

INTERPRETACIÓN DE UNA TOPOGRAFÍA

INTERPRETING A TOPOGRAPHY

Rosendo Camargo Mora

Universidad de Los Andes Facultad de Ingeniería
Mérida-5101-Venezuela
rocamozo@gmail.com

Recibido: 01-10-2021

Aceptado: 14-10-2021

Resumen

Cualquier problema a ser resuelto, en el área de ingeniería, requiere de una cuantificación previa para dar un diagnóstico que permita plantear una solución apropiada. Los levantamientos topográficos representan una de las herramientas primarias para tal fin, pero, más allá de ser una técnica de medida, se debe razonar sobre las causas que pudieron explicar la geometría descrita para detectar posibles condicionantes que puedan afectar el estudio. Dentro de las causas detectables pudieran figurar algunos condicionantes históricos que expliquen tales anomalías. Para ejemplarizar esta afirmación, se toma como base el primer levantamiento topográfico de la ciudad de Mérida, Venezuela, y se evalúa después de haber transcurrido más de un siglo, desde su ejecución, utilizando las nuevas técnicas topográficas y la historia de la región.

Palabras clave: Topografía, medida topográfica, Interpretación topográfica, levantamiento topográfico, cuantificación de superficie terrestre.

Abstract

Any problem to be solved, in the engineering area, requires a previous quantification to give a diagnosis that allows to propose a suitable solution. Topographic surveys represent one of the primary tools for this purpose, but, beyond being a measurement technique, it is necessary to reason about the causes that could explain the described geometry to detect possible conditioning factors that may affect the study. Among the detectable causes could be some historical determinants that explain such anomalies. To exemplify this statement, the first topographic survey of the city of Mérida, Venezuela, is taken as a basis and evaluated after more than a century has passed since its execution, using the new topographic techniques and the history of the region.

Keywords: Topography, Topographic measurement, Topographic interpretation, Topographic survey, land area quantification.

Rosendo Camargo Mora: Doctor Honoris Causa de la Universidad de los Andes, Ingeniero civil Universidad de Los Andes (ULA), Profesor Jubilado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes email: rocamozogmail.com.

Introducción

La topografía de la superficie de un terreno, afecta de forma significativa a los procesos de escorrentía y erosión. Es preciso determinar la pendiente, el aspecto y la curvatura en las direcciones descendente y transversales para generar una matriz de altitud. Además, el área de drenaje y la distancia máxima de drenaje deben determinarse para cada punto de la matriz de altitud. En este trabajo, se hace un recuento comparativo concerniente al comportamiento del talud Sur Oeste de la Meseta de Mérida y las posibles causas de su retroceso progresivo.

Levantamiento del primer plano topográfico de la ciudad de Mérida

En el año 1856, por disposición del coronel Pascual Luces¹, gobernador de la Provincia de Mérida, el médico e ingeniero Gregorio Fidel Méndez², levantó el plano topográfico de la ciudad de Mérida, Venezuela, reflejando solo la planimetría de la meseta, sobre la cual se asienta la ciudad (Fig. 01), delimitada por los bordes de las terrazas que caen hacia los ríos Mucujún al Este, el Chama al Sureste, el Albarregas al Noroeste y al Norte. A falta de la altimetría, es necesario acotar que la pendiente de la meseta corre en sentido Noreste al Suroeste, con una inclinación del 6%, aproximadamente, hasta el borde del talud, desde donde se incrementa abruptamente, hasta alcanzar la profundidad de los ríos, situados a más de un centenar de metros por debajo, en el caso del Chama y a decenas de metros en el caso del Albarregas.

Medida del levantamiento

El levantamiento está medido en varas castellanas (0.835 m) y el dibujo original fue presentado en una escala 1:1200. Para este trabajo se utilizó una copia del plano reducido que reposa en la Biblioteca Tulio Febres Cordero³, evidentemente con una escala menor pero como existen puntos relevantes del plano, fácilmente identificables, como son la plaza mayor de aquel tiempo, hoy plaza Bolívar, la Iglesia de Santo Domingo hoy Capilla del Carmen, la Iglesia del Espejo, que conserva su nombre

y otros más que mantienen su huella en el tiempo, permiten orientar y ajustar el antiguo plano a los levantamientos fotogramétricos modernos.

