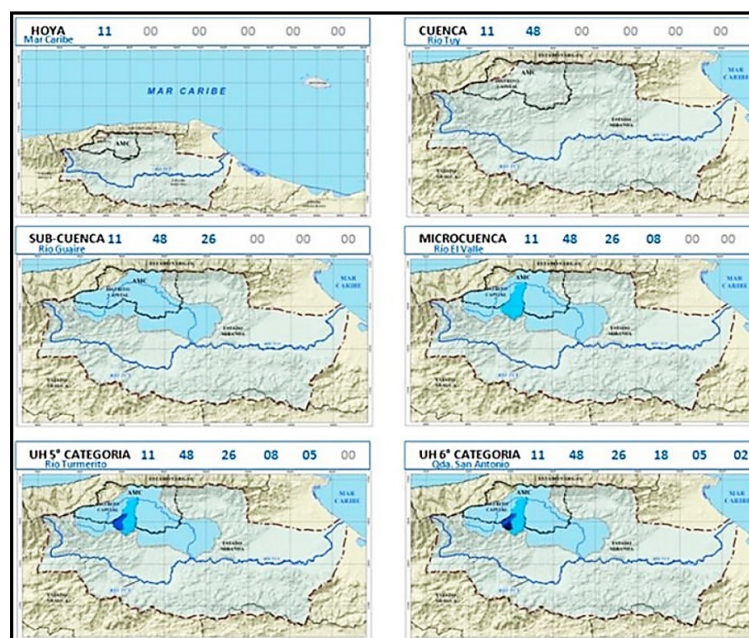


Figura 3. Secuencia de la codificación de la UH de 6ª categoría quebrada San Antonio
Fuente: Arbórea Consultores Ambientales, 2016.



Codificación de las intercuenas

La codificación de las intercuenas es similar a la de las UH. Cada intercuenca tendrá el código de seis (6) pares de dígitos correspondientes a la UH a la cual pertenecen, más dos pares adicionales: el primero especificado por las letras IC (intercuenca) y el segundo correspondiente a un número de dos dígitos (XX) que la identifique; con ello se obtiene un código alfanumérico de cada intercuenca, de la siguiente forma: AA BB CC DD EE FF IC XX.

Para la secuencia de la codificación de las intercuenas se aplica el mismo procedimiento de las UH: a la IC más aguas arriba de la margen izquierda se le coloca el par 01, a la siguiente en la misma margen el par 03, y así sucesivamente, hasta llegar a la confluencia del río con otro cuerpo de agua, cauce, lago, laguna o el mar. Luego se repite el método para las IC ubicadas en la margen derecha, asignándoles números pares.

En los casos en los cuales fue necesario delimitar, adicionalmente, la parte alta de una cuenca, se utilizó el código de dicho río agregándole al final las letras PA (parte alta); igual aplica para los casos en los cuales sea imprescindible identificar las partes media (PM) y baja (PB) de la UH analizada. En la [Figura 4](#) se presenta el procedimiento para numerar las unidades dentro de una microcuenca (caso quebrada La Guairita).

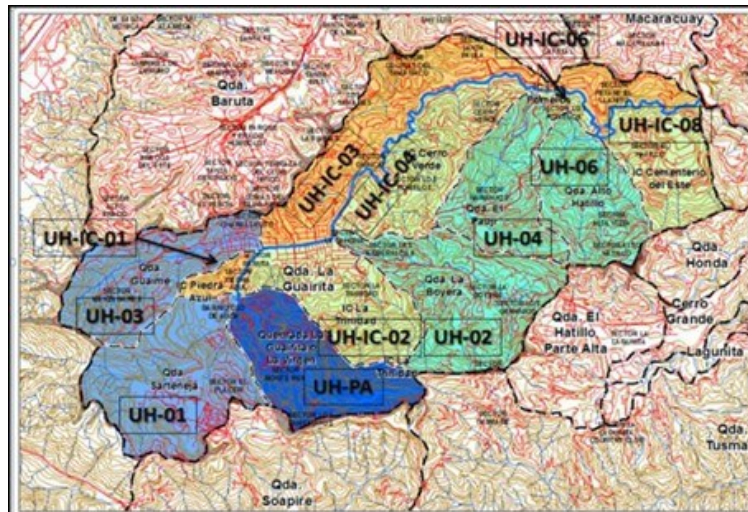


Figura 4: Codificación de la UH La Guairita

Fuente: Arborea Consultores Ambientales, 2016.

Caracterización morfológica

Para la delimitación de las unidades morfológicas se basó en un enfoque sistémico de la orientación de las laderas, filas y topes; para las zonas con topografía modificada (terrazas) y los fondos de valle, la delimitación por orientación no es aplicable. En el caso de las laderas, filas y topes, el procedimiento permite especificar la acción de elementos y factores geográficos, geológicos, meteorológicos y bióticos que tienen incidencia en el entorno urbano. Así, la disposición del relieve puede influir en cómo la lluvia, el viento y la insolación, entre otros, inciden o determinan el grado de meteorización de los macizos rocosos, la erosión y el estado de la vegetación (solana y umbría). A continuación, se especifican:

Descripción de las unidades morfológicas

Topos o topes de elevaciones: Corresponden a las partes más altas y relativamente aisladas o diferenciadas del resto de las elevaciones del relieve. Conforman una topografía visible en pequeñas cumbres, picos o cimas de los cerros, colinas y serranías en el área de estudio. Ej.: topo Itagua, topo El Arado.



Filas principales: Crestas o partes elevadas del relieve, alineadas y de anchura variable. Las más extensas se prolongan en forma de serranías que suelen constituir divisorias de aguas entre unidades hidrográficas. Ej.: fila Caricuaio, fila Maestra.

Filas secundarias: Crestas alineadas y, por lo general, menos elevadas, las cuales se desprenden o derivan de las filas principales. También son conocidas como vigas.

Laderas: Espacios inclinados laterales comprendidos entre la cresta y los valles o vaguadas adyacentes. Tienen pendiente y topografía que depende tanto de sus rasgos geológicos (litología, fallas, plegamientos) como del tipo de erosión y modelado morfodinámico que las afecta (deslizamientos, erosión en cárcavas y surcos, solifluxión, erosión subsuperficial, aludes torrenciales, etc.).

A este conjunto de rasgos geográficos se le asocian los siguientes atributos:

Topos o topes: Sectores que presentan las máximas elevaciones en la periferia de una unidad hidrográfica. Se pondera el área de la curva de nivel de mayor elevación, expresándola en metros cuadrados (m^2) o en hectáreas (hás).

Filas, principales y secundarias: A partir del trazado de la línea de cresta de las filas y de la conformación de las estribaciones adyacentes, se delimitan las formas que definen cada una de las filas, con ayuda de las curvas de nivel, sectorizándolas basado en la orientación aproximada a su disposición natural. Para cada una de ellas se cuantifica el área, la orientación y su centro de gravedad.

Orientación de las laderas o vertientes: Es la posición hacia la cual se orienta la declinación de un sector respecto al Norte geográfico, es decir, corresponde al azimut, pudiéndose expresar en grados o preferiblemente en orientaciones geográficas. En este estudio se consideran ocho (8) orientaciones de la rosa de los vientos, de acuerdo con los siguientes criterios:

Norte (N): Áreas orientadas hacia el Norte, incluyendo aquellas comprendidas entre los azimuts: 337,5 y los 22,5.

Noreste (NE): Áreas orientadas hacia el Noreste, incluyendo aquellas ubicadas entre los azimuts: 22,5 y los 67,5.

Este (E): Áreas orientadas hacia el Este, incluyendo aquellas comprendidas entre los azimuts: 67,5 y los 112,5.

Sureste (SE): Áreas orientadas hacia el Sureste, incluyendo aquellas comprendidas entre los azimuts: 112,5 y los 157,5.

Sur (S): Áreas orientadas hacia el Sureste, incluyendo aquellas comprendidas entre los azimuts: 157,5 y los 202,5.

Suroeste (SW): Áreas orientadas hacia el Suroeste, incluyendo aquellas ubicadas entre los azimuts: 202,5 y los 247,5.

Oeste (W): Áreas orientadas hacia el Oeste, incluyendo aquellas comprendidas entre los azimuts: 247,5 y los 292,5.

Noroeste (NW): Áreas orientadas hacia el Sureste, incluyendo aquellas ubicadas entre los azimuts: 292,5 y los 337,5.

Altitud: Se determina la cota máxima (H) y la cota mínima (h) del cauce principal de cada UH, en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

Diferencia de cotas (Dh): Se calcula la diferencia entre la cota máxima y la mínima, expresada en metros (m).



Área (A): Valor de la superficie ocupada por cada sector. Se expresa en metros cuadrados (m^2) o en hectáreas (hás). El valor del área mínima de una UH se ha definido como de 250 hás ($2,5 km^2$). En el caso de las intercuenas, no aplica el criterio de área mínima de $2,5 km^2$; para las laderas, se definieron aquellas cuya superficie es igual o mayor a 6,25 hás, considerando que la unidad mínima de mapeo es un $(1) cm^2$ ($250 m \times 250 m$), de acuerdo con la escala utilizada (1:25000), correspondiéndole un área de $62500 m^2$, es decir 6,25 hás.

Definición de los códigos de las unidades morfológicas

Al disponer de un código que permita identificar cada unidad hidrográfica, incluyendo las intercuenas, se consideró práctico agregar pares de dígitos (numérico) o dígitos y letras (alfanumérico), con los cuales se puedan reconocer inequívocamente cada uno de los sectores morfológicos definidos en este estudio. Se seleccionaron caracteres alfanuméricos para ponderar cada variable morfológica y sus atributos correspondientes, de la siguiente manera:

Para las unidades hidrográficas, el código de cada sector será de la siguiente forma = AA BB CC DD EE FF GG HH. Donde los pares de letras desde la AA hasta la FF identifican la UH a la cual pertenece el sector; el par GG corresponde a una de las seis unidades fisiográficas analizadas, de la siguiente manera: FP para las filas principales; FS para filas secundarias; TO para topes o topos; LA para laderas; TE para Terrazas; VA para vaguadas, fondo de valles o planicie de inundación y HH corresponde al número del sector identificado.

Para las intercuenas se aplicó el mismo código = AA BB CC DD EE FF IC XX GG HH. Se le agregó las letras IC después del par FF, con lo cual se identifica como intercuenca.

Numeración de las unidades morfológicas

Considerando el alcance de este estudio, fue necesario identificar cuáles variables de las unidades fisiográficas se analizan y cuáles atributos se evalúan para su ponderación. Por ello, el último par de dígitos indicado anteriormente (HH) se asigna a cada sector según el siguiente protocolo:

- Para las filas, se comienza con el número cero uno (01), asignándose al primer sector de la fila donde se cierra el límite de cuenca por la margen derecha del cauce principal o al de la fila más cercana a dicho cierre de cuenca.

Es importante considerar que cada fila puede tener varios sectores distintos, y que cada uno corresponde a los cambios de orientación de un tramo a otro de la fila (N, NE, E, SE, S, SW, W y NW, según la rosa de los vientos). En la [Figura 5](#) la primera fila de la UH principal comprende cinco sectores (numerados de 01 a 05); se continúa la numeración con el segundo sector (02) de esa primera fila y se sigue hasta cubrir los cinco sectores que la componen, según el ejemplo.

La segunda fila de la UH principal se numera en forma similar (06 en nuestro ejemplo) hasta cubrir todos los sectores de dicha fila, es decir, hasta el 12. Se repite el proceso con el resto de las filas de la UH principal hasta alcanzar el último sector fila, donde se cierra el límite de cuenca por la margen izquierda o por la fila más cercana a dicho cierre, el sector 35 en la [Figura 5](#).

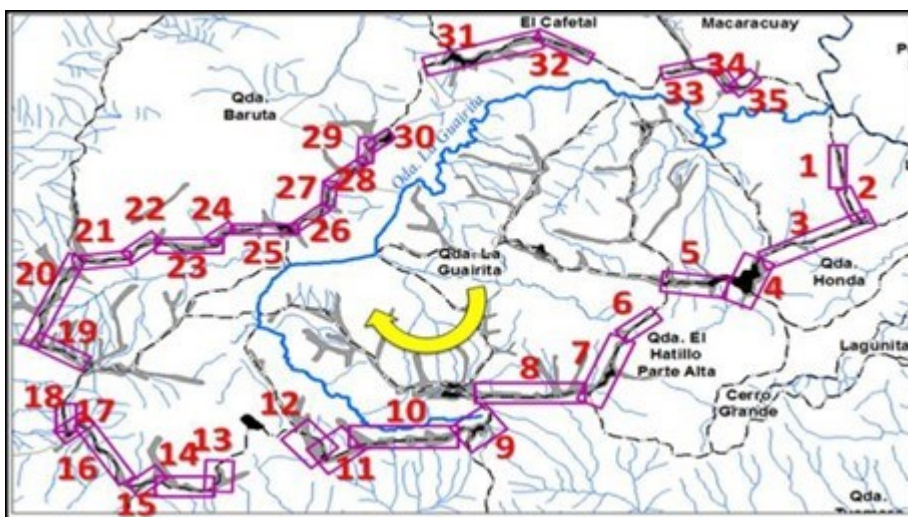


Figura 5: Forma de numerar las filas dentro de una UH
Fuente: Arbórea Consultores Ambientales, 2016.

Luego se procede a numerar los sectores de las filas secundarias, correspondientes a los de los parte-aguas de las UH internas en los tramos considerados como filas. El protocolo se mantiene, numerando los sectores de cada fila en forma consecutiva, desde la primera fila interna (en el ejemplo correspondería al sector 36 y los siguientes, de la primera fila interna) hasta la última fila que se consiga, incorporándolas en el sentido de las agujas del reloj.

- Para los topes o topos, de modo similar a como se procede en las filas, se comienza por el primer tope (01) que se aprecie en la parte más baja de la fila de la margen derecha; se continúa por el segundo (02) en el sentido de las agujas del reloj y así sucesivamente hasta identificarlos todos. En la Figura 6 se indica la forma de especificar los códigos en los topes de una UH.
- Las laderas también se numeran partiendo de la primera unidad (01) que aparezca en la parte más baja de la margen derecha del cauce principal. A partir de allí se les sigue asignando números hacia la parte alta en el sentido de las agujas del reloj, hasta alcanzar la última ladera de esa margen. Luego se continúa por la margen izquierda, desde su parte alta hasta llegar a la última ladera en la parte más baja, con lo cual se cumple un primer ciclo periférico. A continuación, se repite el proceso con las laderas restantes que están ubicadas internamente dentro de la UH, es decir, las que se localizan aguas abajo del primer grupo de laderas.

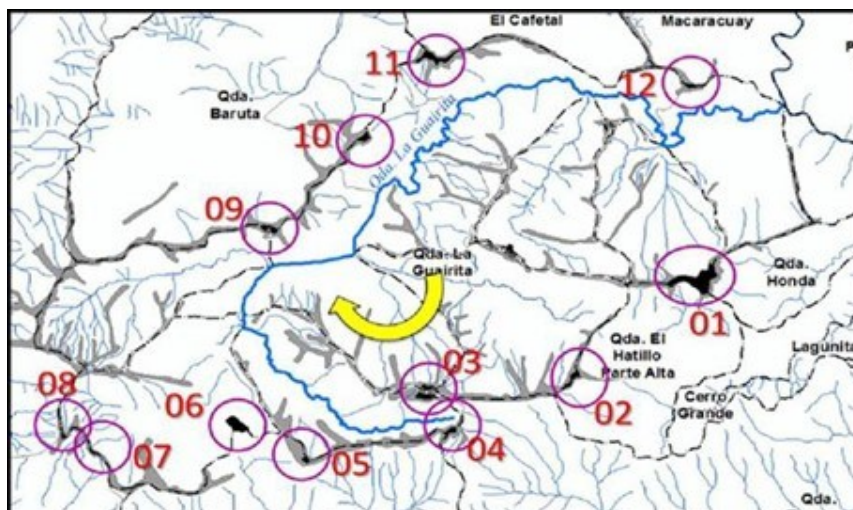


Figura 6: Forma de numerar los topes o topos dentro de una UH
Fuente: Arbórea Consultores Ambientales, 2016.

