

# GEOCIENCIAS APLICADAS A OBRAS VIALES <sup>1</sup>

† Ing. Dr. Eliseo Popolizio

## 1- INTRODUCCION:

El objeto del presente trabajo ha sido el brindar a los ingenieros viales una guía que los oriente en aquellos problemas en los cuales los campos de la Ingeniería y Geotecnia se confunden con el de las Ciencias de la Tierra y a los especialistas de cada una de estas últimas, el planteo de esos mismos problemas, con miras a permitirles una mayor colaboración con los técnicos.

Entendemos que de esta manera se logrará una visión más amplia y exacta de los múltiples procesos que interaccionan entre sí en el modelado de la corteza terrestre y cuyo conocimiento se hace imprescindible en el proyecto y ejecución de obras viales.

De ninguna manera este trabajo intenta incursionar en el campo de disciplinas ajenas a las Ciencias de la Tierra, ni siquiera agotar el tema, pero muchos años de observación y estudio sobre el mismo nos ha llevado a comprender que, no solamente en nuestro país, la especialización ha aislado en compartimentos estancos a muchos de los especialistas, llegando incluso a usar una terminología tan diferente, que la comunicación se vuelve difícil y la sistematización de la información se hace sumamente complicada.

El hombre construye sobre una corteza en continua actividad, originada por agentes físicos, químicos y biológicos y sus obras interfieren cada vez más con los procesos naturales.

Actualmente, un proyecto vial no solamente interesa al ingeniero sino también al ecólogo, al geógrafo, al planificador y a muchos más. Esto no es el resultado de una ampliación del campo de cada uno, sino de la magnitud e importancia creciente de las obras viales.

La especialización lleva implícito el trabajo en equipo, so pena de desvirtuar o parcializar la realidad y ese trabajo en equipo significa enfrentar el análisis de la realidad desde el mayor número posible de ángulos. El objeto formal de cada disciplina seguirá siendo específico y diferente a las otras, pero el objeto material es único y la visión sintética del mismo no se logrará si no se lo analiza desde distintos puntos de vista y si no se utiliza una terminología común.

Además, el conocimiento de la metodología usada por cada uno de los integrantes del equipo, permitirá adecuar los tiempos de trabajo y establecer un orden de prioridades para las etapas a seguir. Ello significa disminución de costos operativos, mayor exactitud en los coeficientes de

---

<sup>1</sup> Este trabajo fue publicado en II GEOCIENCIAS Publicación del Laboratorio de Geología Facultad de Ingeniería Vivienda y Planeamiento de la Universidad Nacional del Nordeste- Año 2 N° 2 1973.

seguridad calculados y mayor seguridad de una óptima funcionalidad de la obra, durante el período de vida útil asignado a la misma.

Consideramos, modestamente, contribuir con el presente trabajo al acercamiento entre los especialistas de diversas disciplinas vinculadas a una obra vial y adjuntamos una bibliografía, suficientemente extensa, para aquellos ingenieros que deseen profundizar más sobre los conocimientos de las Ciencias de la Tierra, ya que la lectura de este trabajo presupone un conocimiento previo de elementos de Geología y Geomorfología

Por otra parte, para los especialistas de las Ciencias de la Tierra, planteamos algunos de los principales problemas que enfrenta el ingeniero en este tipo de obras y en las cuales la participación de aquellos es necesaria, para que adecuen sus investigaciones y la formulación de sus observaciones, de manera tal que sean comprendidas y utilizadas por el ingeniero.

## **2- EL HOMBRE, EL CAMINO Y LAS CIENCIAS DE LA TIERRA**

Las características propias del ser humano, de disponer de movilidad e inteligencia, lo llevaron desde sus mismos orígenes a desplazarse sobre la superficie del planeta, no solamente por fines biológicos sino también impulsados por necesidades sociológicas.

Buscó, no solamente recoger o perseguir su alimento, sino también vincularse con otros seres humanos y a medida que su inteligencia se desplegaba en procesos de asociación cada vez más complejos y aumentaban sus conocimientos sobre el medio biofísico en el que se encontraba, esos desplazamientos, que inicialmente seguían los caminos de sus presas o los sitios menos peligrosos, frente a las asechanzas del medio, comenzaron a condicionarse a factores más complejos.

