

CUESTIONES ESTETICAS DE LA CARRETERA

LA COMODA VISIBILIDAD, LA PERSPECTIVA LINEAL, LA BELLEZA FUNCIONAL Y LA BELLEZA PAISAJISTICA

Por ANGEL DEL CAMPO Y FRANCES

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y Vicepresidente del Instituto de Jardinería y Arte paisajística.

El éxito alcanzado por el autor en su reciente conferencia, dentro de la I Semana de Estudios de Ingenieros de Conservación de Carreteras, ha sido la causa de que le hayamos pedido, para las páginas de nuestra REVISTA, el desarrollo de algunas de sus originales ideas sobre la estética de la carretera en lo que pudiera calificarse de teoría científica de la comodidad óptica. El que no pueda haber contemplación estética sin un estado de ánimo propicio, exento de inquietudes o cansancios, ha conducido al autor a reiteradas y personales experiencias que han cristalizado en su hallazgo del campo de visión descansada. Si, como él dice, aparece éste rodeado de sorpresas e inquietantes casualidades, es porque, modestamente, elude el término descubrimiento; pero bien lo ha de poder utilizar el lector, al ver cómo nace una nueva geometría de la carretera, así como el paisaje patrón, que permite clasificarlas por su anchura visible.

1. Proemio con argumentos obvios.

El verdadero, el auténtico *usuario de la carretera* es el que la recorre al volante de un vehículo automóvil. No es tal cosa el acompañante o pasajero que *usa* de la carretera pasivamente.

La carretera que logra complacer al usuario, tanto funcional como paisajísticamente, complace, por ende, a los que viajan con él. La recíproca puede no ser cierta.

Esta complacencia experimentada por quien maneja el volante sólo puede provenir de un cierto grado de tranquilidad contemplativa que la propia carretera ha de ser la encargada de proporcionar. Al pasajero, que raramente le falta, se la facilita el conductor y no la carretera.

El automovilista disfruta de esta tranquilidad al conducir su vehículo por la carretera cuando se ofrece ésta ante su vista sin dudas, confusiones o peligros. El ofrecimiento alcanza su máxima perfección cuando ni siquiera precisa recurrir al mensaje anticipado de la señal de peligro o a la de advertencia del defecto vergonzante.

El lenguaje de la carretera debe estar, en sí misma, en la elocuencia de su geometría desplegada en el campo visible de la perspectiva. Es geometría la línea, el contorno que sutura el contraste cromático, la superficie, el trazado horizontal, el vertical, el transversal.

Sólo cuando el usuario entiende sin recelo lo que la carretera le grita desde lejos, desde una lejanía cómodamente perceptible, es cuando se confía a ella plenamente. El disfrute de la contemplación no puede experimentarse sin confianza.

La cómoda percepción que propende a la confianza y facilita la contemplación estética no puede estar

vinculada, lógicamente, a una geometría fatigosa que, bien por una constante y reiterada movilidad de las pupilas, bien por una prolongada fijación de ellas en un punto, vaya provocando en la visión del automovilista un cansancio creciente.

La carretera debe brindar al usuario la cómoda visibilidad de su perfección funcional, necesaria para que parte de la atención que requiere pueda vacar en el mundo físico circundante. En otras palabras: la belleza funcional de una carretera es la que otorga al usuario los grados de libertad precisos para poder enjuiciar su belleza paisajística.

Resumiendo más o menos cuanto queda dicho: La carretera, como objeto de contemplación estética y, al propio tiempo, base de esa misma contemplación, debe reunir la doble cualidad de permitir la y complacerla. La total eliminación de causas de inquietud en el usuario es principio ineludible para que éste pueda ser, además, contemplador. La carretera debe satisfacer, en primer lugar, al tráfico automóvil para el que está prevista; sólo así podrá la vista del conductor acomodarse, sin fatiga, a una constante atención y a un disfrute simultáneo. La carretera debe ofrecer: *seguridad y belleza.*

2. Donde se define el campo de visión descansada y alguna otra cosa más.

Nuestra visión binocular, aparte proporcionarnos la estereoscopia hasta una distancia práctica de 225 m., es causa de otros efectos, quizá de mayor importancia, en cuanto se refiere a las humanas posibilidades ópticas pivotando en el centro geométrico del horizonte de un lugar; esto es, el encuadre apaisado de nuestros panoramas visibles.