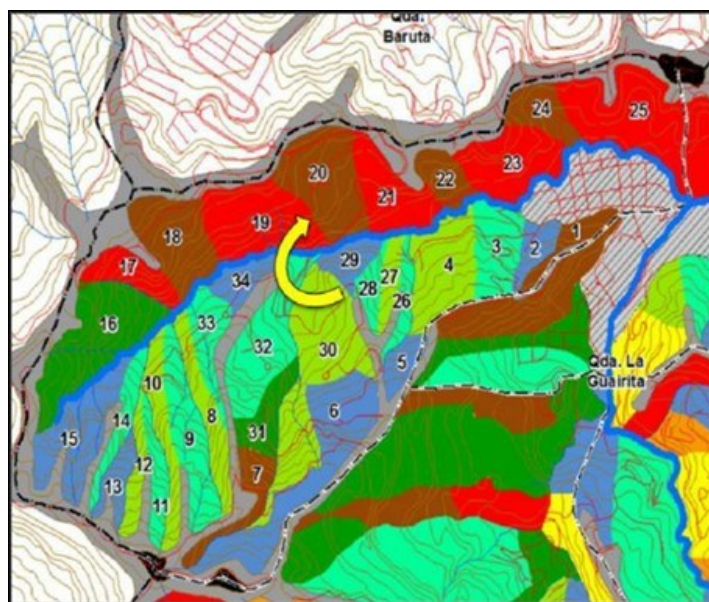


Figura 7. Forma de numerar las laderas dentro de una UH

Fuente: Arborea Consultores Ambientales, 2016.

En síntesis, se comienza la numeración desde la parte más baja de la margen derecha, y se van asignando números en forma circular, dándole la vuelta a la unidad hidrográfica por su periferia. Este proceso se repite en la segunda banda circular interna, y así en lo sucesivo hasta completar todas las laderas. La Figura 7 muestra la forma de asignar los códigos de las laderas dentro de una unidad hidrográfica.

En el caso de las laderas, debido a los resultados imprecisos (información poco confiable, con unidades sobrepuestas o indefinidas respecto a la realidad del terreno) obtenidos de la herramienta de orientación de laderas del paquete de Spatial Analyst, de ArcGis, así como de otros softwares como el de Quantum Gis y el de AutoCad Land, se adoptó otro procedimiento que implicó correcciones y un mayor tiempo de dedicación. En este sentido, se realizó la delimitación de cada unidad en los mapas impresos a escala 1: 25000, luego fueron escaneados y georreferenciados, todo ello implicó correcciones y mucho mayor tiempo de dedicación.

Para las terrazas, que corresponden a las áreas cuya topografía ha sido modificada durante el proceso urbanizador, con pendiente muy baja (en la mayoría de los casos $< 3\%$), se asigna un código en forma similar al de las laderas. Estas unidades no fueron codificadas, debido al alcance del estudio.

En el caso particular de las vaguadas, se seleccionó un buffer de 25 m a cada lado de la línea que define o identifica un cauce, lo cual resulta en una franja de 50 m de ancho. En el buffer resultante de la aplicación de la herramienta de geoprosesamiento de ArcGis, se crean polígonos de influencia alrededor de una línea seleccionada y a una distancia especificada.

Estas unidades morfológicas están diseñadas para el manejo de los SIG en formato SHP por cada unidad específica, para facilitar el manejo de la información. A cada una se le puede asignar un código y evaluar sus atributos: área en km^2 o en há, orientación y centro de gravedad. Igual que en el caso anterior, en el alcance del estudio no se contempló la codificación y evaluación de las vaguadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procedimiento planteado y utilizado permitió la delimitación y codificación de todas las UH que abarcan el AMC, incluyendo tanto las UH convencionales (cuena, subcuena, microcuena, unidades hidrográficas de 5ta y 6ta categorías) como las intercuenas. Con el fin de delimitar dichas unidades de la manera más ajustada a la realidad del terreno, se reconocieron y recuperaron aspectos o rasgos geográficos.

cos representados en la cartografía base oficial (IGVSB), lo que contribuyó a la actualización y asignación de la toponimia de las UH y morfográficas. Esto se refiere a los topónimos originales de sectores urbanos, antiguas zonas agrícolas, estructuras, rasgos del relieve, predios, entre otros, que contribuyen a identificar las unidades hidrográficas resultantes; igualmente, se representa el trazado original de cursos de agua, muchos actualmente “enmascarados” para la cartografía por la expansión del espacio urbano o por la existencia de obras hidráulicas que los cubren (embaulamientos).

En definitiva, se definieron 230 UH (128 convencionales y 102 intercuenas) y 8252 sectores, identificados por unidades según se indica en la [Tabla 2](#).

Nota: El número de laderas, filas y topos corresponde a las unidades morfográficas cuantificadas por la empresa Arborea, de acuerdo con el alcance del estudio contratado por la Alcaldía Metropolitana de Caracas.

Esta investigación permitió caracterizar los terrenos del AMC y como resultado se obtuvieron los siguientes resultados cuantitativos y el respectivo mapa de unidades morfográficas ([Figura 8](#)):

- 62025 hás representan el 80 % de las unidades morfográficas de laderas, topos y filas.
- 15639 hás corresponden al restante 20 % áreas planas, terrazas y valles.

Los resultados de la sectorización hidrológica y morfográfica pueden ser consultados y manejados con el uso de los SIG. Por ejemplo, en el caso particular de la UH de 5ta categoría, quebrada La Jurcia, afluente del río Macarao, los atributos de una ladera (código: 11482644100LA02), de una fila (código: 11482644100FS116) y de un topo (código: 11482644100TP20), seleccionados aleatoriamente, se pueden apreciar cómo se indica en la [Figura 9](#).

UNIDADES HIDROGRÁFICAS		CANTIDAD
Hoya 1° Categoría		1
Cuenca 2° Categoría		2
Subcuenca 3° Categoría		7
Microcuenca 4° Categoría		45
UH 5° Categoría		60
UH 6° Categoría		13
Total convencionales		128
Intercuenas		102
Total Unidades hidrográficas		230
UNIDADES MORFOGRÁFICAS		
Topos	Filas	Laderas
363	1795	6094
TOTAL UNIDADES MORFOGRÁFICAS		
8252		

Tabla 2: Las UH y morfográficas definidas y evaluadas en el AMC
Fuente: Arborea Consultores Ambientales, 2016.

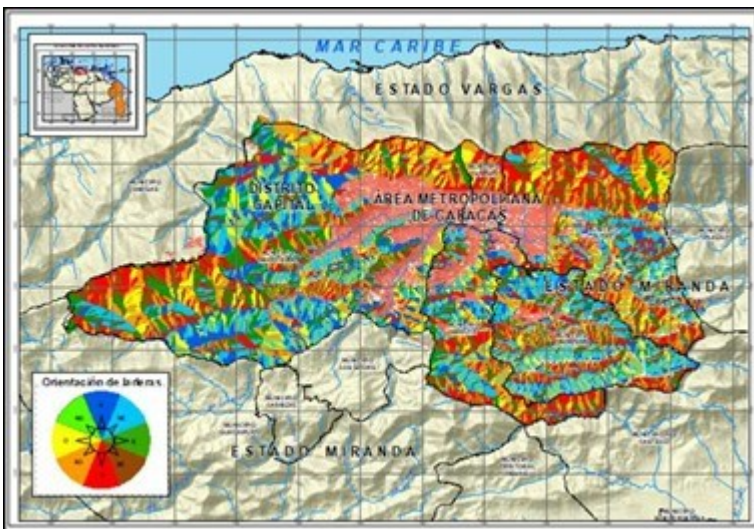
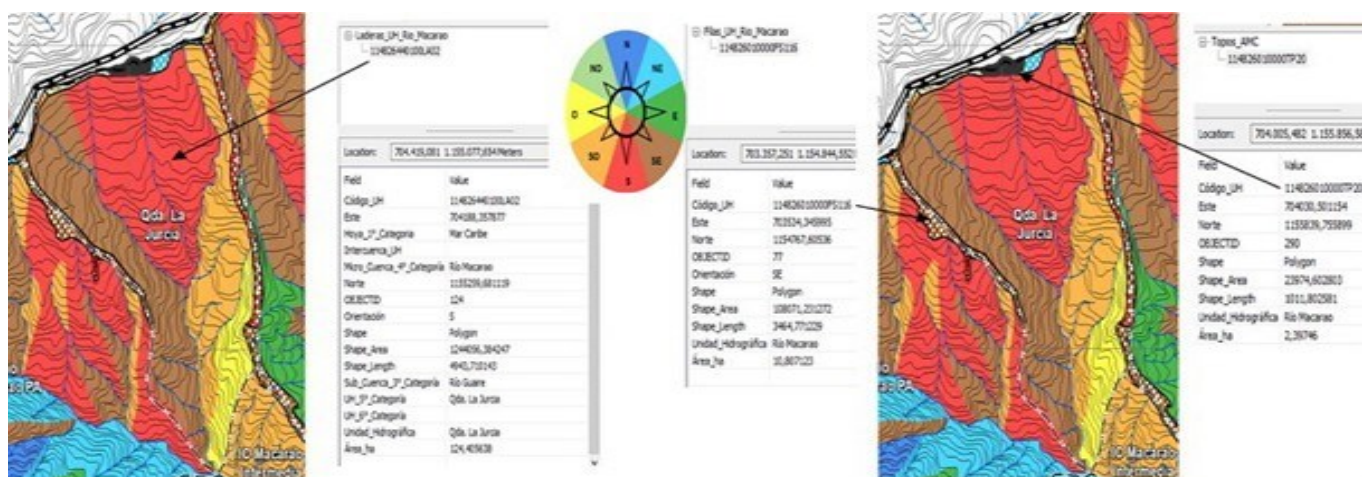


Figura 8: Mapa de unidades morfográficas del AMC y su área de influencia directa
Fuente: Arborea Consultores Ambientales, 2016.



Se puede consultar la cantidad de laderas, u otras unidades, con una orientación determinada y las superficies que ocupan en una UH, para analizar los resultados espacial y estadísticamente (Figura 10).

Figura 9: Consulta de los atributos de las unidades morfológicas. Caso: quebrada La Jurcia
Fuente: Arborea Consultores Ambientales, 2016.

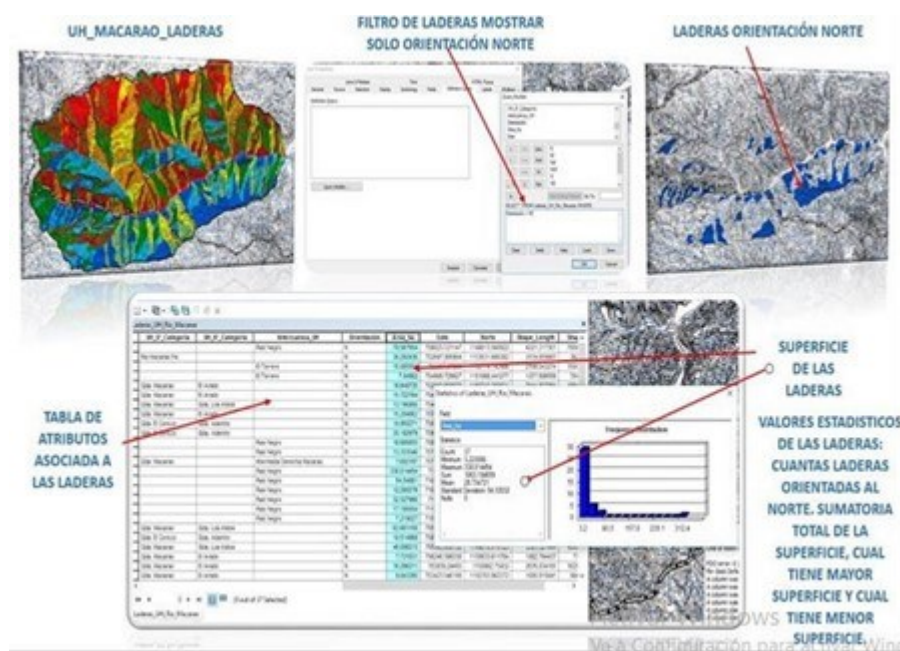


Figura 10: Consulta y filtro de una unidad morfológica de ladera. Caso: río Macarao
Fuente: Arborea Consultores Ambientales, 2016.

REFERENCIAS

Arborea Consultores Ambientales, C. A. (2016). *Sectorización Ambiental del Área Metropolitana de Caracas*. Caracas: Alcaldía Metropolitana de Caracas.

C. G. R. Ingeniería (2001). *Estudio de crecidas en las cuencas de la vertiente sur del Parque Nacional del Ávila*. Caracas: Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.

Instituto Metropolitano de Urbanismo (2020). *Avances del Plan Estratégico Caracas Metropolitana (2008 - 2012)*. Caracas: Alcaldía Metropolitana de Caracas.

López, J. L. (2005). *Impacto y prevención de inundaciones por aludes torrenciales en el valle de Caracas*. ("Propuesta General del PDUL - SlideShare") Informe Final. Vols I, II y III. Facultad de Ingeniería, Instituto de Mecánica de Fluidos, UCV.

Matute, M. & A. Salazar (1967). *Cálculo de las Influencias Orográficas en la Precipitación Media Anual*. Trabajo Especial de Grado presentado ante la UCV para optar al título de Hidrometeorologista.

Strahler, A. (1977). *Geografía física*. 3ra. Ed. Barcelona, España: Ediciones Omega S. A.

Tragsa, T. (1994). *Restauración Hidrológico Forestal de Cuencas y Control de Erosión*. Madrid: editorial.

Reconocimiento Institucional: Al Dr. Jesús Delgado Villasmil, asesor principal de los aspectos relacionados con la gestión ambiental y territorial del Programa de Ordenación Territorial Ambientalmente Sostenible del Plan de Reducción de Riesgos Ambientales y Adaptación al Cambio Climático del AMC, coordinado por la Gerencia de Ambiente de la Alcaldía Metropolitana de Caracas.

Manuel Enrique Matute Padrón

Ingeniero Hidrometeorologista. Universidad Central de Venezuela UCV (1970). Especialista en Estudios Hidrológicos Universidad Central de Venezuela UCV (1970), MSc. Civil Engineering Planning Stanford University USA (1977). Curso de Mejoramiento Profesional en Planificación de Recursos Hidráulicos JICA Japón (1980). Arborea Consultores Ambientales C.A. (2013-2019). Gerente de Proyectos.

Elia Auxiliadora Gómez Figueroa

Licenciada en Geografía, Universidad Central de Venezuela UCV (1986), Presidente de Arborea Consultores Ambientales C. A. (1998-2019) y Arborea Consulting LLC, (2016-2019) con una experiencia gerencial evidenciada por la conducción de más de 300 proyectos ambientales en el sector petrolero, construcción, minería, turismo y gobierno local.

Jonathan José Torres Molina

Licenciado en Geografía, Universidad Central de Venezuela UCV (2013), MSc. Análisis Espacial y Gestión del Territorio Universidad Central de Venezuela UCV (2018), Doctorando en Urbanismo Facultad de Arquitectura y Urbanismo UCV, Arborea Consultores Ambientales C. A. (2011-2020) Geógrafo, consultor en Sistemas de Información Geográfica y participación en estudios ambientales y urbanos.

Wilmer José Becerra Durán

Geógrafo. Especialista y consultor en estudios ambientales, geográficos y geomorfológicos; Escuela de Geografía, Universidad Central de Venezuela UCV. Arborea Consultores Ambientales C. A. (2011-2019).

Bárbara Emperatriz Loreto Benavente

Licenciada en Geografía, Universidad Central de Venezuela UCV (2015), MSc. Planificación Integral del Ambiente, Universidad Central de Venezuela UCV (2018), Doctorando en Urbanismo Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UCV. Profesora Universidad Experimental Rómulo Gallegos UNERG. Arborea Consultores Ambientales C.A. (2015-2020).

Se sugiere citar:

Matute, M., E. Gómez, J. Torres, W. Becerra, B. Loreto (2019). Metodología para la sectorización ambiental del Área Metropolitana de Caracas. *Revista Cartógrafo.CL* 1 (2), pp. 68 - 82.

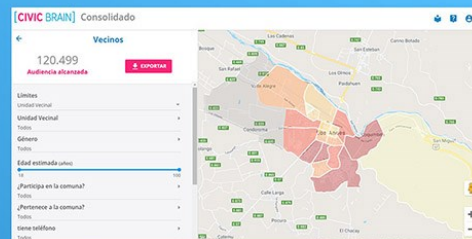
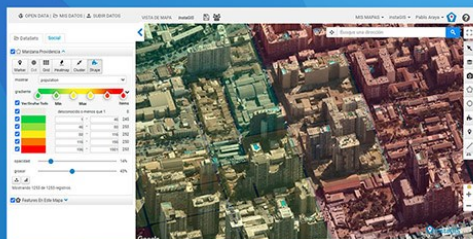
Nota: Este artículo fue publicado en: Terra. Nueva Etapa, vol. XXXV, núm. 57, 2019. Universidad Central de Venezuela.