El nomadismo inicial, dependió más de la **situación** que del **sitio** y los desplazamientos se realizaban siguiendo las mismas finalidades de las migraciones de los demás seres vivos. Con excepción de algunos pasos fijos o aguadas, los desplazamientos seguían una zona o faja de terreno sin ajustarse a un eje estable.

Fue la urbanización la que modificó fuertemente el orden de los factores que condicionaban esos primeros esbozos de caminos. La ciudad fue en primer lugar un sitio permanente, perfectamente determinado y ubicado dentro de la zona de situación de varios factores.

La ciudad diversificó las profesiones, multiplicó las dependencias y un número cada día mayor de personas dejó de disponer de medios propios de alimentación, pasó a dedicarse a otras actividades y entró en dependencia de aquellos que constituían el sector primario.

La ciudad requirió así una comunicación estable, rápida y eficiente con las áreas periféricas, de donde le llegaban los alimentos y recursos naturales necesarios.

Pero la ciudad también hizo jugar un papel más importante al factor defensa. Los primitivos caminos debían trazarse de tal manera que pudieran ser fácilmente defendidos, frente a la invasión de los nómades o de otras ciudades e inclusive ser inutilizados mediante la destrucción de puntos claves, tales como puentes o pasos estratégicos.

La multiplicación de funciones y requerimientos de la ciudad, obligó a multiplicar los caminos, a darles mayor estabilidad, mínimo recorrido, menor conservación, mejores condiciones de circulación y defensa.

Si bien el uso de animales como medio de transporte había modificado la extensión y características de las fajas de desplazamiento del hombre, la invención de la rueda provocó una revolución aún mayor en las obras viales.

La rueda permitió al hombre transportar cargas muchos mayores con menor esfuerzo, pero originó nuevos factores condicionantes: en primer lugar la pendiente, inversamente proporcional a la carga y a la velocidad, en segundo la capacidad portante del suelo y en tercer0, el ancho de la ruta.

Los caminos debieron trazarse por zonas menos quebradas, con menos pendiente y suelos más resistentes e incluso pensarse en tratamientos especiales para la faja de rodamiento.

La rapidez y mayor capacidad de carga fueron prioritarios frente a muchos otros factores, obligando a proyectar obras de arte cada vez mayores y más resistentes. Por otra parte, los caminos se fueron diferenciando cada vez más, de acuerdo a su función específica.

El incremento de la población, del comercio, del capital y del poder acentuó aún más esta diferenciación, coexistiendo caminos de orden muy diferentes, desde, la simple senda recorrida a pie o a caballo, hasta las vías principales, realizadas a costo cada vez más grande e incluso con calzamiento pétreo.

La aparición del automotor y el crecimiento vertiginoso de su capacidad de transporte, su velocidad y diversidad de fines, fue la última y más grande revolución en la cual vivimos y que, superpuesta a la explosión demográfica y consecuente aumento de unidades, nos enfrenta con problemas totalmente nuevos.

El peligro de colisión, mayor cuanto mayor la velocidad del automóvil, ha hecho entrar en juego nuevos factores condicionantes tales como: la visibilidad en las curvas horizontales y verticales, planteo de los radios de curvatura en ambos planos y el estudio de peraltes y curvas de transición a partir de los problemas inerciales.

Los requerimientos de seguridad han obligado a proyectar nuevos tipos de bandas de rodadura, uso de nuevos materiales, estudio de .las condiciones climáticas, de las reacciones del conductor, etc.

El peso de los vehículos obliga a considerar a los caminos como estructuras complejas, de capas superpuestas diferenciadas en sus características petrográficas, granulométricas y cohesivas.

La rapidez de circulación, convertida en factor prioritario, obliga a realizar modificaciones verdaderamente impresionantes en el relieve y en las condiciones naturales, que hace pocos años ni se hubieran pensado.

Pero esa multiplicación de factores condicionantes en las obras viales y la modificación de prioridades, han hecho de las mismas uno de los principales factores de modificación antrópica del ambiente, a tal punto de llegar a pensar si la preservación del mismo no les pondrá límites.