La mayor amplitud horizontal de nuestros movimientos oculares también favorece a ello si se la compara con la menor movilidad vertical. Si, cual hipotéticos Polifemos, sustituyéramos nuestros dos ojos por un solo central, no obtendríamos con él la

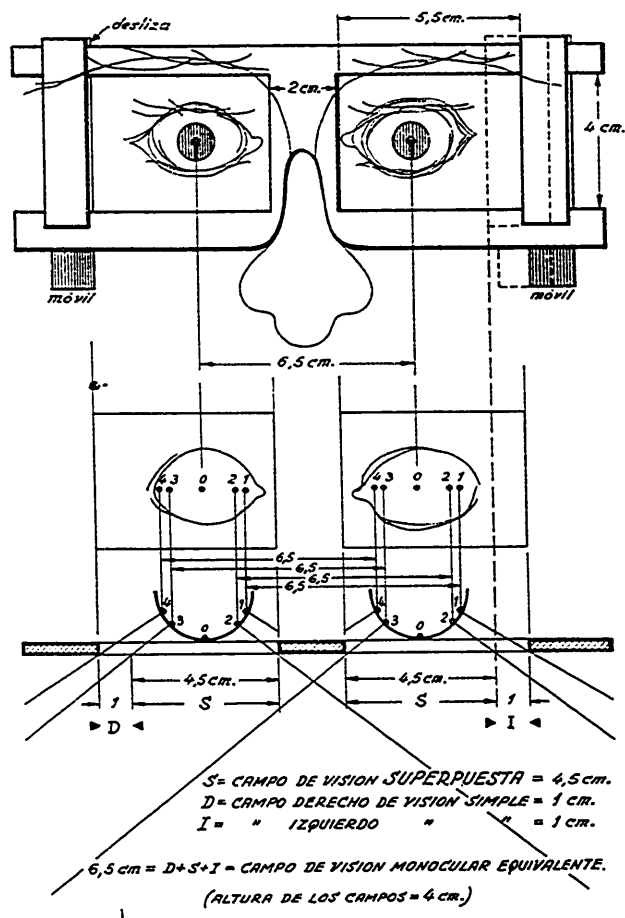


Figura 1.^a

visión monocular equivalente más que asomándole a una ventana facial de apaisada rectangularidad. Ventana que, virtualmente, se forma bajo nuestros arcos superciliares, por superposición, en la imagen cerebral, de la parte que tienen de común los campos de visión de cada ojo ensanchada, hacia ambos lados, con lo que de ellos es campo de visión simple. De este ensanche sólo una breve franja es dominada, con esfuerzo, por la pupila correspondiente en visión directa; el resto, más vislumbrado que visto, queda a merced de visuales periféricas.

En la figura se explica el artificio casero y la forma de obtener con él las medidas de esa ventana óptica, que también pudiera definirse como contorno del campo de visión directa en el plano facial. Nuestro personal resultado ha sido un rectángulo de 6,5 cm. de ancho por 4 cm. de alto, como media de varias pruebas.

No es frecuente, en el humano y ordinario mirar, que el movimiento vertical de las pupilas llegue a causar fatiga. Por el contrario, tanto la reiteración prolongada del movimiento transversal como la constante fijeza, si la ocasionan hasta incluso producir un típico dolor de ojos. Dejando a un lado la fatiga por acomodación focal, cansa más la lectura prolongada de un texto de renglones largos, a toda página, que el mismo, durante igual tiempo, si está compuesto a dos columnas.

Del mismo modo, cansa más una carretera que mantiene nuestras pupilas en una amplia y constante oscilación que la que, sin inmovilizarlas en las rectas interminables, las mantiene en normal movimiento dentro del campo de visión descansada.

Llamaremos campo de visión descansada CVD, la superficie rectangular que sobre un plano situado delante del observador queda dominada, íntegra y cómodamente, por las visuales derivadas de una normal movilidad de las pupilas. Las dimensiones de este rectángulo apaisado, que mantienen entre sí constante la relación de semejanza, las fijamos al situar el CVD en el plano de un teórico parabrisas a 50 cm. del conductor, como resultado medio de múltiples mediciones experimentales: 16 cm. de ancho por 10 cm. de alto.

Trasladando al plano facial, en una pura y geométrica homotecia, las amplitudes correspondientes al CVD, se deducen, con bastante aproximación, los valores absolutos de los desplazamientos de las pupilas en los dos sentidos perpendiculares: 0,64 cm y 0,4 centímetros, respectivamente, que resultan, prácticamente, ser 1/10 de cada uno de los lados del rectángulo de visión monocular equivalente. O dicho en otras palabras: la visión descansada tiene lugar dentro de un campo concéntrico semejante y cien veces menor al total abarcado por las pupilas en visión directa.