Bajo Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional.



Conoce nuestras herramientas de inteligencia territorial
para organizaciones



- Sistema de información Geográfica en la web
- Pensado para facilitar los flujos de información entre miembros de tu organización
- Open data disponible para todos los usuarios
- Permite la georreferenciación de registros

- Conoce y georreferencia las necesidades de tus vecinos
- Genera y exporta audiencias segmentadas
- Comunicación por canales digitales optimizada de forma nativa
- Creación de filtros en base a tus datos

¿Dudas? ¡Contáctanos!



+569 3378 0171



medios@predictablemedia.com



@PlataformaCivicBrain

Ministerio de Bienes Nacionales



IDE CHILE

Infraestructura de Datos Geospaciales



Cartógrafo.CL/02-2021



La Ciencia de la Topografía

INTRODUCCIÓN

En muchas ocasiones nos hacen la pregunta: ¿la Topografía es una ciencia? Lo cual, nos puede parecer extraño e incluso difícil de contestar, pues de manera cotidiana vemos a los colegas que ejecutan acciones y labores topográficas, ya sea en proyectos de construcción u obras civiles, nombrados coloquialmente como “el Topo” o “el Topógrafo”, incluso en algunos casos con un dejo de menosprecio. Sin valorar la gran importancia que tiene la Topografía, no solo en las obras civiles, sino en el desarrollo de la sociedad y el territorio. Las personas suelen asociar “el hacer ciencia” con una bata de laboratorio y no con un equipo topográfico por las calles.

Por lo general, los resultados de la descripción del terreno o del territorio se representan de manera gráfica, lo cual se denomina “plano o mapa”, ese producto es netamente un modelo matemático que se formula y representa numéricamente. La recolección de la información se obtiene por diferentes métodos, ya sea directos o indirectos. Equipos como teodolitos, cintas, niveles, estaciones totales, escáner láser, son muy empleados en la Topografía; así como sensores remotos, técnicas de teledetección y fotogrametría. Asimismo, la información se gestiona, procesa y administra en diferentes sistemas, por ejemplo, los sistemas de información geográfica y servidores web.

En mi labor como catedrático, trato siempre de compartir con los futuros colegas, la importancia de nuestra profesión; que practiquen con gran orgullo la Topografía; que defiendan con argumentos científicos y técnicos su importancia y necesidad para el desarrollo. Eso motivó este breve escrito donde comento el porqué la Topografía es una ciencia.

CIENCIA Y FILOSOFÍA

La Filosofía que reflexiona sobre la esencia, las propiedades, las causas y los efectos de las cosas naturales, especialmente sobre el hombre y el universo, formula un sistema filosófico como un conjunto sistemático de los razonamientos expuestos por un pensador o un grupo de personas, cuyo objeto es buscar o establecer de manera racional los principios más generales que organizan y orientan el conocimiento de la realidad.

La Filosofía se establece en tres áreas más representativas que son:

- Filosofía Analítica: Corriente filosófica, de tradición anglosajona, que destaca la importancia del lenguaje, de su verificabilidad y precisión en el análisis de las proposiciones filosóficas.

Rigoberto A. Moreno
Ingeniero Topógrafo

Universidad de
Guadalajara
México



rigobertoamv@gmail.com

- Filosofía Moral: Trata de la bondad o malicia de las acciones humanas.
- Filosofía Natural: Investiga las leyes de la naturaleza.

Desde hace mucho tiempo la filosofía se ha encargado del cuestionamiento de lo que es o no es ciencia.

En la teoría de la ciencia, se abordan los siguientes cuestionamientos: ¿Cómo se define la ciencia? ¿Qué tareas tiene la ciencia? ¿Cuáles métodos puede utilizar y cuáles no? ¿Qué es lo que está permitido en la ciencia?...

Es la filosofía la que nos ayuda a definir lo que es ciencia, que según la Real Academia Española (RAE) se entiende como "Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente."

De la gran cantidad de actividades que desarrollamos en la Topografía, el enfoque principal se encuentra en la actividad científica y la presentación de los resultados. La división teórica entre científico y no científico, en la práctica es difícil de realizar.

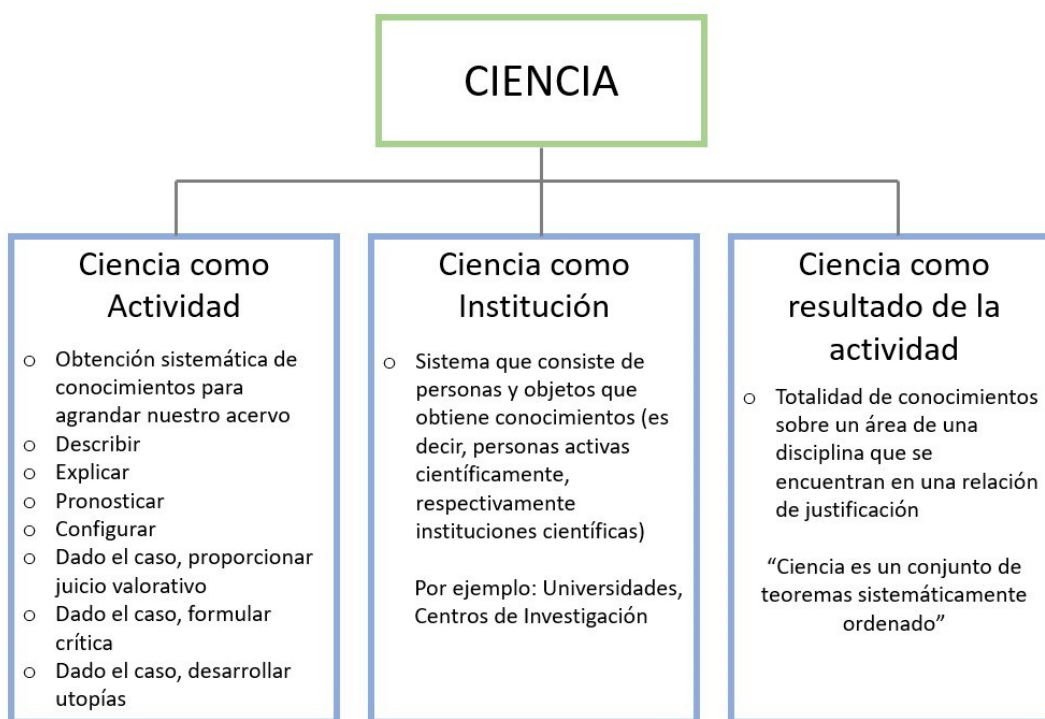


Figura 1: Significado de ciencia según Kornmeier (2007).

DIFERENTES OBJETIVOS EN LA CIENCIA

Según Abler et al., 1972, la ciencia se formula en cuatro partes, como pirámide jerárquica:

1. La mayor parte de los científicos se denominan a sí mismos como prácticos. Ya durante su carrera han conocido un gran espectro de métodos, con cuya ayuda solucionan problemas. El médico, por ejemplo, luego de sus estudios universitarios sabe cómo extirpar un apéndice, así como, el geógrafo es capaz de comprobar el impacto ambiental; mientras que el ingeniero topógrafo sabe representar de manera detallada y precisa una parte de la superficie de la Tierra.



2. Son los llamados metodólogos los que debaten sobre nuevos métodos científicos. El personal académico a menudo cuenta bajo este grupo. Están liberados de la presión de solucionar problemas actuales urgentes y pueden utilizar una gran parte de su tiempo para desarrollar o experimentar nuevas técnicas. También, pensar proposiciones de mejora para las prácticas cuenta entre sus tareas. Para emplear un ejemplo de la geografía: los cartógrafos confeccionan mapas, que sirven para el almacenamiento de informaciones espaciales. En cambio, los metodólogos cartográficos se ocupan con métodos nuevos, más racionales o mejores para el almacenamiento de la información espacial. Con la introducción de la cartografía digital y los sistemas de información geográfica, estamos viviendo de cerca, desde hace un tiempo, tal avance metodológico, así como “los dolores de parto que lo acompañan”. Hasta la integración de los nuevos métodos en la práctica, naturalmente tiene que pasar un tiempo. A través de ellos, no obstante, los metodólogos no se vuelven prácticos, sino parten hacia nuevos horizontes.
3. Aquellos científicos que todavía no se complacen con novedades metodológicas, avanzan un paso más. El pensar sobre la estructura de los sistemas lógicos, en los cuales se mueven sus colegas, se halla aún más alejado de los problemas actuales. De este tipo, por disciplina no existen muchos. Estos llamados metateóricos piensan de modo muy teórico y abstracto. Como ejemplo, este tipo de científico constata que los conocimientos marxistas se basan en otro tipo de comprensión de sociedad que los conocimientos de la ciencia burguesa, u observan que la interpretación de poemas incluye la personalidad del científico de otra manera que la investigación experimental de la ciencia natural.
4. En el último nivel se encuentran los filósofos. Ocupan su tiempo para pensar en problemas abstractos de naturaleza universal para todas las ciencias, tal vez hasta sobre el significado de la actividad científica.
5. En todos los niveles de la pirámide científica se crean soluciones para problemas prácticos, metódicos y teóricos en el nivel de la metateoría o problemas generales para la ciencia entera.

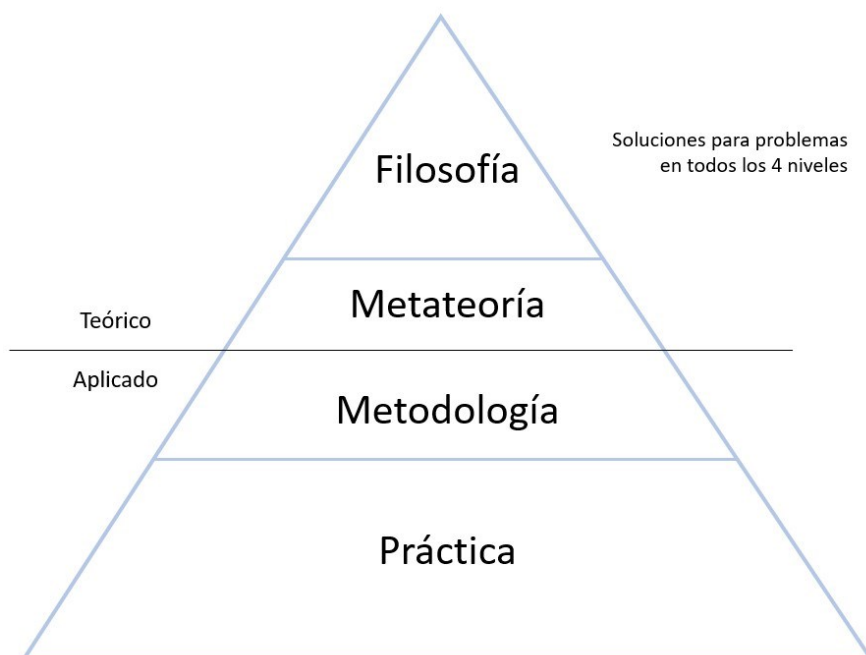


Figura 2: Pirámide de la ciencia según Abler et al., 1972.

LA CIENCIA TOPOGRÁFICA

La Topografía, separada de las cuestiones técnicas de recolección y localización física de datos, bancos de datos y formatos de intercambio, puede ser denominada una ciencia teórica, que describe y delinea detalladamente una fracción de la superficie de la tierra; así como estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales. Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la ciencia de la Geodesia para áreas mayores.

Para eso se utiliza un sistema de coordenadas tridimensionales, donde la X y la Y son competencia de la planimetría y la Z, de la altimetría.

Los mapas topográficos no son más que una modelación matemática donde se aplica el método científico para representar el terreno. Utilizan el sistema de representación de planos acotados, donde se muestra la elevación del terreno utilizando líneas que conectan los puntos con la misma cota respecto de un plano de referencia, denominadas curvas de nivel. En este caso, se dice que el mapa es hipsográfico. Dicho plano de referencia puede ser tanto elipsoidal como gravimétrico.

Su definición etimológica es del griego antiguo *τοπογραφία* (topographia), compuesto de *τόπος* (topos, "lugar") y *γράφω* (graphō, "describir").

A su vez identificada como el arte y ciencia de la observación, descripción precisa y representación gráfica de la superficie de los territorios o terrenos, esta ciencia de manera coloquial se le relaciona con profesiones homólogas y hermanas como los son: Agrimensura, Cartografía, Geografía, Geodesia y actualmente, a la Geomática, todas ellas relacionadas como aporte, desarrollo y aplicación de la información geoespacial.

La Topografía es una ciencia geométrica aplicada a la descripción de la realidad física inmóvil circundante. Es plasmar en un plano topográfico la realidad vista en campo, en el ámbito rural o natural, de la superficie terrestre. En el ámbito urbano, es la descripción de los hechos existentes en un lugar determinado: muros, edificios, calles, entre otros.

Se divide el trabajo topográfico en dos actividades congruentes: llevar «el terreno al gabinete» (mediante la medición de puntos o revelamiento, su archivo en el instrumental electrónico y luego su edición en la computadora) y llevar «el gabinete al terreno» (mediante un replanteo por el camino inverso, desde un proyecto en la computadora a la ubicación del mismo mediante puntos sobre el terreno). Los puntos relevados o replanteados tienen un valor tridimensional; es decir, se determina la ubicación de cada punto en el plano horizontal (de dos dimensiones, norte y este) y en altura (tercera dimensión).

Considerando que para referirnos a un sistema de alturas, solo se pueden emplear dos maneras: a) altura geodésica o altura elipsoidal y b) altura geoidal, conocida como altura gravimétrica. La primera altura tiene su origen en el modelo matemático del elipsoide en revolución, y la segunda altura depende de un modelo basado en mediciones de gravedad con aparatos de alta precisión. Existen también modelos de gravedad, basados en los niveles del mar físicos, conocidos como "modelos híbridos".

La Topografía no solo se limita a realizar los levantamientos en terreno, sino que posee componentes de edición y redacción cartográfica, para que al confeccionar un plano o mapa se pueda entender el fonema representado a través del empleo de símbolos convencionales y estándares, previamente normados para la representación de los objetos naturales y antrópicos en los



mapas o cartas topográficas. Así como aporta a la geomática e información geoespacial, por lo cual se puede determinar que la ciencia de la Topografía es elemental para la aplicación geoespacial. La Topografía es capaz de comprender, analizar y manejar críticamente datos geoespaciales que permiten la generación de información precisa (tiempo-espacio) para el auxilio, orientación y ubicación de diversos puntos. La Topografía se puede especializar en el manejo de los datos geoespaciales y establecer un diálogo constante con profesionales de otras disciplinas para desarrollar proyectos complejos inter y transdisciplinarios, que permitan fundamentar la toma de decisiones en los diferentes ámbitos de desarrollo social.

En la aplicación y desarrollo de la Topografía aplicamos el método científico, donde los términos centrales son:

- Definición
- Tesis
- Hipótesis
- Teoría
- Modelo
- Empirismo

Una palabra se vuelve término cuando se relaciona con contenidos más o menos aceptados universalmente. La aclaración del contenido y la delimitación de los términos se efectúa a través de definiciones.

Comencemos, por lo tanto, con la definición de “definición”. En una definición se fijan exactamente los significados y los modos de uso de una expresión lingüística. Al tomar definiciones de otros, es indispensable citar el autor de la definición correspondiente. Mediante una definición se posibilita una afirmación exacta, por lo tanto, se contrarresta a los malentendidos. A menudo, en las definiciones se trata de acuerdos que se formulan por expertos en la disciplina. En las obras estándar de consulta (universales, por ejemplo, o específicamente disciplinares) es posible encontrar definiciones acerca de una multitud de términos. Correspondiente al objetivo habrá que entrar en detalle con literatura avanzada acerca del tema. Las definiciones siempre están formuladas por humanos, es decir que –dependiendo del autor– saldrán a la luz diferentes perspectivas. Las definiciones por lo tanto no pueden ser verdaderas o falsas, sino solamente útiles o inútiles para un cierto objetivo.