Aspecto comparativo del levantamiento

Para comparar este levantamiento topográfico, se ha escogido una foto aérea de la ciudad (Fig.-02) tomada del vuelo 010405 de Cartografía Nacional, efectuado en 1984. Esta imagen representa el cambio de la ciudad y la meseta, después de ciento veintiocho años, un poco más de un siglo. Para hacer la comparación, es necesario reducir ambas imágenes, Levantamiento Topográfico de 1856 (Figura 01) y Foto Aérea (Figura 02), a una misma escala. Para ello basta hacer coincidir las dimensiones de la plaza Mayor con el rectángulo que enmarca la Plaza Bolívar y las calles que la circundan.

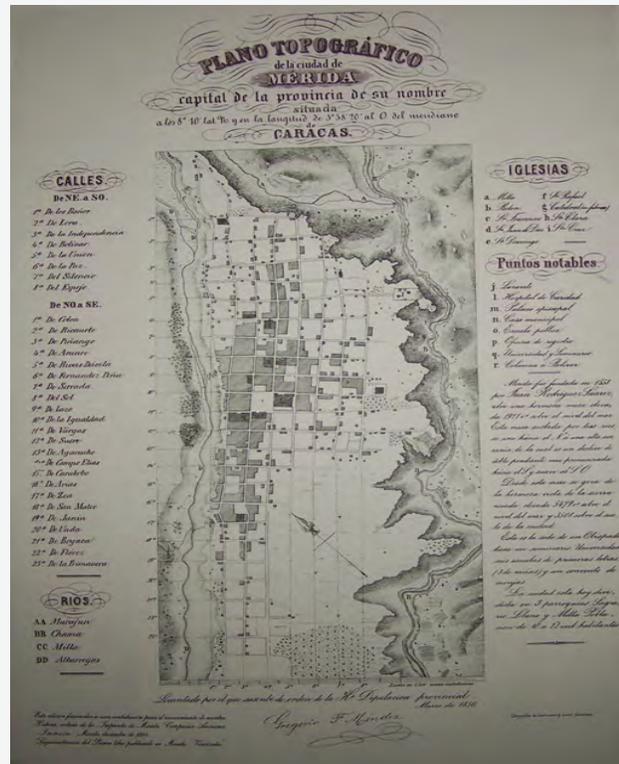


Figura 01.- Plano topográfico de la ciudad de Mérida, Venezuela. (Elaborado por el ingeniero Gregorio Fidel Méndez en 1856).

Discusión

En el levantamiento original (Fig.-01), se ubica hacia la derecha (Sur Este) de la

meseta, una construcción, entre las calles 9 y 10 (De Lazo e Igualdad, respectivamente) que corresponde a la Capilla del Espejo, bordeada por el cementerio. Se aprecia en ese levantamiento, un retiro desde el borde del barranco a la cara posterior de dicha iglesia de una cuadra (83.5 metros), aproximadamente y como de 200 varas (167 metros), hasta la calle del Espejo, última al Sur Este de la ciudad.

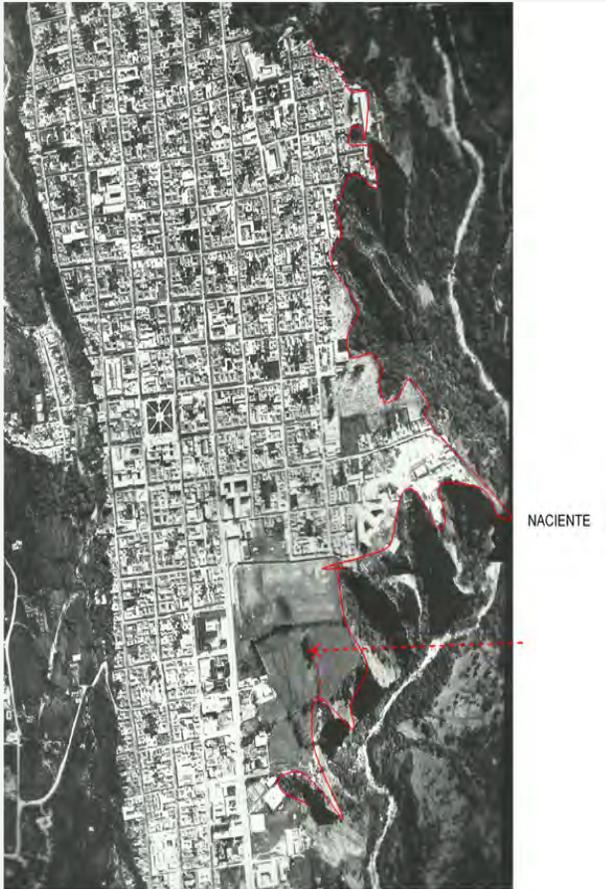


Figura 02.-levantamiento fotogramétrico 059 010405. Imagen parcial de la ciudad de Mérida, Venezuela (se ha repasado con línea roja el borde del talud para 1984).