3. De cómo una sorpresa es capaz de provocar una digresión.

Resultó curioso para el que esto escribe, aunque luego le pareciera en cierto modo lógico, que todos estos campos rectangulares que han quedado mencionados mantuvieran su semejanza geométrica en los diferentes ensayos realizados, aunque, claro es, las dimensiones presentarían ligeras diferencias de unos a otros. Pero reconoce su sorpresa cuando al determinar la proporción entre el ancho y el alto, vio que ésta resultaba estar entre 1,6; 1,62; 1,61. Precisamente las dimensiones adoptadas para la ventana de visión directa responden a la relación $6,5/4 = 1,625$; las del CVD, a la de $16/10 = 1,6$, y las que se obtuvieron por homotecia para los desplazamientos de las pupilas, lógicamente, conservan esta última proporción. Nada de particular — pudiera decirse ahora —

tiene el que tales rectángulos sean, para la visión humana, los mejor proporcionados. Su proporción es la *proporción áurea*, la *divina proporción*, la del *número de oro*:

$$\varphi = 1,61803398875\dots$$

y esa puede ser la explicación de que, el ahora llamado sentido estético elemental, confirme con estadísticas psicológicas de abrumadora mayoría, a favor de φ , esta proporción que ya era conocida por las antiguas civilizaciones griega y egipcia. Fué el alemán Zeysing quien, en 1855, descorrió el velo con que supieron cubrir *misteriosamente* los artistas de aquellos tiempos, el *secreto* de las formas arquitectónicas y escultóricas que crearon. Sobre la intervención, más o menos explícita, del *número de oro* en la composición de los cuadros pintados por los grandes maestros del renacimiento italiano se han ocupado numerosos autores (*); Luca Pacioli, el monje benedictino "obispo de belleza", publicó en Venecia, en 1509, el *Tratado de la Divina Proporción*, ilustrado por Leonardo da Vinci, y el propio Leonardo, en su célebre *Tratado de la Pintura*, aunque sin mencionarla explícitamente, se refiere varias veces a las *reglas de la composición* y dice que se deben medir las cosas representadas, *sin lo cual no estarían proporcionadas*. Porque, como dice Funk-Hellet, "los maestros del Renacimiento italiano parecen haber adoptado con entusiasmo esta extraña proporción, elevándola al nivel de un dogma, por otra parte mantenido en secreto"; así lo prueba el hecho de que a Durero no se lo quisiera revelar el propio Pacioli, a pesar del viaje que hiciera aquél para iniciarse en la *perspectiva secreta*.

En el terreno puramente matemático es interesante recordar la famosa sucesión de Fibonacci (Leonardo de Pisa, nac. 1170-1180):

$$0::1::1::2::3::5::8::13::21::34::55::89::144::233\dots$$

en que la razón de un término al anterior tiende hacia el número de oro; la división de un segmento en *media y extrema razón*: la relación entre la diagonal y el lado del pentágono regular, y en fin, volviendo al rectángulo de lados a y b en el que se verifica:

$$\frac{a}{b} = \frac{a+b}{a} = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1,618\dots = \varphi$$

como en los obtenidos para los campos visuales, cabe recordar también la curiosa propiedad que tiene de ser un generador de rectángulos semejantes, si se observa que lo es el que queda después de construir

(*) Ch. Funk-Hellet: *Les Œuvres Peintes de la Renaissance Italienne et le Nombre d'Or*, 1932. *L'Optique du Peintre et le Nombre d'Or*, 1934. *Initiation Géométrique au Nombre d'Or*, 1935; etc.

Matila C. Chika: *El número de Oro* (Ed. Gallimard).

un cuadro sobre el lado menor. La ley de esta procreación de rectángulos tiene su representación continua en la *espiral logarítmica*, la misma que aparece en los tobillos de las nebulosas celestes y en la concha de los caracoles. En el reino vegetal, las especies que, como el olmo, tienen sus hojas distribuidas en hélice espiral de perfecta regularidad, cada peciolo determina con el siguiente una fracción de vuelta — típica de la especie — que se encuentra incluida en la serie: $1/2, 1/3, 2/5, 3/8, 5/13, 8/21, 13/24\dots$ (*) perfectamente identificable con la de Fibonacci.

¡Qué más podría decirse, cuando la estatura humana está dividida en media y extrema razón por el ombligo!