Una tesis puede ser comprendida como una especulación que no tiene que corresponder a criterios exactos, como afirmación, cuya justificación está en cuestión. Una tesis tiene que:

- Ser comprobada respecto a su “verdad”, o mediante el estado del conocimiento (literatura) o mediante trabajo empírico
- Ofrecer hechos comprobables (no: “Existe la vida en el nirvana”)
- Ser desmentible en su principio

Las tesis no deben contener errores lógicos (contradicciones o tautologías. Incorrecto: “El cambio climático se debe al cambio del clima”).

Las hipótesis comparativamente a las tesis generales están sujetas a exigencias más estrictas, más que todo están ligadas con un proceso de investigación empírica. En la formulación de una hipótesis hay que tener en cuenta los siguientes criterios, según Atteslander (2000):

- Una hipótesis es una afirmación, ninguna pregunta, ninguna orden.
- La afirmación es libre de contradicción.

- Las hipótesis tienen que ser comprobables, la afirmación es refutable.
- No se debe tratar de casos singulares posibles de generalizar.

Como hipótesis de trabajo, las hipótesis dirigen el procedimiento en proyectos de investigación y por lo tanto la obtención de conocimientos científicos. A menudo, las hipótesis son formuladas en forma de:

- Relaciones condicionales (si – entonces) o
- Relaciones proporcionales (tanto – cuanto)

Por ejemplo, si los precios del transporte público suben, entonces menos estudiantes utilizarán los transportes urbanos.

Las hipótesis son la base para las teorías científicas; las teorías se ordenan por encima de las hipótesis. En las ciencias naturales, las teorías abarcan “descripciones exactas, empíricamente comprobables de los estados del mundo físico” (Werlen, 2000). En cambio, en las ciencias sociales se debe proporcionar una perspectiva similar a unos lentes, a través de los cuales se mira al mundo.

Básicamente, las teorías jamás pueden ser definitivamente verificadas, pero en todos casos siempre pueden ser refutadas. Las hipótesis sirven para el resumen, la descripción, la coordinación, la explicación y el pronóstico de fenómenos.

Los modelos sirven para la representación simplificada de hechos, relaciones e interacciones. Dependiendo del objetivo, los pensamientos teóricos se copian de manera en lo posible parecida a la realidad (pero no necesariamente naturalista). Los modelos proporcionan informaciones sobre cómo se comporta algo bajo ciertas condiciones, los procesos del pasado de este modo también pueden ser llevados al futuro. Correspondiente a la problemática a resolver hay que considerar parámetros (condiciones) que cambian.

En general, un modelo es un arreglo entre:

- simplicidad
- claridad
- utilidad

Cuando los conocimientos se pueden obtener por observación, experiencia o experimentos, se habla de empirismo. La investigación empírica hace el intento de comprobar y ampliar el cúmulo de conocimientos en base de observaciones científicas (Werlen, 2000). Existen diferentes enfoques metateóricos en los que se puede sostener la investigación empírica.

En el nivel metateórico son desarrollados las soluciones de problemas y los métodos para las diferentes disciplinas. En esto, se emplean las siguientes teorías:

- Inducción
- Deducción
- Círculo hermenéutico

Todos estos tres enfoques, según contenido de la investigación tienen su justificación de existir. Por dentro de un proceso de investigación pueden completarse o también reemplazarse mutuamente.

La obtención inductiva de conocimientos se puede comparar con un mosaico. Piedra por piedra, desde las observaciones singulares se desarrolla una imagen total (una teoría). El principio lógico de la inducción puede ser

ilustrado con el siguiente ejemplo: Todos los cisnes observados hasta ahora tienen los cuellos blancos, por lo tanto todos los cisnes son de cuello blanco. Al final de la serie de observaciones se halla una conclusión de las observaciones singulares a la población; se encuentra el resultado total de la investigación en forma de una síntesis.

La investigación deductiva pone un problema (una teoría, una pregunta o una tarea a realizar) en el principio del proceso de investigación. A continuación, se desarrollan respuestas provisorias para la pregunta, cuya validez se comprueba en el transcurso de la investigación. El intento de respuesta se examina tanto tiempo hasta que ya no se logre una refutación. Recién cuando este es el caso, una hipótesis puede ser considerada como teoría válida (hasta que alguien logre una refutación). Al contrario de la investigación inductiva, aquí se concluye del caso universal al caso individual.

El círculo hermenéutico (de griego ἐρμηνεύω [hermēneúō]: “comentar, explicar, traducir”) describe la comprensión de hechos, a partir de ciertas precondiciones del investigador (conocimientos previos y presuposiciones, opiniones de valores, esquemas de términos, etc.), sobre diferentes nuevas preguntas, fuentes y conocimientos hasta la comprensión más profunda. En el caso ideal, el conocimiento en que se basa permanece igual, pero este puede

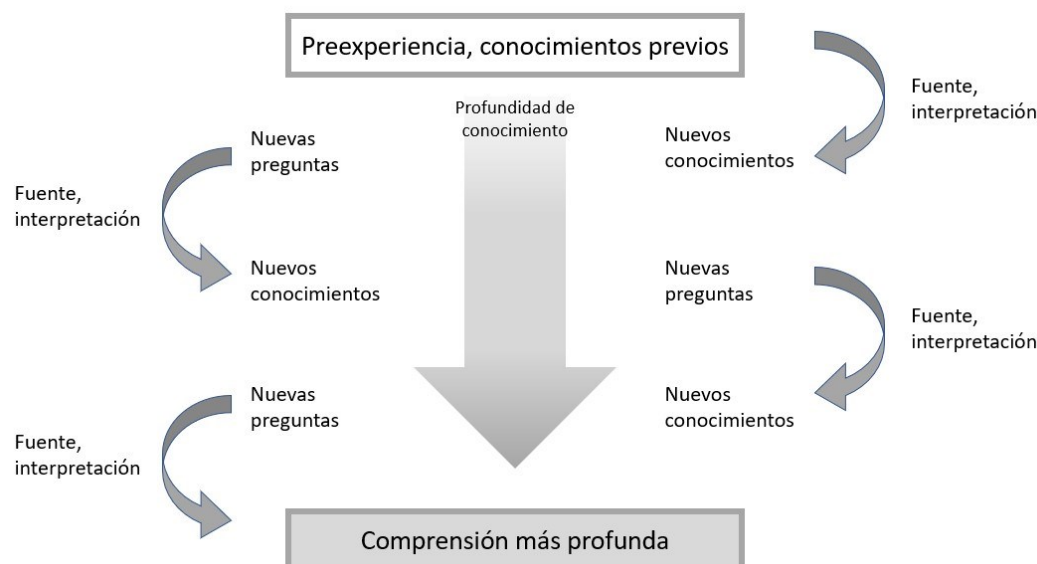


Figura 3: Esquema del círculo hermenéutico según Borsdorf, 2007.

CONCLUSIÓN

Los objetos de la Topografía como ciencia se definen en lo comentado anteriormente, ya que se formula un método científico para las actividades desarrolladas y aplicadas en su ejercicio. La ciencia no crea hechos definitivos, y con base en las metodologías científicas, la evolución es constante. Lo cual se aprecia en el desarrollo de equipos topográficos, métodos de recolección, así como de plataformas de análisis, edición y administración de información geográfica. Para todo trabajo científico la base principal es el debate científico.

La ciencia de la Topografía se establece y se justifica por la aplicación del método científico, la formulación de una hipótesis, el desarrollo y comprobación de los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Abler, R., J. Adams, & P. Gould (1972) *Spatial organization*. Prentice-Hall. London.
- Baade, J., H. Gertel , & A. Schlottmann (2005). *Wissenschaftlich arbeiten: ein Leitfaden für Studierende der Geographie*. UTB.
- Bartelme, N., (2005): *Geoinformatik. Modelle – Strukturen – Funktionen*. Heidelberg: Springer.
- Borsdorf, A. (2007): *Geographisch denken und wissenschaftlich arbeiten*. Heidelberg: Spektrum.
- Kornmeier, M. (2007). *Wissenschaftstheorie und wissenschaftliches Arbeiten: eine Einführung für Wirtschaftswissenschaftler*. Springer-Verlag.
- Maier, G. & H. Palm (o.J.): Einführung in das Wissenschaftliche Arbeiten. Planck, U. y Ziche, J. (1979): Land- und Agrarsoziologie. Eine Einf. in die Soziologie des ländl. Siedlungsraumes und des Agrarbereichs. Stuttgart: Ulmer.
- Werlen, B. (2002): Handlungsorientierte Sozialgeographie. Eine neue geographische Ordnung der Dinge. En: Geographie heute 23. S. 12-15.
- Wytrzens, H. K., E. Schauppenlehner-Kloyber, M. Sieghardt, & G. Gratzner (2009). *Wissenschaftliches Arbeiten: Eine Einführung*. Facultas Verlags-und Buchhandels AG.

Se sugiere citar:

Moreno, R. (2021). La Ciencia de la Topografía.
Revista Cartógrafo.CL 1(2), pp. 84 - 91



Bajo Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional.



Cartógrafo.CL/02-2021



Google Earth

Geoderecho: el uso de datos espaciales para orientar políticas públicas hacia la justicia social

LA DIMENSIÓN GEOGRÁFICA. LA REALIDAD SE MANIFIESTA EN EL TERRITORIO

El territorio está formado tanto por elementos físico-naturales (un lago, un bosque o condiciones climáticas), como por elementos artificiales, contruidos por medio de la acción humana (una población, una carretera o un polígono industrial). La actividad humana se desarrolla en ese entorno combinado de elementos artificiales y naturales; todo ocurre en el territorio, en una ubicación determinada y, por lo tanto, se puede representar mediante mapas.

La dimensión geográfica es un atributo determinante y, por lo tanto, es necesario tenerlo en cuenta a la hora de analizar la información. Las relaciones espaciales determinan, en muchos casos, tanto los motivos y causas por los que un determinado fenómeno ocurre en ese lugar y no en otro, como sus consecuencias.

Geomática

Las tecnologías que se agrupan alrededor del concepto de Geomática, como los denominados Sistemas de Información Geográfica y las Infraestructuras de Datos Espaciales, se constituyen como herramientas fundamentales para analizar la información geográfica y, por ello, su uso será relevante para cualquier estudio relacionado con el territorio y que requiera el análisis espacial de los datos. Además, este conjunto de tecnologías informáticas facilita el acceso a un volumen creciente de información geográfica, como las bases cartográficas nacionales, con la que se permite interoperar por medio de una serie de estándares y protocolos.

Derecho

La justicia nace de la necesidad de mantener la armonía entre los integrantes de la sociedad. Constituye el conjunto de pautas y criterios que establecen el marco para las relaciones entre personas e instituciones, autorizando, prohibiendo y permitiendo acciones específicas en la interacción de estos. Las relaciones humanas en toda sociedad se regulan por el derecho, un conjunto de normas y principios inspirados en ideas de justicia y orden que regulan las relaciones humanas en toda sociedad y cuya observancia es impuesta de forma coactiva por parte de un poder público. El conjunto de principios y normas jurídicas de un Estado determinado constituye su ordenamiento jurídico.

Álvaro Anguix

Director General
Asociación gvSIG
www.gvsig.com



Entonces, si como habíamos afirmado, la totalidad de la acción humana tiene dimensión geográfica y, por lo tanto, es representable mediante mapas, podemos llegar a concluir que las reglas –o más bien su aplicación– que regulan las relaciones humanas también pueden analizarse desde el punto de vista del análisis espacial. La justicia y la ausencia de esta, la injusticia, pese a ser conceptos abstractos, pueden ser visualizadas e interpretadas, aportando nueva información, nuevos y complementarios puntos de vista, gracias a los mapas y a las avanzadas técnicas informáticas de representación y procesamiento de información con componente geográfica.

En particular, en este artículo, queremos poner el foco en las injusticias medioambientales. Los fenómenos que dan lugar a este tipo de injusticias no son ajenos a esta realidad y ocurren en el territorio. Se denominan actividades GRAFITE a aquellas que son generadoras de riesgos ambientales y de focos de injusticias territoriales evitables. Se trata en todo caso de actividades legales, que pueden tener un considerable interés público, una importancia relevante, de tal modo que son desarrolladas en muchos casos con inversiones públicas. Actividades que pretenden dar solución a necesidades sociales relacionadas con temas como accesibilidad al agua, seguridad alimentaria, transporte..., y que derivan en proyectos como la construcción de aeropuertos, presas o plantas de tratamiento de residuos. Actividades que resolviendo problemas sociales pueden, a su vez, provocar injusticias como efectos en la salud y convivencia de las poblaciones afectadas. Utilizando la Geomática, superponiendo capas y cruzando datos espacialmente, como aquellos que se refieren a poblaciones vulnerables, actividades económicas y territorio, se pueden representar estas injusticias. Por diversos motivos socioeconómicos, es frecuente que las poblaciones más pobres sean las más vulnerables a sufrir este tipo de injusticias.

Por lo tanto, concluyendo este primer punto, podemos afirmar que en el ámbito de la justicia medioambiental es aplicable la Geomática para estudiar causas, efectos y aplicación de medidas. El derecho puede encontrar en la información geográfica y en las tecnologías que permiten trabajar con ella, un potente aliado.

INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES Y TECNOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DEL TERRITORIO

Las Infraestructuras de Datos Espaciales¹ nacieron con el objetivo de facilitar los mecanismos para compartir información geográfica y asegurar la interoperabilidad de los datos mediante internet. Para desarrollar este objetivo se han establecido una serie de normas y especificaciones acordadas a través de organizaciones internacionales de estandarización e integradas en las distintas tecnologías y aplicaciones informáticas que interactúan con datos espaciales.

La importancia de las Infraestructuras de Datos Espaciales, conocidas por su acrónimo IDE, es capital. Han permitido que toda la información mundial pueda cruzarse mediante un sistema de nodos distribuidos. Una administración local puede publicar en su IDE toda la información espacial que genera en formato digital (información urbanística, inventario municipal, catálogo de patrimonio, servicios municipales, arbolado urbano...), un gobierno provincial hará lo propio con la suya, el gobierno nacional podrá tener diversas IDE que publicarán información cartográfica básica y de cada uno de sus ministerios. El conjunto de todas las IDE nacionales, provinciales y locales conformará la Infraestructura de Datos del país. A su vez las IDE de cada país permitirán crear Infraestructuras de Datos Espaciales supranacionales y globales. Desde cualquier software que implemente los protocolos y servicios de interoperabilidad se podrá acceder a la información de cualquier IDE pública y, a su vez, cruzarla con información propia.

A nivel de cada organización se eliminan problemas de acceso y localización de información, de existencia de información duplicada, de versiones distintas de los mismos datos. A nivel externo se democratiza el acceso a la población, el dato geográfico pasa a ser un servicio público accesible, consultable y analizable.

¹Andrew Phillips, Ian Williamson & Chukwudozie Ezigbalike (1999) Spatial Data Infrastructure Concepts, Australian Surveyor, 44:1, 20-28, DOI: [10.1080/00050351.1999.10558768](https://doi.org/10.1080/00050351.1999.10558768)

La parte más visible, para el público general, de una IDE son los denominados geoportales o visores de mapas. Páginas web cuyo principal componente es el mapa y en las que podemos navegar por la cartografía, activar y ocultar capas de información, consultar atributos asociados a elementos cartográficos y, en definitiva, interactuar con los datos espaciales.

Las IDE han permitido, en definitiva, homogeneizar la información geográfica para compartirla, democratizar el acceso a los datos espaciales.

DERECHOS Y SOFTWARE

Dedicamos un pequeño apartado de este artículo a hablar de derechos y software, ya que todos los ejemplos de geotecnologías que se citan en él corresponden a las soluciones en software libre de la Suite gvSIG.

El software se puede clasificar de múltiples formas, en función de la característica principal que se quiera destacar. Es relevante realizar esta aproximación tan evidente, ya que en la actualidad la división entre tipos de software más utilizada es precisamente la que relaciona el software con la libertad que se disponga para utilizarlo, con los derechos (o ausencia de estos) que otorga a sus usuarios.

Se define como software libre aquel que otorga unos derechos básicos al usuario, derechos que vienen definidos por las denominadas cuatro libertades:

- Libertad para usarlo sin restricciones y con cualquier propósito.
- Libertad para estudiar cómo funciona el programa y modificarlo, adaptándolo a las propias necesidades.
- Libertad para distribuir copias del programa.
- Libertad de mejorar el programa y hacer públicas esas mejoras a los demás, de modo que toda la comunidad se beneficie.