Repitiendo la observación, un siglo después, sobre la foto aérea (Fig.-02), el borde del barranco aparece, prácticamente, pegado a la pared de la mencionada iglesia. Como pudiera pensarse que la iglesia tuviese un nuevo emplazamiento por los efectos de un sismo, también se referencia el borde del barranco al trazado de la Avenida 8 (antigua calle Del Espejo), y se aprecia que la distancia observada hasta el borde, en el primer

levantamiento topográfico, ha disminuido de las dos cuadras observadas en 1856, a menos de una cuadra para la fecha del vuelo cartográfico.

La comparación entre estos dos levantamientos de la ciudad de Mérida, evidencian inestabilidad del talud del lado del río Chama, pero además, puede darnos indicios sobre las causas de esa inestabilidad.

Cuando se hizo el levantamiento, las manzanas colindantes con la calle de Zerpa (Nº 8), no estaban construidas, su piso era de tierra y posiblemente, existió vegetación. Por el tipo de suelo de Mérida, podemos suponer que había presencia de piedras y a lo mejor, afloraba algún bolo de roca. El coeficiente de rugosidad de un suelo como el descrito, puede ser alto y estando toda la superficie libre de construcciones, la circulación de la escorrentía, sería muy lenta y con mucha infiltración. Pero cuando se inicia la construcción de casas, las calles se convierten en canales y los techos de teja, redujeron la infiltración, obligando al agua de lluvia a circular por las calles a una velocidad de evacuación mayor de la que pudo existir cuando el área era despoblada.

Si además, transcurrido el tiempo, un buen gobernante ordenara colocar macadam en las calles para suavizar el tránsito de carruajes y automóviles, se rebajaría ese coeficiente de rugosidad y la velocidad de desplazamiento inicial de la escorrentía, podría estar aumentando varias veces, pues el flujo que corría por el ancho de la manzana de 100 varas (83.5 m), ahora debía hacerlo por el ancho de una calle de solo diez varas (8.35 m).

Este aumento de velocidad se incrementó aún más, cuando al transcurrir el tiempo, las calles se pavimentaron con concreto y consecuentemente, su superficie se tornó más lisa.

El caudal de agua, fruto de las lluvias, que se desplazaba sobre la meseta no urbanizada, se evacuaba hacia el río Chama, a lo largo del frente que le brindaba todo el borde del talud. Posteriormente, después que se

construyeron las edificaciones, un caudal similar o mayor, porque ahora disminuyó la infiltración, se precipitó al río Chama a través de las bocacalles que se asoman al talud. Resulta evidente que el caudal evacuado a través de un ancho menor, genera un vertedero que trabaja a mayor velocidad y entre más se multiplicaron las paredes de los lotes urbanizados, más se incrementaba la velocidad de evacuación.

Al movilizar una masa de agua a una velocidad mayor, la energía cinética (Ecinética) crece con el cuadrado de la velocidad, convirtiendo la lámina superficial extendida, en poderosos chorros con alto poder erosivo.

$$E_{\text{cinética}} = \frac{1}{2}mv^2 \quad (\text{Ec 01})$$

Donde m= masa y v= velocidad.

El material que conforma el talud del Chama es granular, cementado de forma natural pero no tiene la consistencia de la roca. Medidas de laboratorio sobre muestras extraídas en perforaciones próximas al borde, valoran su ángulo de fricción interna en 33° y una cohesión de 2 kg/cm² para los 30 metros superiores del talud, valores que aumentan para profundidades mayores. Sobre este talud de gran pendiente, conformado por material relativamente débil, si se compara con una roca, se precipita el agua a una velocidad alta, profundizando zanjas y socavando regresivamente su superficie.

Si se observa con detenimiento la fotografía (Fig. 02), el talud derecho de la meseta, que baja hacia el río Chama, muestra un conjunto de cárcavas que se originan en las bocacalles de la ciudad, lo que sugiere el deterioro del talud que cae hacia el río Chama es consecuencia de defectos en el drenaje de la Ciudad. Sin embargo, hay tres zonas, cuya imagen se diferencia de la descripción anterior:

Zonas donde el talud no retrocedió durante este siglo y medio a pesar de recibir bocacalles.

En la figura 03, se dibujó sobre el primer plano de Mérida, el levantado en 1856, la

línea del talud que existía para el momento cuando se realizó la fotografía aérea. Esta superposición nos permite apreciar el retroceso sufrido por el borde de la meseta y las áreas perdidas que se colorearon en rojo.