No solamente motiva cortes de laderas, modificaciones de curvas, remoción del suelo, talado de la vegetación, etc. sino también la contaminación ambiental, mucho mayor de lo que generalmente se piensa, ya que los gases tóxicos de los escapes afectan a la biota y provocan desequilibrio biológico en zonas de cientos de veces superior al ancho del camino.

Provoca además, modificación del escurrimiento superficial y subterráneo, reducción de las áreas dedicadas a cultivos, etc. aún en obras proyectadas, dejando de lado tantos ejemplos de deslizamientos, carcavamientos, etc. en las cuales la relación entre el camino y el medio no fue vista o dejada de lado ex profeso, por quienes aún en el siglo XX siguen pensando en compartimientos estancos cuando el futuro de la especie está en juego.

En efecto, una obra vial no es solamente una infraestructura de comunicación, es también factor desencadenante de número de modificaciones ambientales, atrayendo al hombre hacia ella y multiplicando así aún más su influencia modificadora del medio;

Construimos caminos, pero lo hacemos por el hombre y para el hombre. Una obra vial es también, porqué no decirlo, una prueba al ingenio humano, un desafío a su capacidad de transformar la Tierra sin destruirla.

Cuando vemos esas obras viales en las que el hombre parece haberse ensañado con la naturaleza cortando a diestra y siniestra la superficie y dejando la marca de su salvajismo en infinidad de cicatrices desnudas, desmoronadas, y sin vegetación.

Cuando vemos inmensas cárcavas progresando rápidamente sobre campos otrora fértiles; cuando dejamos de sentir el latir de la vida entre la vegetación marginal, o encharcarse campos de cultivos y cursos de agua, pensamos si por allí no pasó el bárbaro de los albores de la humanidad, pero dotado de armas de destrucción que aquel no soñó.

El hombre para subsistir debe modificar el entorno, pero adecuándose a las leyes y procesos naturales que son anteriores a él y que la naturaleza combinó armoniosamente a través de los siglos.

Cuando mayor es la obra, mayor será la posibilidad de destrucción, de allí que cada día se haga más necesario, por parte del proyectista, un fuerte conocimiento de las Ciencias de la Tierra. Es verdaderamente lamentable que esa primera etapa, en la cuál los ingenieros estudiaron y

plantearon las leyes de muchos procesos estudiados por las Ciencias de la Tierra, fuera sucedida por una especialización casi exclusivamente físico-matemática, que los fue desvinculado gradualmente de la realidad del medio sobre el cual emplazan sus obras.

Hemos llegado un punto en el cual la convergencia de la Ingeniería, la Geotécnica y las Ciencias de la Tierra se vuelve inevitable.

Esperamos que estas páginas contribuyan en algo al logro de la misma.

### **3- ASPECTOS DE GEOCIENCIAS VINCULADOS A LA OBRAS VIALES**

Pocos son los aspectos de las Geociencias que no deben ser considerados en una obra vial, pero es fundamental destacar que solo unos pocos influyen de manera dominante y su conocimiento es imprescindible, a fin de evitar costos excesivos en los proyectos o fallas posteriores de las obras, que en caso extremos conducen a verdaderos desastres.

Sintetizando, podemos decir que 3 aspectos deben ser considerados como básicos:

#### **1) Las condiciones morfométricas:**

- 1-1.- Topografía general
- 1-2.- Pendientes
- 1-3.- Movimientos de suelo o roca

#### **2) Las condiciones estructurales:**

- 2-1.- Tipos de estructuras
- 2-2.- Tipos de rocas
- 2-3.- Yacimientos

#### **3) Las condiciones morfofisiológicas:**

- 3-1.- Acción del agua superficial
- 3-2.- Acción del agua subterránea
- 3-3.- Otros agentes del modelado
- 3-4.- Estabilidad de laderas
- 3-5.- Conservación y preservación de condiciones naturales.

#### **1- Las condiciones morfométricas:**

Podríamos decir que un camino es una banda espacial, que con el mínimo costo y recorrido debe unir dos puntos, adecuándose lo más posible a la superficie topográfica, con el máximo de eficiencia funcional.