4. Se trata ahora de volver a la *carretera* que se había dejado.

La definición a que se ha llegado para que el CVD adquiera trascendental importancia en la contemplación de la carretera, obliga a que, abandonando el sugestivo ámbito de la *cabalística áurea*, lleguemos a olvidar las casualidades que a él nos condujeron y nos limitemos a situar el CVD en un plano transparente, sobre el que aparece proyectada *cónicamente*, desde el *punto de vista* de la monocular equivalente, la carretera que se ofrece ante el automovilista plena de generosidad paisajística. Este *parabrisas* teórico, que puede tener efectiva materialización en el parabrisas real adecuando en él la proyección del rectángulo CVD, es un auténtico plano de proyección, el *plano del cuadro*, de la *perspectiva lineal* que, con el *punto de vista* del conductor, queda geométricamente definida. Es este el sistema referencial de todos los puntos del *espacio móvil*, que han de quedar representados en la *perspectiva de cada instante* del movimiento relativo que *inmoviliza* al observador. Mas la *no arbitrariedad* de ese movimiento queda establecida por la representación de su propia trayectoria, la carretera, constantemente *referida* al *punto de vista*, por la distancia $H = 1,20$ m. a que queda separada la superficie de rodadura de los ojos del observador sentado al volante (fig. 2.^a), tomado un prototipo normal de vehículo.

Las amplitudes angulares que los lados verticales y horizontales del rectángulo CVD determinan con el punto de vista de la perspectiva, son respectivamente:

$$\begin{aligned} \text{Amplitud horizontal. } 2\alpha &= 18^\circ 10' \quad (\operatorname{tg} \alpha = 8/50 = 0,16). \\ \text{Amplitud vertical.... } 2\beta &= 11^\circ 26' \quad (\operatorname{tg} \beta = 5/50 = 0,10). \end{aligned}$$

Con ellas, fácilmente se deduce que el primer perfil transversal que empieza a proyectarse dentro del CVD es el que se encuentra a 12 m. por delante

(*) Pierre Dujardin: *Sciences et Avenir*, núm. 138. Agosto 1958.

del observador: que de él, sólo un ancho de 3,84 metros es el que está limitado por la amplitud horizontal, y que a partir de él, hacia delante, los campos realmente enmarcados por el CVD alcanzan 32×20 metros a los 100 del conductor, 320×200 a los 1 000 metros de distancia, etc.

Siendo a el ancho real visible que define transversalmente la carretera, la sección transversal de la misma en la que, por convergencia de la perspectiva, se inicia la proyección total dentro del CVD, es aquella en que a adquiere en la perspectiva la dimensión

Se denomina *tramo descansadamente visible* TVD, a aquél que, desarrollando su perspectiva íntegramente dentro del CVD — cualquiera que sea la forma de su trazado — determina entre sus extremos, próximo y lejano, una longitud rectilínea no inferior a $d - l = 25 \cdot a - 3,125 \cdot a = 21,875 \cdot a$.

Ya se comprende que las alineaciones rectas de rasante uniforme son las que, con exclusividad, pueden inmovilizar el PF, en el centro geométrico del CVD, tiempo suficiente para provocar fatiga por fijación e, incluso, efectos hipnóticos o de somnolencia.

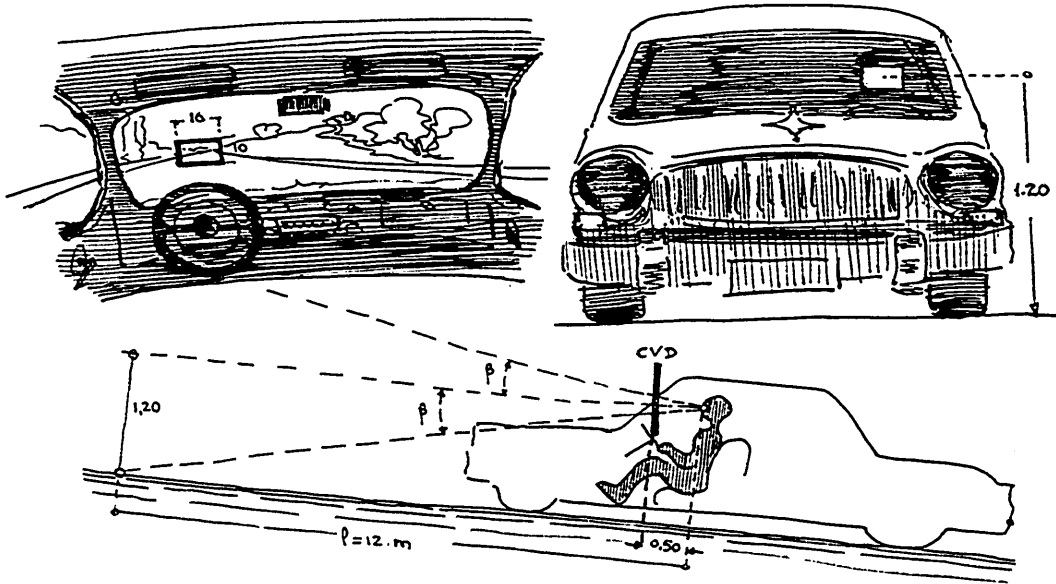


Figura 2.^a

de 16 cm. Su distancia al punto de vista del conductor resulta ser $l = 3,125 \cdot a$.