Bajo la simple definición de software libre ya se perciben todas las ventajas que proporciona frente al software denominado privativo, cuya definición se puede establecer como aquel en el que están ausentes los derechos anteriormente citados. Cabe decir que la licencia de uso de un software no tiene equivalencia alguna con la calidad de este.

PROYECTOS DE REFERENCIA

Impulsada por CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), la Red JUST-Side (Justicia y Sostenibilidad en el Territorio a través de Sistemas de Infraestructuras de Datos Espaciales) integra socios académicos y empresariales de Iberoamérica, con experiencia en las áreas del Derecho, Ciencias Sociales y Tecnologías de Información Geográfica.

Se muestran a continuación un par de ejemplos de geoportales realizados dentro de la Red JUST-Side y que permiten servir como referencias de aplicación de la Geomática a la injusticia medioambiental.

Caso 1: Cuenca Matanza Riachuelo

Una cuenca es la unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación y/o el agua subterránea escurre hacia un cuerpo de agua común (río, lago, mar, etc.). Esta zona está delimitada por una línea divisoria de aguas que une los puntos más elevados del terreno, provocando que el agua escurra en un sentido u otro, alimentando de esta manera cuencas vecinas. Debe ser vista de forma tridimensional al integrar lo que sucede en su superficie, con las profundidades de su suelo y el entorno que se encuentra más allá de sus límites.

En el caso de la Cuenca Matanza Riachuelo, provincia de Buenos Aires, República Argentina ([Figura 1](#)), el agua de las precipitaciones forman arroyos que confluyen en un curso principal llamado Matanza, en sus orígenes, y Riachuelo, en su tramo final. Este curso principal recorre 64 km en sentido sudoeste-noreste hasta llegar a su desembocadura y descargar sus aguas en el Río de la Plata. El Matanza Riachuelo es un río de llanura con escasa pendiente. Abarca una superficie aproximada de 2047 km² y está localizada al noreste de la Provincia de Buenos Aires.



Las características de la Cuenca Matanza Riachuelo dan cuenta de un territorio sumamente complejo, que requiere para su abordaje ambiental de un ejercicio de integración de distintos enfoques, ya que sus aspectos técnicos (como el grado de contaminación de sus aguas y suelos) no pueden desligarse de dimensiones sociales. En la Cuenca viven aproximadamente 5,8 millones de personas. Esto representa el 15 % de la población de la República Argentina y da cuenta de una alta densidad poblacional en una pequeña parte del territorio nacional, lo cual significa un severo impacto sobre el ambiente. Las actividades productivas que se desarrollan en la Cuenca son la agropecuaria, fundamentalmente en la Cuenca Alta, y la actividad industrial. Las industrias radicadas en la región son de distinto tipo, pero por su impacto ambiental tienen mayor relevancia las del sector químico y petroquímico, las industrias alimenticias, curtiembres, frigoríficos, galvanoplastias y metalúrgicas. Se trata de la zona más urbanizada e industrializada del país.

Para representar y analizar esta interacción entre fenómenos físicos naturales y sociales se ha generado un geoportal en gvSIG Online que agrupa la información en cuatro grandes grupos:

Funcional: Con capas de información como el límite antrópico, límite jurisdiccional, estado del mantenimiento de los márgenes, riesgo ambiental para la población asentada en radios censales con densidad mayor a 10 hab/Ha, estaciones de reciclado, eco puntos operativos, etc.

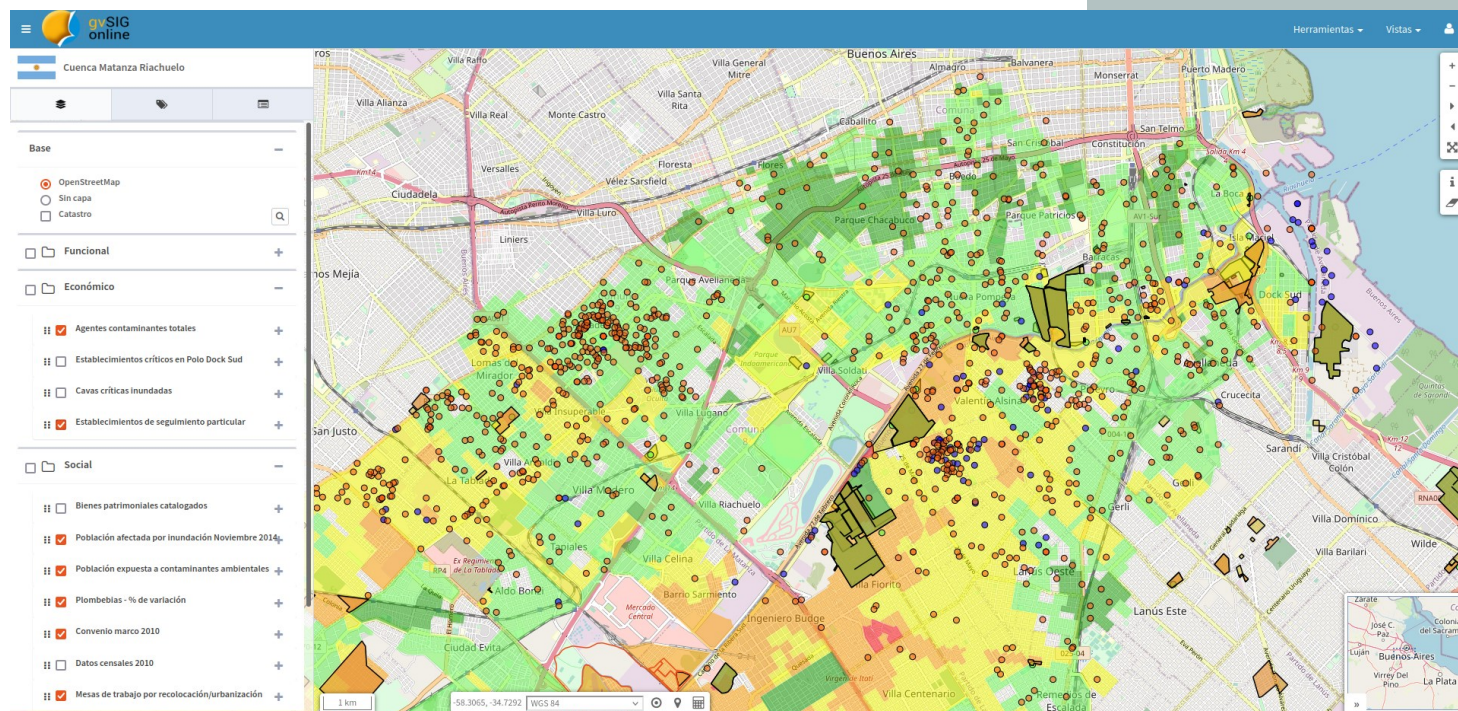
Económico: Contiene cuatro capas de información, dos de ellas dedicadas a la localización de establecimientos críticos identificados para seguimiento, niveles de riesgo correspondiente a las cavas críticas inundadas y agentes contaminantes totales.

Social: Un conjunto de capas de información con datos de índice de calidad de vida, datos censales, valores de plomo en sangre, población expuesta a contaminantes, etc.

Biofísico: El grupo de capas más extenso, superando la treintena de capas de información, relacionadas con parámetros biofísicos como el control de oxígeno disuelto en agua, concentración de nitratos, calidad de aguas superficial, etc.

Como se puede intuir, el volumen de información es relevante y permite apreciar la importancia de poder consultar toda esta información y analizarla de forma conjunta mediante un geoportal de una IDE.

Figura 1. Cuenca Matanza Riachuelo.



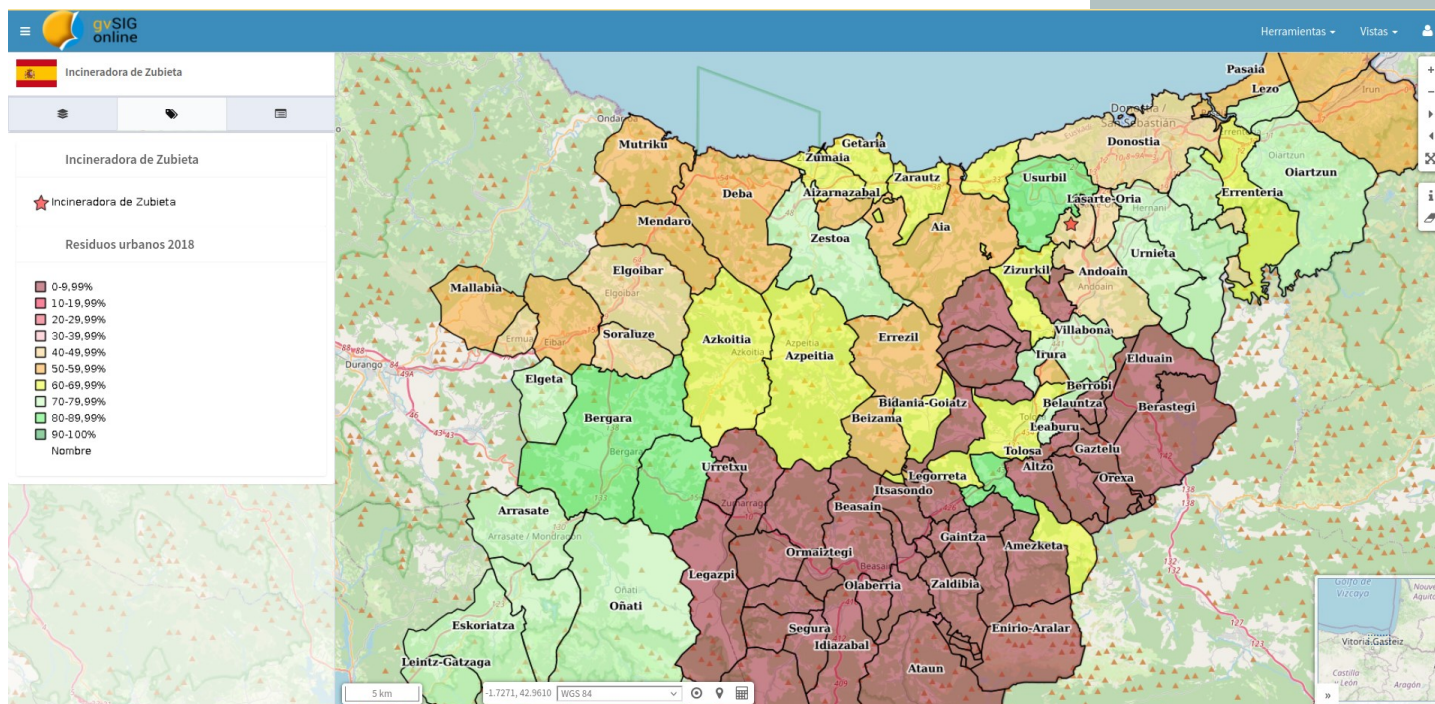


Caso 2: Incineradora de Zubieta

Este estudio aborda el caso de una planta de valorización energética de residuos no peligrosos de reciente construcción, en la localidad de Zubieta, provincia de Gipuzkoa, España (Figura 2). El análisis se centra en lo estrictamente necesario para examinar, desde la óptica de la dimensión social del desarrollo sostenible, los criterios en los que se basó la decisión de instalar una incineradora de titularidad pública en Gipuzkoa y emplazarla precisamente en Zubieta.

El geoportal que complementa este estudio, a partir de información de acceso público, muestra la ubicación de la incineradora y un mapa que, partiendo de datos oficiales de residuos urbanos municipales, permite mediante una simbología de intervalos representar el total de recogida selectiva frente a los residuos urbanos totales (sin autocompostaje). Un mapa que permite intuir si existe una necesidad real de puesta en marcha de la incineradora.

Figura 2. Incineradora de Zubieta.



CONCLUSIONES

En casos de justicia medioambiental, el análisis de la información desde el punto de vista geográfico puede convertirse en un valor a tener muy en cuenta al aportar conocimiento sobre las relaciones espaciales entre los fenómenos físicos y sociales que se desarrollan en el territorio. En definitiva, el estudio de injusticias territoriales, desde diversos enfoques (motivos, repercusiones, compensaciones...,) requiere de una comprensión del territorio y de las relaciones entre los fenómenos naturales y sociales que en ella ocurren para disponer de una visión más completa de la realidad.

Sin embargo, en el campo del Derecho las tecnologías y metodologías que se agrupan bajo el concepto de Geomática raramente son utilizadas. Las causas de esto son diversas, donde el motivo principal es tanto el desconocimiento de la existencia y ventajas de su uso, como la interpretación de que se trata de aplicaciones informáticas altamente especializadas y por lo tanto complejas de manejar.

Motivos complementarios como los altos costes de licencia de los SIG privativos y el ignorar que existen alternativas libres como la Suite gvSIG o la dificultad para localizar datos cartográficos oficiales alejan más a los expertos en Derecho de su uso. Durante este artículo hemos visto que esos problemas o



dificultades se pueden minimizar, existiendo en la actualidad tanto un conjunto de tecnologías libres cuya dificultad de aprendizaje no dista de la de cualquier otra herramienta informática, como un creciente catálogo de datos accesibles y cada vez más fáciles de localizar.

Hemos destacado como las Infraestructuras de Datos Espaciales son, dentro de las distintas tecnologías de la Geomática, la plataforma idónea para mostrar, consultar y analizar información con dimensión geográfica, constituyéndose como una herramienta de importancia en la comprensión de la realidad.

Por último, los casos presentados como parte de la actividad de la Red JUST-Side sirven de ejemplo para identificar la importancia de estos recursos informáticos. En la colaboración entre los expertos en Derecho y los equivalentes en Geomática se pueden abrir nuevas vías de avance en la comprensión de la realidad territorial.



<http://www.gvsig.com/es>

Se sugiere citar:

Anguix, A. (2021). Geoderecho: el uso de datos espaciales para orientar políticas públicas hacia la justicia social. *Revista Cartógrafo.CL* 1 (2), pp. 92 - 97.



Bajo Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional.



Cartógrafo.CL/02-2021



La Escala en la Cartografía

Scale in Cartography



Gabriel Moraga Gormaz
Cartógrafo - Magíster en Geomática

INTRODUCCIÓN

La importancia de la cartografía en la historia del hombre es innegable, desde los primeros tiempos hasta la actualidad la necesidad de conocer y reconocer el espacio que nos rodea a determinado el nivel de desarrollo de la sociedad.

Bajo la premisa que "todo es cartografiable" es posible inferir que cada actividad del hombre está relacionada directa o indirectamente con el concepto de localización espacial, ya sea por coordenadas, por direcciones, por posiciones relativas, por ocurrencia de cierto fenómeno, por comparación cualitativa y/o cuantitativa de determinados parámetros, etc.; de esta manera la cartografía se ha desarrollado en forma transversal a todas las ciencias que rigen el conocimiento humano.

Existe un concepto fundamental para entender la cartografía, y que le da el real sentido a esta milenaria ciencia, se trata del concepto de Escala. Si bien este concepto siempre es citado cuando se habla de cartografía, no se le da la real importancia que tiene para una correcta confección, interpretación y lectura de la cartografía.

ESCALA: EL CONCEPTO

En términos simples, la Escala es la relación entre una distancia o tamaño real y su representación, ya sea en un plano, una fotografía, un modelo, etc. Por ejemplo, la fotografía aérea de un cierto sector es la representación en un tamaño reducido (21 x 21 cm) de una realidad de cientos o miles de metros cuadrados, la fotografía aérea

INTRODUCTION

The importance of cartography in the history of man is undeniable, from the earliest times to the present the need to know and recognize the space that surrounds us to determine the level of development of society.

Under the premise that "everything is cartographic", it is possible to infer that every activity of man is directly or indirectly related to the concept of spatial location, either by coordinates, by directions, by relative positions, by occurrence of a certain phenomenon, by qualitative and/or quantitative comparison of certain parameters, etc.; in this way cartography has developed in a transversal way to all the sciences that govern human knowledge.

There is a fundamental concept to understand cartography, and that gives the real meaning to this millenary science, it is the concept of Scale. Although this concept is always cited when talking about cartography, it is not given the real importance it has for a correct preparation, interpretation and reading of cartography.