Observando la figura se aprecian dos calles transversales, la De Fernández Peña (Nº 06) y la De Sucre (Nº 12), que llegan al borde de la meseta y, sin embargo, no presentan erosión hasta la fecha de la foto. Esto parece indicar que existen afloramientos rocosos en ambos puntos. Si se observa con detenimiento, en la bocacalle 06, la erosión mostrada en 1856 ha progresado poco, indicando, quizás, que encontró un estrato resistente. En la bocacalle 12, se aprecia un camino descendente hasta el río, que ha existido desde tiempos inmemoriales.



Figura 03.- la diferencia entre contornos del talud de la foto aérea y el del plano representa los derrumbes ocurridos (áreas rojas que sobresalen del contorno de la foto aérea).

Ese camino aparece en dibujos realizados durante los tiempos coloniales, por lo que la estabilidad de esa zona está documentada desde 1771, fecha de elaboración de dicho dibujo. Un indicio significativo es que el río que corre al pie de la meseta, ha mantenido su trazado en ambos puntos, mostrando que su cauce está atrapado por la roca.

Zonas donde el talud retrocedió a pesar de

no tener des-cargas a través de bocacalles intermedias, pero existían construcciones. Este es el caso del área del cementerio actual, delimitado entre las calles transversales N^o 07 (De Serrada) y N^o11 (De Vargas). Dentro de esta zona, está ubicada la Iglesia del Espejo, única construcción situada en la proximidad del borde del barranco del Chama para el año 1856. El cementerio se mantuvo, desde la colonia hasta nuestros días, sin calles que llegasen al barranco.

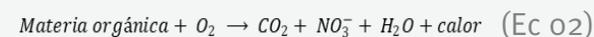
Al observar la Fig. 03, parece lógico deducir que el vertedero de agua de lluvia en el extremo Sur Este de la calle 07, cabeza de la cárcava generada en esa zona, es el causante de dicha erosión. Sin embargo, en el punto de construcción de la iglesia del Espejo y un poco más abajo, siguiendo la dirección del río, se nota la generación de dos cárcavas menores que se conectan con la primera. La cárcava que se origina en la bocacalle N^o 07, indica que el vertido de agua es el causante de la gran erosión que muestra la fotografía, pero las otras dos cárcavas secundarias, mostrando su inicio en los bordes sin calle, ameritan consideraciones especiales.

En el año 1930, para conmemorar el primer centenario de la muerte de Simón Bolívar, el Gobernador del Estado, General Rufo Dávila, inauguró las cloacas de las calles que rodean la plaza Bolívar⁴. Por la calle de la Igualdad, al Noreste de la plaza, por arriba de la Catedral, corrió un ramal de la cloaca, en dirección a la Iglesia del Espejo, lo que hace sospechar que pudo desaguar sobre el talud, por debajo del nivel del piso e iniciar otra cabeza de cárcava, sin que existiera una bocacalle que explicara la erosión.

También existe la posibilidad de que, estando situada la iglesia y la casa parroquial, hacia el borde más bajo de la calle De Igualdad, esas construcciones hubiesen vertido, parte de sus aguas negras hacia el talud, por estar a un nivel in-suficiente con respecto al colector de aguas servidas que baja por la avenida N^o 8. De ser este el caso, a la acción abrasiva del agua, se le estaría añadiendo la acción diluyente de las sustancias que se generan por la descomposición de las excretas. Las ecuaciones 02 y 03, ilustran la descomposición parcial de estos desechos,

en presencia de agua.

En presencia de Oxígeno:



Donde: O₂ = oxígeno; CO₂ = dióxido de carbono; NO₃⁻ = nitrato; H₂O = agua

En ausencia de Oxígeno:



Donde: CH₄ = metano; NH₃ = amoníaco; H₂S = ácido sulfhídrico.

La comparación de los dos levantamientos, evidencia una situación que atenta contra el urbanismo de la ciudad. Con seguridad, hay opiniones de profesionales que confían en la estabilidad de la meseta por la dureza del material que la conforma, pero la agresividad del agua en movimiento, como lo establece la ecuación de la energía cinética (Ecuación 01), puede destruir rocas, si el chorro abrasivo supera cierto límite de velocidad. Con más razón puede destruir un suelo cementado que resiste mucho menos que el hormigón, para el cual se limita la velocidad del agua en canales a menos de tres metros por segundo.