Se define como *Punto de Fuga*, PF, de la carretera, el que geoméricamente produce en la perspectiva la convergencia de los dos bordes o líneas paralelas que limitan o definen el ancho visible a . A los efectos prácticos de la visión normal, se empezará a llamar PF la sección transversal que proyecte sobre el plano del cuadro, su ancho a , en la dimensión de 2 cm. (es ésta la máxima abertura que, a 50 cm. de distancia, se observa nítidamente fijando la visual directa en su punto medio): La distancia d a la que, por delante del conductor, la carretera adquiere la dimensión de PF es $d = 25 \cdot a$.

Siendo conveniente, para comodidad óptica del automovilista y en consecuencia para su tranquilidad, que el PF mantenga su movilidad dentro del CVD, se establece la *longitud mínima de cómoda visibilidad* como aquella no inferior a $d = 25 \cdot a$, que separa en línea recta el punto de vista del conductor, de aquél en que la carretera se sale con su perspectiva fuera del contorno rectangular del CVD.

Por eso, los tramos rectos hay que considerarlos como excepciones de los descansadamente visibles, y fijar su longitud máxima en función de la velocidad real a que hayan de recorrerse durante un tiempo de tres minutos (a partir de este tiempo se inicia la fatiga visual por fijación).

Tampoco creemos necesario un esfuerzo especial para comprender que, lo que queda dicho, constituye la base de un *nuevo sistema* para el trazado geométrico de carreteras, por consideraciones exclusivamente encaminadas al logro de la comodidad óptica del usuario. No es ahora el momento de exponer, ni aun de resumir, su desarrollo, mas sí conviene advertir que su pretensión no es la de sustituir a los que rigen las reglamentaciones e instrucciones existentes en todos los países y que, atentas a la constante evolución técnica y mecánica del vehículo automóvil, supeditan sus prescripciones a garantizar la seguridad del mismo, en cuanto a móvil rodante sobre una superficie, sometido al campo gravitatorio terrestre y a los efectos de una fuerza impulsora variable, regida por la ecuación personal de un conductor. Pero sí puede

caler a las restricciones geométricas que la comodidad óptica propugna, el papel de *fíel contraste* en los resultados obtenidos con las normas técnicas usuales, pudiendo ser adoptadas cuando, al ser compatibles con éstos, representen una mejora positiva en ellos.

La utilización del CVD para analizar la comodidad óptica de los tramos de carretera abiertas al tráfico, puede ser de eficacia indudable al poder califi-

5. Donde se procura rematar la cuestión estableciendo distingos en la belleza paisajística que la carretera ha de proporcionar.

Existe un importante problema para el Ingeniero Paisajista de Carreteras, derivado del grado de influencia, o de predominio, que la carretera puede presentar dentro del mundo físico circundante, y que