SCALE: THE CONCEPT

In simple terms, the Scale is the relationship between a distance or actual size and its representation, whether in a plane, a photograph, a model, etc. For example, aerial photography of a certain sector is the representation in a small size (21 x 21 cm) of a reality of hundreds or thousands of square meters, aerial photography is a scale representation of reality; the same concept can be applied to the plan of a house, where a dwelling of 100 square meters



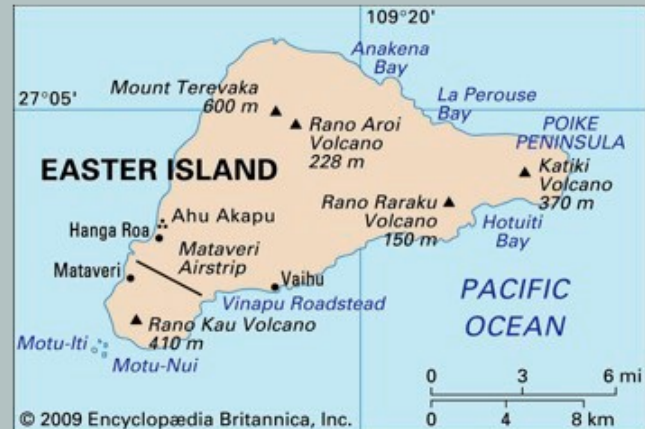
es una representación a escala de la realidad; el mismo concepto se puede aplicar al plano de una casa, donde una vivienda de 100 metros cuadrados es representada en un papel de un metro cuadrado, el plano es la representación a escala de la vivienda representada; este concepto también se puede aplicar a modelos o maquetas, donde un vehículo o un tren a escala corresponden exactamente a este objeto, con todos sus detalles y características, pero en tamaño reducido; o bien una maqueta que muestre un conjunto habitacional, un parque, un teatro de operaciones bélicas, representan la realidad con todo su detalle, pero en tamaño reducido, es decir "a escala" **Figura 1.**

is represented on a paper of one square meter, the plan is the scale representation of the true dwelling; this concept can also be applied to models or mockups, where a vehicle or a train at scale correspond exactly to this object, with all its details and characteristics, but in reduced size; or a model that shows a housing complex, a park, a theater of war operations, represent reality with all its detail, but in reduced size, that is, "to scale". **Figure 1.**

Figura 1.



Vista real de isla de Pascua / True view of Easter Island.



Mapa a escala de isla de Pascua / Scale map of Easter Island.



Vista real de una casa / True view of a house.



Plano a escala de la casa / Scale plan of a house.



Vista real de un vehículo minero / True view of a mining vehicle.



Modelo a escala de vehículo minero / Mining vehicle scale.



Dada la imposibilidad de representar la Tierra (o un cierto sector de ella) del mismo tamaño que en la realidad, todo producto cartográfico tiene asociada una Escala, de modo de poder representar un extenso terreno en una hoja de reducido tamaño (mapa, carta o plano). [Figura 2.](#)

Given the impossibility of representing the Earth (or a specific sector of it) of the same size as in reality, every cartographic product has a Scale associated with it, to be able to represent an extensive terrain on a small sheet (map, chart, or plan). [Figure 2.](#)



[Figura 2.](#)

Cartográficamente, la Escala es la relación entre una medida en el mapa y su equivalente en la realidad, y se expresa mediante una "razón" (división) entre una unidad sobre el mapa y las unidades equivalentes en la realidad. [Figura 3.](#)

Cartographically, Scale is the relationship between a measurement on the map and its equivalent on the ground, and it is expressed by a division between a unit on the map and the equivalent units on the ground. [Figure 3.](#)

Por ejemplo / For example → Escala / Scale 1:50000

Una unidad en el mapa
One unit on the map

1: 50000

50000 unidades en la realidad (terreno)
50000 units on the ground

1 centímetro en el mapa
One centimeter on the map



50000 centímetros sobre el terreno

500 metros sobre el terreno

0,5 kilómetro sobre el terreno

(equivalencias solo para escala 1:50000)

centimeter on the ground

meter on the ground

kilometer on the ground

(equivalences only for 1:50000 scale)

La Escala es una razón (división) por lo tanto:

Scale is a division, therefore:

$$1: 50000 = \frac{1}{50000}$$

[Figura 3.](#)



Desde el punto de vista de las proporciones entre el mapa y la realidad, la escala 1:1 implica que no hay diferencia de tamaño entre el mundo real y la representación, por lo que conceptualmente no existen mapas, cartas o planos en esta escala. [Figura 4.](#)

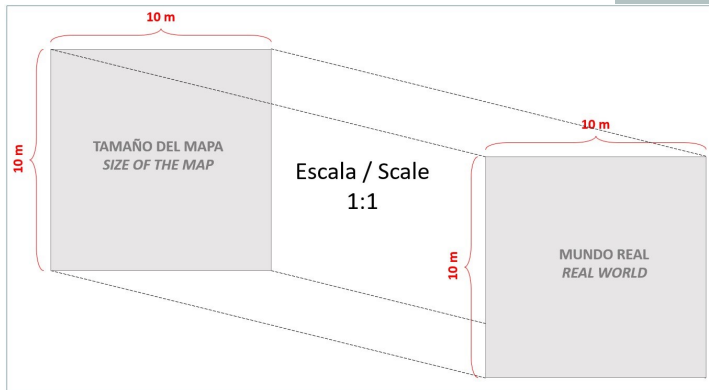


Figura 4.

La escala 1:2 implica que cada lado del mundo real se divide por 2 (tanto en X como en Y), por lo que la superficie del mapa corresponde a 1/4 del tamaño real; igualmente, la escala 1:4 implica que cada lado del mundo real se divide por 4 (tanto en X como en Y), por lo que la superficie del mapa corresponde a 1/16 del tamaño real. [Figura 5.](#)

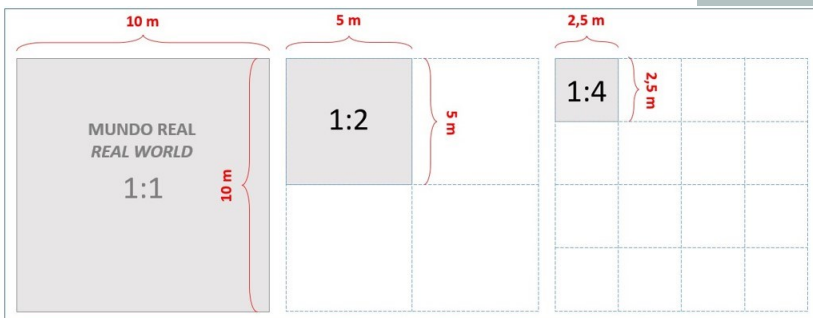


Figura 5.

Considerando que la escala es una razón (fracción) es posible establecer escalas mayores y escalas menores en función del denominador de la escala o de la fracción. En este caso, mientras mayor sea el denominador de la escala, menor será esta. [Figura 6.](#)

Considering that the scale is a division it is possible to establish major scales and smaller scales depending on the denominator of the scale or the fraction. In this case, the higher the denominator of the scale, the smaller the scale. [Figure 6.](#)

$$\text{Escala / Scale } 1:2 \rightarrow \frac{1}{2} ; \text{ escala / scale } 1:4 \rightarrow \frac{1}{4}$$

Por propiedades de los números racionales:
By properties of rational numbers:

$$\frac{1}{2} > \frac{1}{4}$$

Entonces / Then:

$$\rightarrow \text{escala / scale } 1:2 > \text{escala / scale } 1:4$$

Y por extensión / by extension:

$$\rightarrow \text{escala / scale } 1:100 > \text{escala / scale } 1:5000$$

$$\rightarrow \text{escala / scale } 1:10000 > \text{escala / scale } 1:1000000$$

Figura 6.

LA CARTOGRAFÍA SEGÚN SU ESCALA

Los productos cartográficos se pueden clasificar en función de su escala; es así que las representaciones a escalas mayores a 1:5000 se denominan "planos", y permiten discriminar un mayor nivel de detalle para los elementos representados; las representaciones a escalas entre 1:5000 y 1:500000 se denominan "cartas", y estas permiten representar claramente los relieves; las representaciones a escalas menores a 1:500000 se denominan "mapas" y son especialmente adecuados para representar grandes extensiones, como países, continentes e incluso planisferios. **Figura 7**

CARTOGRAPHY ACCORDING TO ITS SCALE

Cartographic products can be classified according to their scale; thus, representations at scales greater than 1:5000 are called "plans", and allow to discriminate a higher level of detail for the elements represented; representations at scales between 1:5000 and 1:500000 are called "charts", and these allow the reliefs to be clearly represented; representations at scales less than 1:500000 are called "maps" and are especially suitable for representing large areas, such as countries, continents, and even planispheres.

Figure 7.

Producto Cartográfico <i>Cartographic Product</i>	Escalas / Scales	Características / Characteristics
PLANO / PLAN	> 1:5000	Gran nivel de detalle / High level of detail
CARTA / CHARTS	1:5000 – 1:500000	Aptos para el relieve / Suitable for relief
MAPA / MAP	< 1:500000	Países, continentes, planisferios / Countries, continents, planispheres

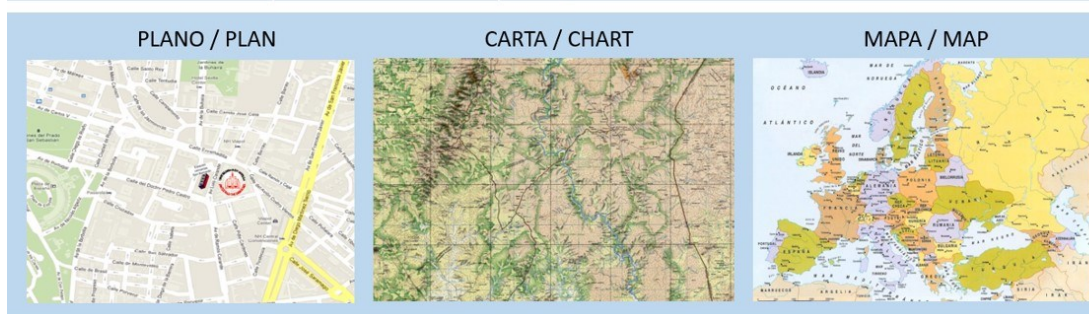


Figura 7.

ESCALA NUMÉRICA Y ESCALA GRÁFICA

Todo producto cartográfico tiene asociada una escala, por ejemplo, 1:50000; esta escala se denomina "escala numérica"; la gran mayoría de los productos cartográficos posee además una "escala gráfica". **Figura 8.**

NUMERICAL SCALE AND GRAPHIC SCALE

Every cartographic product has a scale associated with it, for example, 1:50000; this scale is called "numerical scale"; most cartographic products also have a "graphic scale".

Figure 8.

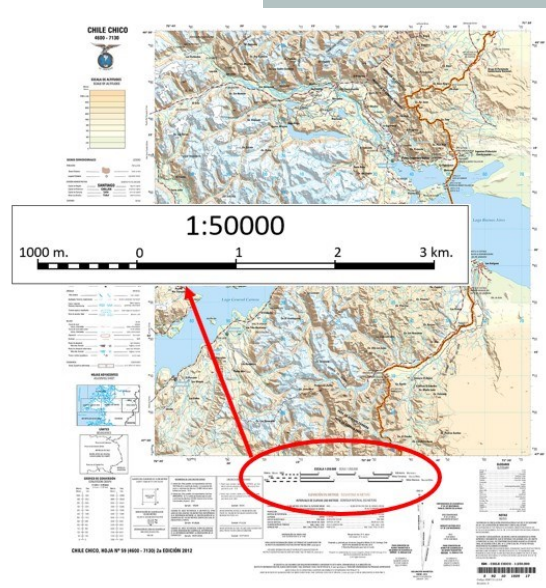


Figura 8.



La escala gráfica es una representación de la escala numérica, por lo que conceptualmente corresponde a la misma definición; convencionalmente está compuesta por tres módulos y una cabeza dividida en 10 partes, y su tamaño está en directa relación con la escala numérica que representa. [Figura 9.](#)

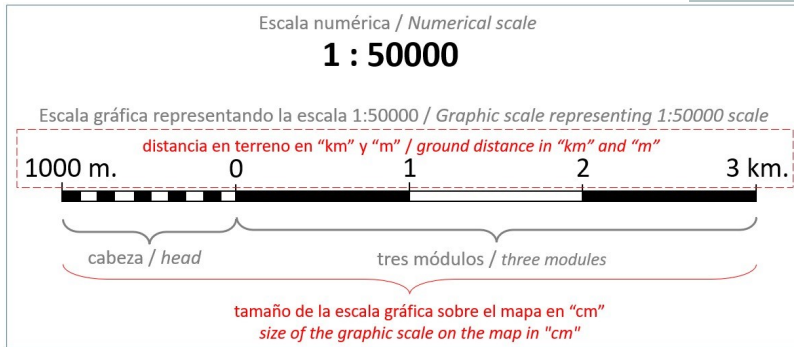


Figura 9.

Por ejemplo, si la escala numérica es 1:50000, significa que un centímetro sobre el mapa equivale a 50000 cm sobre el terreno, o 500 metros sobre el terreno, o medio kilómetro sobre el terreno, etc. Una escala gráfica que representa a la escala numérica 1:50000, como la de la figura 9, representa una distancia en terreno de 4 km (desde "cero" a 3 km, y desde "cero" hasta 1000 m); sabiendo que 1 cm en el mapa representa $\frac{1}{2}$ km en terreno, entonces los 4 km de terreno se representarán en 8 cm de tamaño de la escala. [Figura 10.](#)

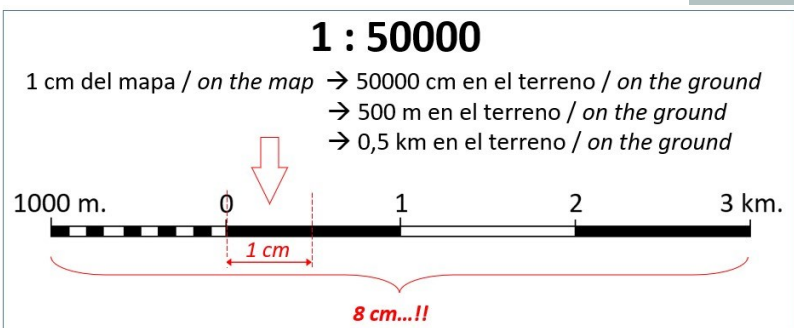


Figura 10.

Es decir, la escala gráfica que representa a la escala numérica 1:50000 debe medir necesariamente 8 cm representando 4 km de terreno. [Figura 11.](#)

So, graphic scale that represents the numerical scale 1:50000 must necessarily measure 8 cm representing 4 km of terrain. [Figure 11.](#)

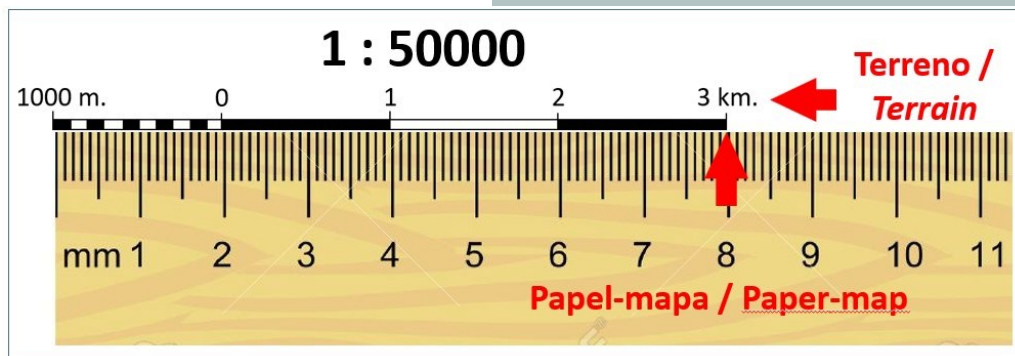
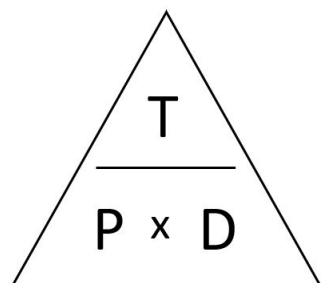


Figura 11.

TRIÁNGULO T-P-D

El T-P-D es una metodología de cálculo que se aplica directamente en el producto cartográfico, permitiendo calcular alguno de los tres parámetros en función de los otros dos. [Figura 12.](#)



T : Terreno / Terrain
P : Papel / Paper
D : Denominador de la Escala / Scale denominator

El triángulo T-P-D se utiliza de la siguiente manera:

a) Al contar con un mapa cuya escala es conocida, y la distancia entre dos puntos A y B medida con regla directamente sobre el mapa, es posible calcular la distancia real entre estos dos puntos A y B. La incógnita es "T" (terreno); "D" corresponde al "denominador de la escala" y es parte del mapa; y "P" corresponde a una distancia en "papel", medida directamente en el mapa utilizando una regla, entre A y B.