Zonas donde el talud retrocedió a pesar de no tener des-cargas a través de bocacalles ni tiene construcciones aledañas.

Desde la calle 13 del primer levantamiento (calle De Ayacucho), hacia abajo, existía una zona despoblada, hacia el borde Sur Este de la meseta, no aparecen bocacalles que concentren el flujo, ni aparece reseñada esa fuente de agua que ahora se aprecia en las fotos. Para guiar al lector, se ha señalado en rojo su ubicación y a trazos, el pequeño arroyo que de ella saldría.

Este olvido del topógrafo podría deberse a la poca importancia de la fuente o que dicha fuente no existiera. Sin embargo, el derrumbe en esa zona es el de mayores proporciones que en el resto de la meseta, por lo que se analizará con mayor detenimiento esta zona. En 1856, no existía el alcantarillado en la ciudad, las cloacas se construyeron en 1930. El servicio de agua corriente, se hacía por acequias que sacaban el agua del río Milla,

hacia el Norte de la Meseta y bajaban por el centro de las calles. En la foto de 1984, aún permanecía la zona en estudio sin urbanizar, estaba ocupada por el estadio Lourdes y una hacienda. En Mérida se cultivó caña de azúcar y su riego se hacía por acequias. Esa naciente de agua, bien podría ser los restos de una acequia que surtiera la finca y que, con el paso del tiempo, fue horadando la Meseta. Sin embargo, el daño es muy grande y seguramente hay otras causas concomitantes que pudieran explicar mejor ese derrumbe, máxime si el uso de la acequia fue intermitente, solo en época de sequía.

La comparación entre la foto y la topografía, muestra un cambio de curso del río, que se ha acercado a la Meseta. Como puede verse en la topografía antigua, el río corría por la margen del otro lado de la Meseta, por lo contrario, en la foto aérea, el río ataca el pie de la misma. Existe otro dato interesante, en 1894 ocurrió el terremoto de los Andes que causó grandes daños en la Ciudad, produciéndose derrumbes en las laderas

de río Chama, de tal magnitud que el Dr. Ignacio Lares dejó constancia escrita 5 que se levantó una nube de polvo que oscureció la Ciudad durante tres días.

Especulando, se podría sugerir que, un lavado continuo de la superficie de la meseta, pudo ablandar las capas superficiales de la misma, pero que el fuerte sismo desestabilizó parte de ella, cayendo al río y propiciando el cambio de su curso por el obstáculo que colocó la masa derrumbada. Sea cual sean las causas, la topografía evidencia una meseta deleznable y señala sus puntos débiles que deben llamar la atención de los profesionales que encaran las obras, bien sea de proyecto o de mantenimiento.

Sirva esta discusión para ejemplarizar como una topografía, además de la medida del terreno, podría reflejar derrumbes, suelos rocosos, diseños defectuosos y serviría para rastrear daños ocultos y documentar patrimonios históricos.

Conclusiones

En el caso tratado, a través de la comparación entre las topografías se evidencia el retroceso progresivo del talud Sur Oeste de la Meseta de Mérida y sus posibles causas. En general puede afirmarse que con un estudio en profundidad, los levantamientos topográficos pueden, no solo describir la geometría del sitio, sino mostrar una serie de indicios de posibles daños y sus causas, si se valoran desde los múltiples puntos de vista de la ingeniería y de la geología y aún más, pueden complementarse con los testimonios de personas y de la historia.

Referencias

- 1- Marcos Vinicio Salas M.- “Gobernabilidad de Mérida”. Ediciones del Rectorado-Talleres Gráficos Universitarios- Mérida Venezuela. Primera Edición, 2008
- 2.- Eduardo Picón Lares. Revelaciones de Antaño. Tomo I “El primer plano Topográfico de la Ciudad”. Segunda Edición 2008. Universidad de los Andes. Talleres Gráficos Universitarios, 2008. Mérida
- 3.- Copia en C.D., adquirido en la Biblioteca Don Tulio Febres Cordero. Mérida, Venezuela.
- 4.- Memorias anuales del Gobierno Estadal del Estado Mérida. Años 1928 a 1930 archivadas en la Biblioteca Tulio Febres Cordero. Mérida, Edo. Mérida
- 5.- Rafael Ramón Castellanos. “Caudillismo y Nacionalismo: de Guzmán Blanco a Gómez (Vida y acción de José Ignacio Lares)”. Caracas 1994. Italgráfica S.A., En el Apéndice 11 se incluye el artículo “Volvamos al hogar” por José Ignacio Lares. Pág.590