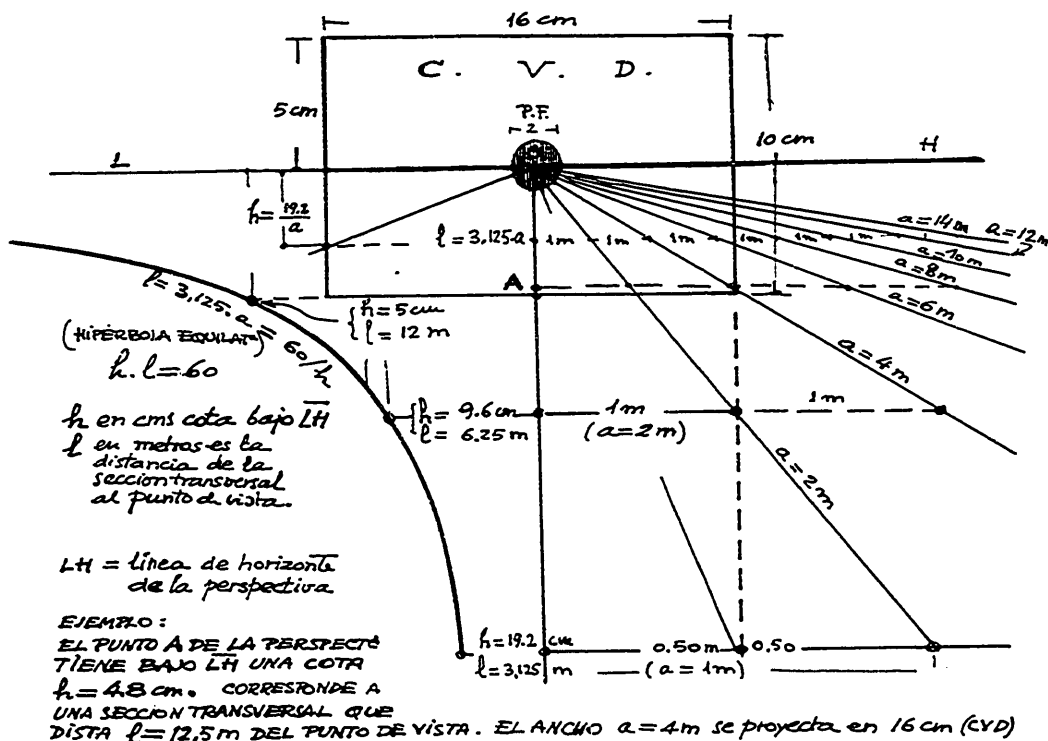


Figura 3.ª

carlos con auténtica objetividad. Hay que tener presente, a estos efectos, que la repercusión que sobre el usuario puede ejercer la geometría de un determinado tramo de la red general de carreteras, depende inquestionablemente del número de kilómetros que lleve recorridos antes de llegar a él. La confección de perspectivas desde los puntos singulares de un trazado en proyecto, tan útiles para enjuiciarlo estéticamente, queda facilitada por el rectángulo CVD, que sitúa al futuro usuario en el auténtico punto de vista que habrá de tener y al propio tiempo sirve de referencia escalar en la reproducción exacta de lo que en el parabrasis quedará proyectado. En la figura 3.ª, que fácilmente puede tenerse dibujada a escala natural (CVD tiene 16×10 cm.²), está representada la variación de escalas en los distintos planos paralelos al cuadro, cuando la distancia a que se encuentran por delante de éste varía de 3 m. a infinito.

constituye — o da lugar — al paisaje en el que aquélla se integra. Unas veces, la carretera aparece ante el usuario contemplador como una alteración — humanización — del paisaje natural, que no sufre menoscabo estético por ella. Otras, la carretera se patentiza algo más, y su presencia influye notoriamente. Pero hay el caso extremo en que la carretera adquiere tal importancia, que el paisaje natural se pierde en los últimos términos de la lejanía (fig. 4.ª). Cabría decir que el Ingeniero se encuentra con una gama de actuaciones, que va desde la *ambientación* hasta la *escenografía*, desde situar "la carretera en el paisaje" hasta confeccionar "el paisaje de la carretera". ¿Cómo discernir, en general, cuándo se está en uno o en el otro caso? Indudablemente, el problema está en determinar qué *ancho visible crítico* puede servir de separación al grupo de carreteras estrechas del grupo de carreteras anchas.

Por lo tratado en el epígrafe 2, parece correcto poder considerar todo paisaje *encuadrado* en un determinado rectángulo, que si bien puede alcanzar las

16 X 10 cm.². Así, estableceremos un *paisaje patrón* fijando una *línea de horizonte* de un hipotético lugar, que divida al rectángulo en un 65 por 100 de suelo