De acuerdo con el triángulo, para calcular el "Terreno":

$$T \rightarrow (P \times D)$$

Por ejemplo: En una carta a escala 1:25000 se ha medido una distancia entre A y B de 14,8 cm. ¿Cuál es la distancia real entre A y B?

$$R.- T = (P \times D)$$

$$\rightarrow T = 14,8 \text{ cm} \times 25000$$

$$\rightarrow T = 370000 \text{ cm}$$

$$\rightarrow T = 3,7 \text{ km}$$

b) Al contar con un mapa cuya escala es conocida, y conociendo la distancia real entre dos puntos A y B, es posible calcular la distancia en el mapa entre estos dos puntos A y B. La incógnita es "P" (papel); "D" corresponde al "denominador de la escala" y es parte del mapa; y "T" corresponde a una distancia en "terreno" (real) entre A y B. De acuerdo con el triángulo, para calcular el "Papel":

$$P \rightarrow (T / D)$$

T-P-D TRIANGLE

T-P-D is a calculation methodology that is applied directly to the cartographic product, allowing to calculate one of the three parameters based on the other two. [Figure 12.](#)

[Figura 12.](#)

The triangle T-P-D is used as follows:

a) In a map whose scale is known, and the distance between two points A and B, measured with ruler directly on the map, it is possible to calculate the real distance between these two points, A and B. The unknown is "T" (terrain); "D" corresponds to the "scale denominator" and it is part of the map; and "P" corresponds to a distance on "paper", measured directly on the map using a ruler, between A and B.

According to the triangle, to calculate the "Terrain":

$$T \rightarrow (P \times D)$$

Example: In a chart, its scale is 1:25000, distance between A and B is 14,8 cm. What is the distance on the ground between A and B?

$$R.- T = (P \times D)$$

$$\rightarrow T = 14,8 \text{ cm} \times 25000$$

$$\rightarrow T = 370000 \text{ cm}$$

$$\rightarrow T = 3,7 \text{ km}$$

b) Knowing the map scale and the ground distance between two points, A and B, it is possible to calculate the distance on the map between these two points, A and B. The unknown is "P" (paper); "D" corresponds to the "scale denominator" and it is part of the map; and "T" corresponds to ground distance between A and B. According to the triangle, to calculate the "Paper":

$$P \rightarrow (T / D)$$

Por ejemplo: Si la distancia en real entre A y B es de 9,35 km. ¿Cuál será la distancia entre A y B sobre una carta a escala 1:19000?

$$R.- P = (T / D)$$

$$\rightarrow P = 9,35 \text{ km} / 19000$$

$$\rightarrow P = 935000 \text{ cm} / 19000$$

$$\rightarrow P = 49,2 \text{ cm}$$

c) Se dispone de un mapa cuya escala es desconocida, sin embargo, si se conoce la distancia en el mapa (papel) medida con regla entre dos puntos A y B, y la distancia en terreno (real) entre los mismos puntos A y B, es posible calcular la escala del mapa. La incógnita es "D" (denominador de la escala); "P" corresponde a la distancia entre A y B medida con regla directamente en el mapa (papel); y "T" corresponde a la distancia en terreno (real) entre A y B.

De acuerdo con el triángulo, para calcular el "Denominador de la escala": $D \rightarrow (T / P)$

Por ejemplo: Si la distancia en terreno (real) entre A y B es de 2,36 km; y sobre un mapa, la distancia medida con regla entre A y B corresponde a 11,8 cm. ¿Cuál es la escala del mapa?

$$R.- D = (T / P)$$

$$\rightarrow D = 2,36 \text{ km} / 11,8 \text{ cm}$$

$$\rightarrow D = 236000 \text{ cm} / 11,8 \text{ cm}$$

$$\rightarrow D = 20000$$

$$\rightarrow \text{Escala } 1:20000$$

El triángulo T-P-D es una herramienta de gran utilidad para obtener valores de distancia real, distancia sobre el mapa y denominador de escala, sin embargo, la precisión de estos cálculos está en directa relación con la proyección cartográfica del plano, carta o mapa.

ESCALA Y PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS

Todo producto cartográfico obedece a una determinada proyección, de acuerdo con el objetivo del proyecto o de lo que se desee representar, puede ser proyección Mercator, proyección Policónica de Lambert, proyección UTM, proyección Goode, entre muchas opciones. [Figura 13.](#)

Considerando la imposibilidad de obtener una representación de la Tierra 100% fiel a la forma esférica de ésta, cada proyección cartográfica posee un "centro de proyección", que puede corresponder a un paralelo, a un meridiano, o a un punto específico. La característica de este "centro de proyección" es que en esta única

Example: If ground distance between A and B is 9,35 km. What is the distance between A and B on a map whose scale is 1:19000?

$$R.- P = (T / D)$$

$$\rightarrow P = 9,35 \text{ km} / 19000$$

$$\rightarrow P = 935000 \text{ cm} / 19000$$

$$\rightarrow P = 49,2 \text{ cm}$$

c) Having a map with unknown scale, however the ground distance, and the map distance are known, between two points, A and B, it is possible to calculate the scale denominator. The unknown is "D" (scale denominator); "P" corresponds to a distance on "paper", measured directly on the map using a ruler, between A and B; and "T" corresponds to ground distance between A and B.

According the triangle, to calculate the "Scale denominator": $D \rightarrow (T / P)$

Example: If ground distance between A and B is 2,36 km, and the map distance measured directly on the map using a ruler between A and B, is 11,8 cm. What is the scale of the map?

$$R.- D = (T / P)$$

$$\rightarrow D = 2,36 \text{ km} / 11,8 \text{ cm}$$

$$\rightarrow D = 936000 \text{ cm} / 11,8 \text{ cm}$$

$$\rightarrow D = 20000$$

$$\rightarrow \text{Scale } 1:20000$$

T-P-D triangle is a very useful tool to obtain values of real distances, distances on the map and scale denominator, however, accuracy of these calculations is in direct relation to the cartographic projection of the plane, chart, or map.

SCALE AND CARTOGRAPHIC PROJECTIONS

Every cartographic product has an associated cartographic projection, according to the objective of the project or what it wants to represent, it can be Mercator projection, Lambert polyconic projection, UTM projection, Goode projection, among many options. [Figure 13.](#)

Considering the impossibility of obtaining a representation of the Earth 100% faithful to the spherical shape of it, each cartographic projection has a "projection center", which can correspond to a parallel, a meridian, or a specific point. The characteristic of this "projection center" is that in this single position is where there is no deformation, in other words, it



posición es donde no existe deformación, en otras palabras, es donde la escala es válida. Por ejemplo, en un mapamundi en proyección Mercator a escala 1:20000000, se sabe que el "centro de proyección" se localiza en la línea del Ecuador, por lo tanto, la escala nominal 1:20000000 que aparece en el mapa, es válida solo en la línea del Ecuador; la aplicación del triángulo T-P-D se puede materializar únicamente en la línea del Ecuador. Para aplicar el T-P-D sobre medidas en latitudes diferentes al Ecuador, o sobre meridianos, o medidas oblicuas, se deben considerar otros parámetros, como los "factores de escala".

Para la aplicación confiable del triángulo T-P-D, idealmente se deben considerar proyecciones planas, como UTM o Gauss Kruger, adicionalmente también se obtienen buenos resultados con productos cartográficos a escalas medianas y grandes, idealmente mayores o iguales a 1:50000.

is where the scale is valid. For example, in a world map in Mercator projection at 1:20000000 scale, it is known that the "projection center" is located on the Equator line, therefore, the nominal scale 1:20000000 that appears on the map, is valid only on the Equator line; the application of the triangle T-P-D can be materialized only on the Equator line. To apply the T-P-D on measurements at latitudes different from Equator, or on meridians, or oblique measurements, other parameters, such as "scale factors", must be considered.

For the reliable application of the T-P-D triangle, ideally flat cartographic projections, such as UTM or Gauss Kruger, should be considered, in addition good results are also obtained with cartographic products at medium and large scales, ideally greater than or equal to 1:50000.

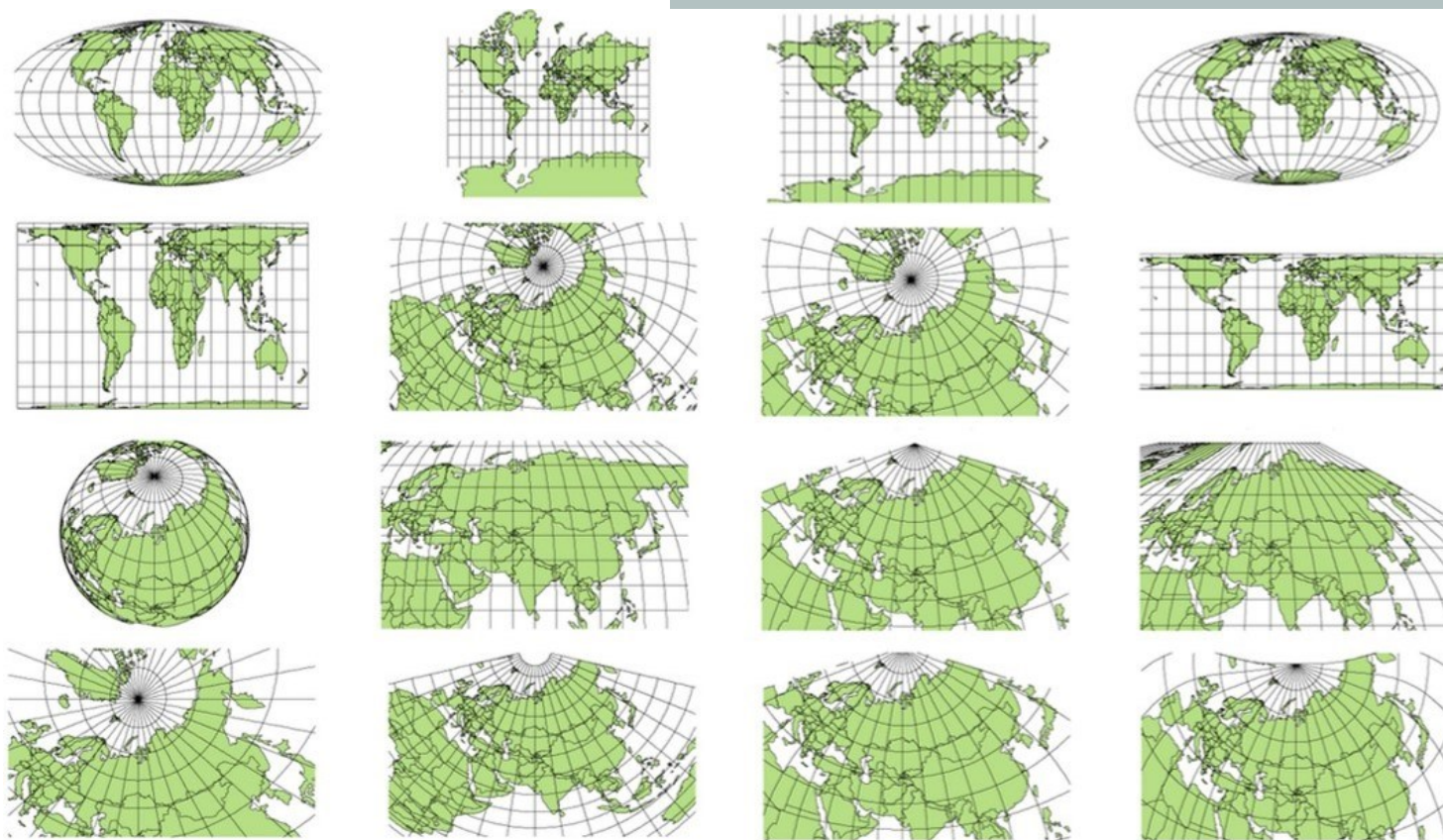


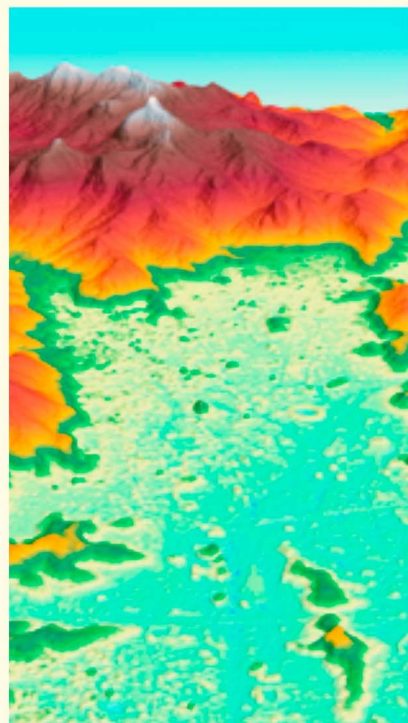
Figura 13. <http://joseluissig.blogspot.com/2012/09/proyecciones-cartograficas.html>

Se sugiere citar:

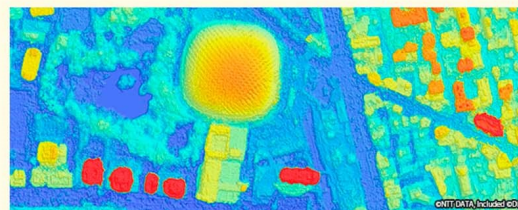
Moraga, G. (2021). La escala en la Cartografía
Revista Cartógrafo.CL 1(2), pp. 98 - 106.



Bajo Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional.



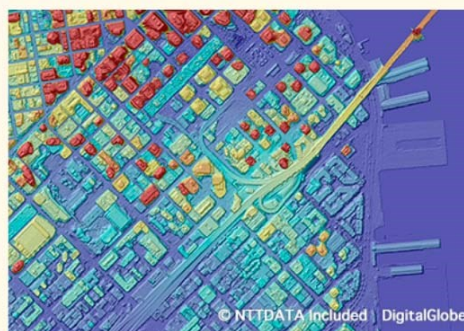
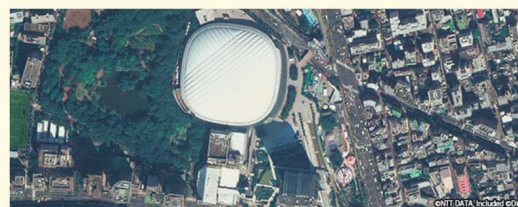
geosoluciones.cl/aw3d/



DATOS TOPOGRÁFICOS 3D

DSM/DTM

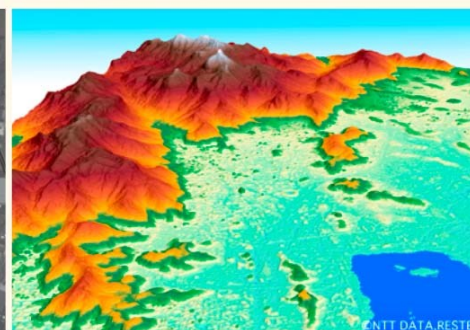
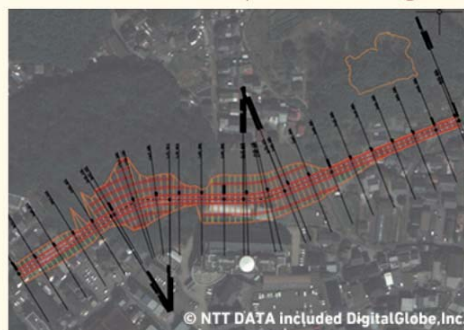
• 2,5 MTS HASTA 0,5 MTS •
TODO EL PAÍS!



DSM/DTM/Curvas de Nivel

• 2,5 MTS - TODO EL PAÍS! HASTA 0,5MTS •

<https://www.geosoluciones.cl/aw3d/>





UN-GGIM: Américas (*) y el Grupo de Expertos de las Naciones Unidas en Administración y Gestión del Territorio renuevan sus directivas para los próximos años

IDE Chile asume la Presidencia y Secretaría Ejecutiva del UN-GGIM: Américas y también el rol de Co-Chair en el Grupo de Expertos de las Naciones Unidas en Administración y Gestión del Territorio.

El UN-GGIM: Américas tiene sus orígenes en el Comité Permanente para la Infraestructura de Datos Geoespaciales de las Américas (CP-Américas), establecido en Nueva York, en 1997.