Hemos dicho que una obra vial modifica el espacio sobre el cual se

instala y cuánto más profundamente lo haga más costosa será y mayores problemas enfrentarán quienes la construya. En muy pocos lugares, esas modificaciones son imprescindible, tanto más, cuánto más importante es la vía de comunicación.

En efecto, una obra vial tiene establecidas condiciones geométricas en función de su categoría: radios de curvatura horizontal y vertical, peraltes, ancho, visibilidad, pendiente, etc. Adaptar esa faja poli alabeada, cuyo margen de modificación disminuye a medida que crece su importancia, requiere un conocimiento exacto de la superficie topográfica que deberá cortar.

Por lo antedicho, lo primero que interesa es disponer de información sobre la “medida de las formas”, es decir, la cotas de los distintos puntos, la amplitud y energía del relieve y las pendientes.

La topografía general obtenida de cartas, de aerofotogrametría, o de relevamiento topográfico, da la visión areal del problema, orientándose desde el comienzo sobre las formas posibles de abordarlo. En una palabra, los caminos naturales de penetración desde un punto hacia otro, las diferencias de nivel a salvar y el recorrido necesario en función de la pendiente fijada para la obra.

El estudio de las pendientes topográficas, su tipología y valor, es de importancia capital para el cálculo de estabilidad de laderas. El relevamiento topográfico detallado permitirá cubicar los volúmenes de materiales a remover y la mejor manera de compensar desmontes con terraplenes.

## **2- Las condiciones estructurales:**

La estructura, en sentido estricto, es decir la manera en que se disponen los diferentes conjuntos de roca, influye directamente en estudio de la estabilidad de laderas e indirectamente, como consecuencia de que condiciona el escurrimiento subterráneo, el cuál juega un papel determinante en la estabilidad de los taludes.

Por otra parte, el conocimiento de las características estructurales es necesario para los estudios de las cuencas de aporte.

El conocimiento de las rocas es básico para calcular el poder soporte de la sub-base, el comportamiento de las mismas como material de obra, los costos de remoción en los desmontes, su valor de esponjamiento para los terraplenes y además, lógicamente, para la estabilidad de laderas.

El estudio de las características de los yacimientos y su localización, entre los que incluiremos el agua para la construcción, reviste gran importancia por su influencia en los costos de transporte, localización del obrador y de los campamentos.

## **3- Las condiciones morfofisiológicas:**

Un criterio bastante común entre los ingenieros es considerar el

relieve como estático, lo cuál está bien lejos de la realidad y es, justamente, el desconocimiento de cómo funcionan los distintos procesos y sus asociaciones en la evolución de las formas, lo que ha causado ya tantos desastres en este tipo de obra.

Desde este punto de vista, es imprescindible el conocimiento de los agentes que actúan en el modelado terrestre, la manera en que lo hacen, es decir, los procesos y los sistemas de modelado, así como la acción combinada de los distintos procesos bajo diferentes condiciones climáticas.

La acción del agua superficial interesa directamente en el estudio de cuencas, obras de arte, defensa y protección de laderas, cálculo de alcantarillas, etc.

El agua subterránea ingresa básicamente para el cálculo de la permeabilidad, en el estudio de las cuencas fluviales y además, para proyectar los drenes, en muros de sostenimiento, laderas, y sub-base.

Los otros agentes del modelado, en especial el hielo, el viento deben ser también considerados: el primero para el estudio de defensas y protecciones contra la soliflucción y los aludes; el segundo, puede originar problemas por acumulación sobre la calzada, en la visibilidad y estructuras suspendidas.

El comportamiento de los taludes, naturales o artificiales, debe ser analizado con mucho detenimiento, puesto que su estabilidad depende de diversos procesos y es uno de los puntos de convergencia obligada de la Geociencias y la Ingeniería Vial

Finalmente, es necesario conocer las condiciones ecológicas del área en estudio, pues solamente de esta forma podremos introducir las múltiples modificaciones que origina la obra vial, provocando el mínimo desequilibrio ambiental y proponer las medidas de conservación o corrección, imprescindibles para que la obra vial se inserte armónicamente en el paisaje <sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> El trabajo tenía prevista una 2º parte que no fue realizada por el autor. Nota de la editora. Dra. Pilar Serra.