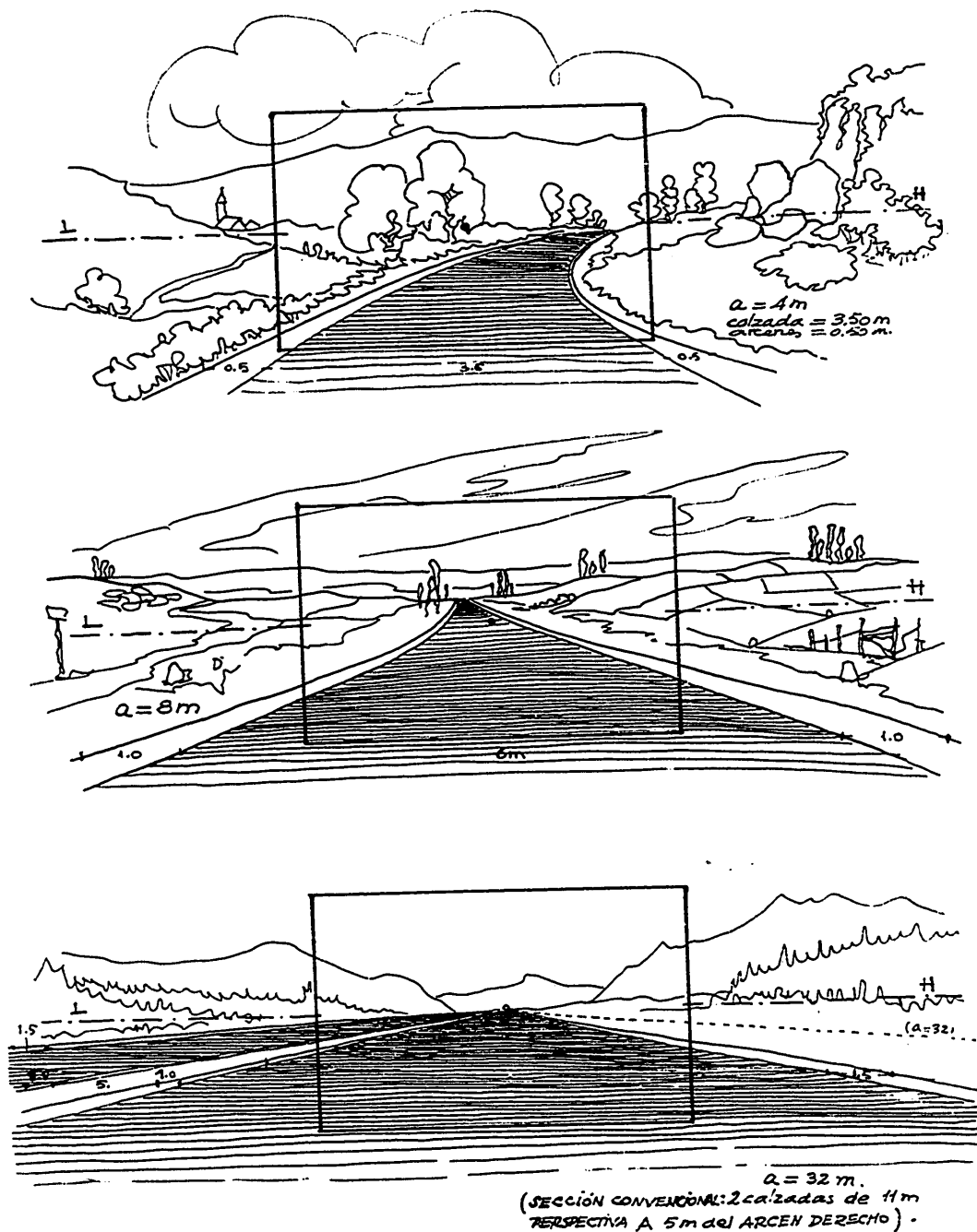


Figura 4.^a

máximas amplitudes del campo de visión, siempre ha de ser homotético con el del CVD. Y a los efectos de ponderar el grado de equilibrio que, dentro del paisaje, presentan "cielo", "tierra" y "carretera", se lleva a cabo el estudio dentro del rectángulo de

y un 35 por 100 de cielo (fig. 5.^a), lo cual no es otra cosa que atender, promediadamente, a la clásica recomendación de que "cuando el horizonte está a los dos tercios o a los tres quintos de la altura del cuadro, se aproxima al nivel que daría la proporción dorada"

da" (*). El tramo recto de rasante uniforme de una carretera situada en este paisaje, proyecta su perspectiva dentro del rectángulo, ocupando una determinada superficie de lo que constituye el "suelo" del paisaje. El valor en centímetros cuadrados de esta superficie, en función del ancho visible a expresado en metros es:

$$S = 8 \cdot h + 16 \cdot (5 - h) = 8 \cdot (10 - h) = 8 \cdot (10 - 19,2/a)$$

después de haber sustituido $h = 19,2/a$ cm., que sir-

y 1,5 cm., respectivamente, se aprecia cómo S acusa su comienzo de predominio; mas al tener que decidir — si bien con el grado de generalidad que el propio paisaje patrón supone — el valor crítico del ancho visible que buscamos, decidimos el menos discutible de 13 m., incluso para paisajes de menos cielo, mas no sólo por esa razón un tanto subjetiva:

El valor de S , que es a 104 cm.² (suelo total), como estos 104 cm.² son al rectángulo completo (160 cm.²), está prácticamente en 68 cm.²; al igua-