La idea del Comité de Expertos de UN-GGIM surgió el año 2009 en el marco de la 9ª Conferencia Cartográfica de las Américas. En la oportunidad, el Secretario de las Naciones Unidas presentó un reporte sobre la coordinación global del manejo de la información geoespacial para la aprobación del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (ECOSOC), que dio como resultado la creación del Comité de Expertos en julio de 2011; con el mandato de proporcionar una plataforma para el desarrollo de estrategias eficaces sobre cómo construir y fortalecer la capacidad nacional de información geoespacial, así como difundir las mejores prácticas y experiencias de los organismos nacionales, regionales e internacionales sobre información geoespacial relacionada con instrumentos jurídicos, modelos de gestión y normas técnicas.

Para el logro de los objetivos del UN-GGIM, fue necesario la construcción de una arquitectura regional, por medio de la creación de comités regionales, por lo que en el 2014, CP-IDEA (**) se convirtió en el UN-GGIM-Américas.

A partir de entonces, este organismo ha venido trabajando en función de la concreción de sus metas y objetivos, entre los que se cuentan el maximizar los beneficios económicos, sociales y ambientales derivados del uso de la información geoespacial, a partir del conocimiento e intercambio de las experiencias y tecnologías de diferentes países, basados en un modelo común de desarrollo, que permita el establecimiento de una Infraestructura de Datos Geoespaciales en la región de las Américas.

En octubre de 2021, se desarrolló la elección de la nueva Junta Directiva de esta instancia, asumiendo la Presidencia, el S. E. del Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial (SNIT), Sr. Cristián Araneda Hernández, y como Secretaria Ejecutiva del organismo, la Sra. Pamela Castillo Retamales, Encargada de Coordinación del SNIT del Ministerio de Bienes Nacionales. Ambos tendrán la responsabilidad, junto a otros miembros del Comité, de coordinar y liderar las diferentes iniciativas que se están llevando a cabo en esta instancia, además de fortalecer los lazos de cooperación en beneficio de la gestión de Información Geoespacial en los países que la conforman.

Por su parte, este año se renovó también los Co-Chair del Comité de Expertos de las Naciones Unidas en Administración y Gestión del Territorio, grupo creado para promover las actividades relacionadas con estos temas, para fortalecer el uso de la información geoespacial para una buena gobernanza del territorio y para emprender un trabajo que pueda contribuir al proceso de indicadores y áreas, según corresponda, incluido el acceso al territorio, derechos de propiedad, degradación de la tierra, urbanización y cambio climático. Reconoce también la necesidad de desempeñar un papel de liderazgo aumentando la conciencia política y destacando la importancia para



(*) UN-GGIM: Américas, siglas del inglés, correspondiente a Comité Regional de las Naciones Unidas sobre la Gestión Global de Información Geoespacial para las Américas.

(**) CP-IDEA, Comité Permanente para la Infraestructura de Datos Geoespaciales de las Américas.



Cristián Araneda Hernández



Pamela Castillo Retamales



los tomadores de decisiones de establecer una administración y gestión del territorio, oportuna y adecuada para su propósito, y el apoyo del desarrollo en estas materias, particularmente, en los países vulnerables en vías de desarrollo en la región. En este importante Comité de Expertos, fue nominado como Co-Chair, el Sr. Pablo Morales Hermosilla, Encargado del Área de Información y Normas del SNIT.

Chile ha asumido de esta manera, un rol preponderante en la gestión del territorio americano, liderado desde el SNIT-IDE CHILE, del Ministerio de Bienes Nacionales, oficina que coordina una red de instituciones públicas que trabaja de manera colaborativa y sistematizada con el objetivo de poner a disposición de toda la comunidad chilena, información geoespacial actualizada y confiable, que sea útil para la gestión pública y privada, atendiendo también a las necesidades ciudadanas; y cuyo rol, se extiende con estos nuevos desafíos que pretenden que nuestra América cuente con información geoespacial de calidad que permita el desarrollo sostenible de los países miembros de las Naciones Unidas.



Pablo Morales Hermosilla

NEW BOARD OF DIRECTORS



IVAN DELOATCH
Vice-president



CRISTIÁN ARANEDA
President



PAMELA CASTILLO
Executive Secretary



ÁLVARO MONETT
Technical Secretary



GABRIELA GARCÍA
Vocal North America



ISIS TEJADA
Vocal Central America



SERGIO CIMBARO
Vocal South America



SIMONE LLOYD
Vocal Caribbean



8th
VIRTUAL
SESSION



<https://www.ide.cl>



Bajo Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional.

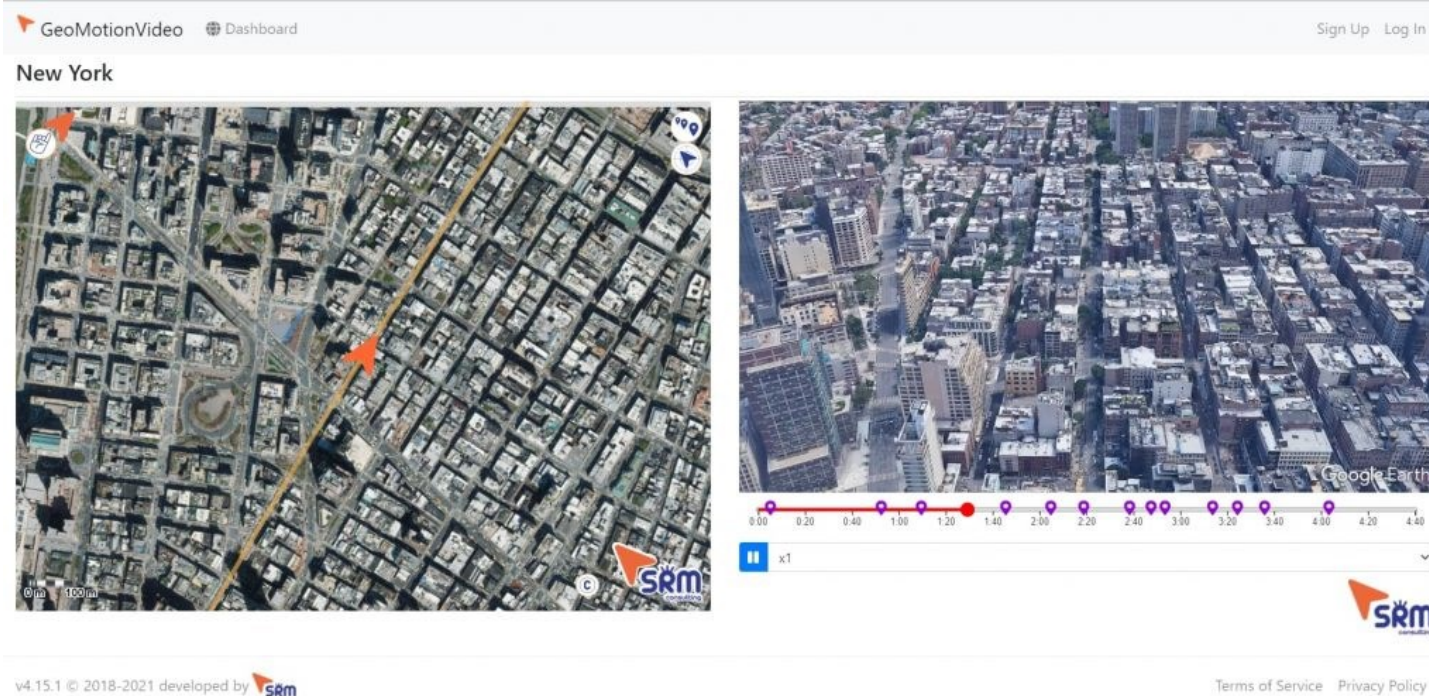


Vídeos georreferenciados: qué son y cómo pueden ayudar a tu empresa

Los vídeos georreferenciados nos permiten asignar coordenadas reales a una localización. Existe un gran número de casos en los que es interesante conocer la ubicación geográfica del vídeo. Por ejemplo, en el vuelo de un dron sobre una zona turística, en el inventario de infraestructuras lineales, para geolocalizar la información de una cámara de tráfico, etc.

El análisis espacial se basa en la correcta georreferenciación de las entidades cartográficas y con la conexión cada vez más fuerte con algunas tecnologías disruptivas, como el Internet de las Cosas (IoT), es más frecuente manejar datos de diferente tipo, necesarios de gestionar adecuadamente.

Los vídeos georreferenciados combinan vídeo y mapa, de modo que a la vez que se reproduce el vídeo vemos en qué punto del mapa se encuentra cada punto recorrido, por lo cual son una excelente herramienta de análisis geográfico.



El proceso de georreferenciación de un vídeo asigna coordenadas terrestres a cada frame o imagen, según su ubicación. De esta forma se obtiene un mapa, en coordenadas reales, con el recorrido del vídeo. La sincronización vídeo-mapa se realiza en algunos casos de forma automática, a partir de posicionamiento por satélite GNSS, o manual, si la grabación se ha hecho sin ningún sistema de posicionamiento global.

Figura 1. Captura de pantalla de GeoMotionVideo sobre la ciudad de Nueva York.



<https://srmconsulting.es/>



Dependiendo de la finalidad del vídeo y de las herramientas utilizadas, estos pueden proceder de distintas fuentes. Por ejemplo:

- a) En GeoMotionVideo pueden ser vídeos estáticos (cámaras de seguridad, tráfico...) o en movimiento.
- b) A nivel del terreno o desde el aire, tomadas por drones u otros vehículos aéreos.
- c) Se pueden grabar con sofisticadas cámaras aéreas, un móvil o una cámara GoPro.
- d) Pueden proceder de YouTube o de un servidor propio e incluso virtuales, sintéticos, procedentes de Google Earth.
- e) Además, se pueden añadir anotaciones multimediales (texto, audio, imagen, vídeo) de los puntos de interés.

FUNCIONALIDADES

Siguiendo con el ejemplo de GeoMotionVideo analizamos las principales funcionalidades en la gestión de vídeos georreferenciados. [Figura 1.](#)

- **Sincronización**

La sincronización entre vídeo y mapa es la característica principal de los vídeos georreferenciados. Con la sincronización conseguimos que cada frame del vídeo esté asociado a una geolocalización, un punto en el territorio, mediante coordenadas.

- **Anotaciones**

Una de las principales ventajas de combinar mapas y vídeo es la capacidad de añadir anotaciones geolocalizadas con información sobre puntos de interés del vídeo y llevarlos al mapa. Si esta información pudieran ser anotaciones interactivas de texto, imágenes, vídeo o sonido, es fácil imaginar las enormes posibilidades que ofrece. Y más aún si se pueden compartir con otros miembros del equipo, con diversos grados de permisos. Con la ayuda de las anotaciones tendremos toda la información de nuestros vídeos organizada y geolocalizada para ser consultada de una manera muy rápida.

- **Tiempo real**

Otra de las grandes ventajas de las plataformas avanzadas para la gestión de vídeos georreferenciados es la capacidad de explotar vídeos en streaming o tiempo real y lo que es más importante su conexión con el resto de la tecnología, permitiendo anotaciones georreferenciadas por parte del equipo de trabajo. Esta característica aporta enormes mejoras en la gestión de crisis y catástrofes.

- **Interoperabilidad y gestión de datos**

Para la gestión y manejo de la información contenida en los vídeos es necesario trabajar en conjunto con otros datos y/o plataformas y realizar los geoprocursos o flujos de trabajos adecuados para cada proyecto.

Por ello es importante disponer de una información estructurada y de calidad, es decir, datos interoperables. Así podemos trabajar con múltiples tipos de datos, tanto procedentes de entornos SIG como de otro origen: documentos de Google, hojas de cálculo, procedentes de plataformas IoT, Smarcities, etc.

En GeoMotionVideo las anotaciones se pueden exportar e importar en varios formatos, incluido GeoJSON, lo que permite consultarlas en Google Earth, por ejemplo.

- **Trabajo en equipo**

Una de las características más demandadas es la capacidad para trabajar en entornos colaborativos. Plataformas como GeoMotionVideo han desarrollado módulos para trabajar en equipos en tiempo real o tiempo útil, según las necesidades.





Por ejemplo, se pueden generar plantillas personalizadas, donde el gestor del sistema marcará puntos concretos en el transcurso de un vídeo, que además se encuentra georreferenciado en un mapa. Estos puntos se pueden marcar con fotografías de incidencias tomadas en el terreno por parte de los técnicos o usuarios de campo. De manera que, en tiempo real, el gestor podrá obtener y consultar vía web la información que se está introduciendo en el campo, sin necesidad de trasladarse.

- **Sin código**

Esto es muy fácil de hacer con GeoMotionVideo, no es necesario conocer ninguna tecnología especial o escribir código. Y el resultado lo puedes embeber fácilmente en una página web, como el ejemplo de la [Figura 2](#) que sobrevuela algunos de los parques temáticos y playas de Benidorm, España.

- **Sectores**

La versatilidad de los vídeos georreferenciados los convierte en la herramienta perfecta para usar en diversos ámbitos de aplicación, desde proyectos personales a gestión en tiempo real de emergencias.

Veamos algunos de ellos.

Tradicionalmente los vídeos georreferenciados se han usado en el inventario de infraestructuras lineales. Aunque hace unos años se empleaba una sucesión de imágenes para hacer el efecto vídeo, actualmente la mejora en la compresión de los vídeos hace innecesaria esta opción.

El uso de esta tecnología permite ahorrar visitas al campo, reduciendo el tiempo y recursos necesarios en la toma de datos. Según la cámara que se utilice se pueden hacer mediciones con buena precisión, aunque sus resultados normalmente no son comparables a los capturados y procesados con Mobile Mapping dedicado.

De manera similar, los vídeos georreferenciados también aumentan la productividad en inspección de industria e ingeniería. Se pueden marcar lugares en donde hace falta la intervención en labores de mantenimiento y reparación, desde la aparición de óxido en grandes grúas en infraestructuras portuarias a deterioro de líneas eléctricas de alta tensión, etc. Además del ahorro en visitas al campo u obra, y una toma de datos más rápida, se puede disponer de un histórico en formato vídeo del avance de la obra, del estado de conservación de una infraestructura, etc.



Figura 2. Inicio de la página web "Bienvenido a Benidorm".



Un campo de aplicación en el que están irrumpiendo los vídeos georreferenciados es el sector turístico. Y es que la unión de vídeos y mapas son una excelente manera de conectar con los viajeros potenciales. Para los visitantes es una excelente manera de planificar o compartir un viaje. Para los destinos y proveedores de servicios turísticos es una forma eficiente para atraer el interés de los visitantes respecto a la elección de destino. Este ejemplo muestra vídeos georreferenciados con GeoMotionVideo embebidos en una página web.

En emergencias, la localización desde donde se ha tomado el vídeo es un parámetro fundamental, por lo tanto, geocodificar toda la información referenciada es fundamental para facilitar la toma de decisiones.

Pero no es fácil su uso: se deben visualizar, manejar, analizar, gestionar y almacenar un volumen de datos muy elevados; se necesita la información en tiempo real; solo en algunas partes del vídeo se encuentra la información crítica en ese momento, por lo que se debe tener la capacidad de marcar y acceder sin necesidad de recorrer nuevamente su contenido; se debe facilitar esta información de una forma muy simple a los distintos perfiles de usuarios; y, además, la solución debe ser multiplataforma.

Como vemos hay un amplio abanico de sectores que se pueden ver beneficiados por el uso de vídeos georreferenciados y no hemos sido exhaustivos. Hay tantos casos de sectores beneficiados como ideas podemos tener. Por ejemplo, el Banco Interamericano de Desarrollo los ha utilizado para seguir el cumplimiento de algunos de sus programas de inversiones en América Latina.

CONCLUSIONES

Los vídeos son hoy en día unos de los medios más importantes para comunicar ideas e información, generando un fuerte impacto en los espectadores. Cada vez es mayor el volumen de vídeos digitales que se capturan y se publican en todo mundo. Se hace desde diferentes plataformas y dispositivos, con tomas a pie de calle o desde el aire. En muchos de estos vídeos se puede georreferenciar la información capturada, lo que los convierte en una fuente de datos muy interesante.

Ser capaces de gestionar esta información geográfica contenida en los vídeos es un reto para la industria geoespacial.



info@srmconsulting.es



Bajo Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional.



Revista Digital Cartógrafo.CL

Publica con nosotros en
<https://cartografo.cl>