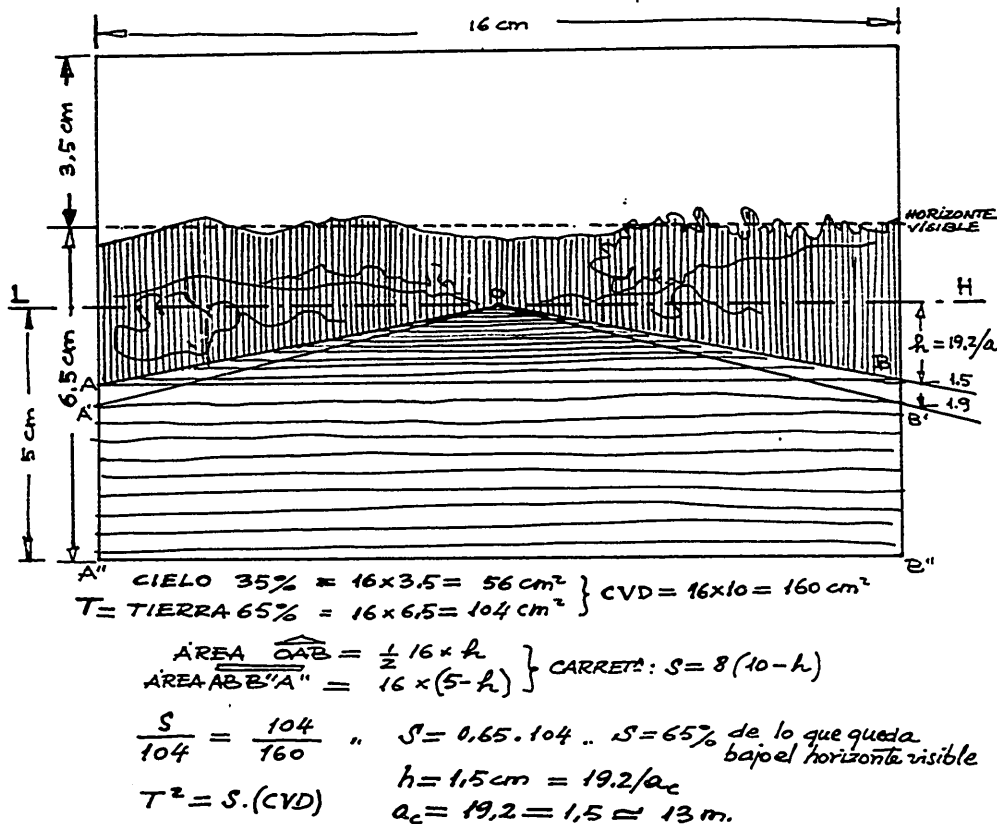


Figura 5.^a

ve para determinar la altura a que los bordes de la carretera cortan, en la perspectiva, a los lados verticales del rectángulo CVD, según el ancho a que los separa y estando el punto de vista sobre el eje.

Por lo tanto, el grado de predominio de S , bien sobre los 160 cm.² del rectángulo total, bien sobre los $0,65 \times 160 = 104$ cm.² que corresponden a terreno o suelo del paisaje, pudiera irse apreciando gráficamente, conforme al aumentar a disminuye el valor de h y consecuentemente crece el área S . Para valores de a de 10 a 13 m., en que h varía entre 1,9 cm.

larlo a la fórmula anterior que lo expresa en función de a :

$$10 - 19,2/a = 68/8 \Rightarrow 19,2/a = 1,5 \Rightarrow a = 12,8 \text{ m.}$$

por lo que, en la práctica, se adopta para el ancho visible crítica el valor

$$a_c = 13 \text{ metros.}$$

Más para demostrar que el tema no está agotado, que para redondear un final que se ha hecho esperar demasiado, puede servir esta *parrafada*:

La belleza de una carretera buena, es fruto de la contemplación: su verdad se deriva de la tranquila seguridad con que se recorre. Es objeto de especial

(*) Dr. Funk: *La óptica del pintor y el número de oro*. Art. et Médecine. Ed. Dr. Debat. París, 1934.

estudio cuanto la carretera ofrece a la estimación visual del usuario; y ello tal como se manifiesta sobre la transparencia del plano CVD. Por eso, su análisis habrá de ser llevado a cabo cual si de un verdadero cuadro se tratara: *dibujo y color*, que traslaticiamente considerados desde la técnica de la carretera, no son otra cosa que GEOMETRÍA y LUZ.

POTS SCRIPTUM.—La noticia de su fallecimiento se posó en el papel a la vez que el punto final de las líneas que anteceden. El 8 de febrero de 1961, en el Instituto Téc-

nico de la Construcción, comencé mi conferencia en el Seminario de Carreteras con las siguientes palabras:

“Con más de noventa años de edad, en el oscuro paisaje de la jubilación, vive el primer Ingeniero de Caminos español que puso cuanto pudo, para servir y complacer a la estética de la carretera. Es D. Bienvenido Oliver Román. Que sea nuestro comienzo, en la conferencia de hoy, un recuerdo a su venerable ancianidad y una promesa de continuidad a su labor.”

Hoy, dos años después, sirve el recuerdo y sirve la promesa. Pero elevados al Cielo en las alas de una oración.

