

# PROYECTO ALERTA

## FACTORES Y ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN SOBRE EL NIVEL DE ALERTA EN AUTOPISTAS

*Un proyecto de investigación realizado por el Instituto Universitario de Tráfico y Seguridad Vial (INTRAS) y Autopistas del Mare Nostrum CESA (AUMAR).*

### INTRODUCCIÓN

La conducción de un vehículo por un entorno altamente predecible, como es el caso de la autopista -y también el caso de las carreteras en las que tenemos cierta experiencia-, es una tarea cuya ejecución es en buena parte "automática"; es decir, el conductor casi sólo necesita feedback visual y cinestésico sobre su ejecución de forma esporádica, porque puede realizar buena parte de la tarea basándose en gran medida en sus representaciones y programas motores mentales sobre la autopista. Esa automatización permite liberar recursos atencionales y posibilita también que el conductor sólo tenga que invertir un pequeño esfuerzo mental para desempeñar la tarea en ese entorno; pero por contra tiene la desventaja de que en algunos casos puede disminuir hasta niveles insuficientes nuestro nivel de alerta-activación general.

El nivel de *arousal* o activación psicofisiológica de un individuo en un momento dado depende de la cantidad de esfuerzo que invierte en la tarea que está realizando, de manera que en las tareas en las que se ha de invertir poco esfuerzo y que han de realizarse durante un tiempo más o menos largo, nuestro *arousal* puede no mantenerse continuamente en un nivel adecuado. Cada actividad tiene un nivel óptimo de *arousal* en el cual se puede ejercer de forma correcta la tarea, pero cuando el nivel de activación es demasiado bajo, la eficiencia de la ejecución puede llegar a ser pobre.

Consecuentemente, cuando conducimos un vehículo durante un tiempo prolongado, y especialmente por entornos altamente seguros y predecibles -como los propios de la autopista- nuestro nivel de alerta puede experimentar descensos que pueden perjudicar la eficiencia de la ejecución. En concreto los mayores perjuicios los pueden experimentar nuestras capacidades atencionales, pues aunque el conductor siga conduciendo su vehículo (lo hace "automáticamente"), disminuye la probabilidad de que detecte señales relevantes inesperadas (como, por ejemplo, el cambio de velocidad de otros vehículos).

En este contexto aparece un fenómeno que ha sido denominado "hipnosis de la autopista" o DWAM (Driving Without Attention Mode), un estado psicofisiológico

y conductual caracterizado por manifestaciones de adormecimiento y lapsos en la atención, que se produce durante la conducción prolongada de un vehículo a motor por entornos altamente seguros y predecibles en los que existe una baja ocurrencia de eventos. Esto puede constituir una de las causas más frecuentes de accidente en este tipo de vías. Probablemente, este curioso estado a menudo aparece confundido en los partes de accidentes como sueño o fatiga, debido a que el tipo de accidente que provoca es similar a los que estos causan (salidas de la vía, colisiones por alcance con otros vehículos, etc.).

En definitiva, si el nivel de alerta del conductor decae significativamente se puede incrementar el riesgo de accidente de tráfico, pues es más probable que en ese estado se cometan fallos y errores perceptivos y decisionales y/o que las acciones se ejecuten de manera inapropiada o se inicien con excesiva demora.

Pese a la importancia del tema y su notable repercusión sobre la seguridad en las autopistas y algunas autovías, son muy pocos los estudios e investigaciones realizados en relación con este fenómeno y en concreto, nunca se ha desarrollado ninguno en nuestro país, y menos desde la perspectiva en que aquí se ha abordado y que a continuación se presenta.

## **OBJETIVOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN**

**1.-** Estudiar, analizar y desarrollar la viabilidad de aplicación de una técnica novedosa (que se describirá posteriormente) para realizar investigación y profundizar en el complejo fenómeno de la disminución del estado de alerta del conductor en el entorno de la autopista.

**2.-** Determinar la existencia de tramos o zonas de la Autopista del Mediterráneo en los que se puedan producir descensos significativos en el nivel de alerta de los conductores, así como el patrón general que sigue este fenómeno a lo largo de la autopista.

**3.-** Detectar y analizar si existe algún tipo de eventos o variables de tipo físico en la autopista que puedan incidir de alguna manera en el nivel de alerta-activación del conductor.

**4.-** Investigar si existen algunas variables relacionadas con el sujeto (como por ejemplo el tiempo de conducción) que afecten al fenómeno de la hipnosis de la autopista.

**5.-** Especificar en lo posible estrategias a desarrollar en la autopista para disminuir la probabilidad de que se produzcan descensos significativos en el nivel de alerta de los conductores.

6.- Explorar la posibilidad y viabilidad de desarrollar parte del estudio y de los análisis mediante la simulación por ordenador de entornos reales de la autopista.

## PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Para determinar las variaciones en el nivel de alerta de los conductores, se registraron de forma continuada datos correspondientes a la actividad cerebral, cardíaca y ocular en sujetos voluntarios (remunerados) mientras conducían a lo largo de la autopista, en condiciones normales, o mientras “conducían” en un simulador por ordenador (ver la Figura 1).

### *Estudios en la autopista*

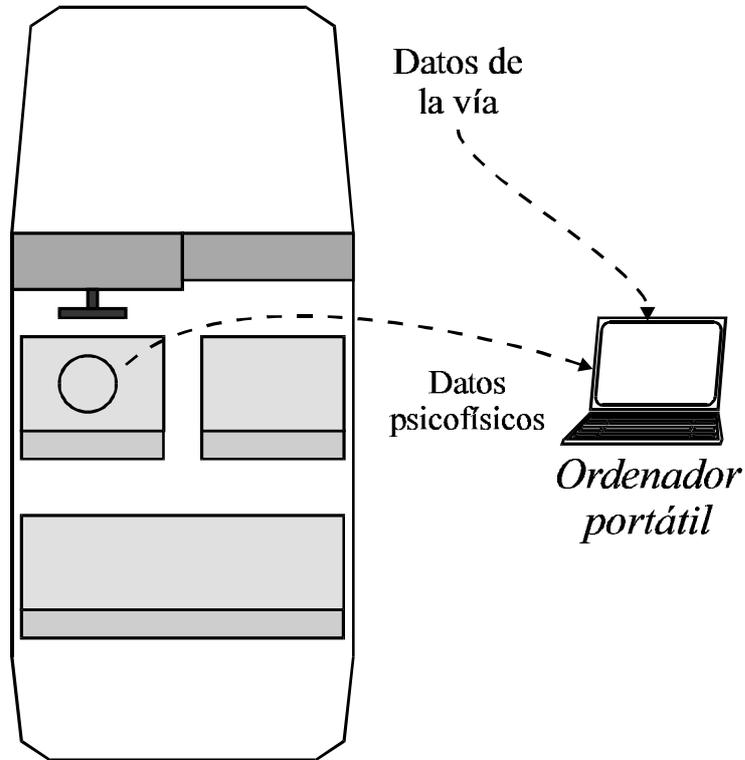
Para realizar los estudios de conducción en la autopista se utilizó un turismo cedido para esta investigación por AUMAR. Dentro del mismo se instaló un equipo para el registro de datos psicofisiológicos y un ordenador portátil. El conductor iba siempre acompañado en el vehículo por dos investigadores (ver la Figura 2), que se situaban en la parte trasera del coche y que supervisaban el funcionamiento adecuado del equipo de toma de datos y registraban en un ordenador todas las incidencias relevantes que pudieran acontecer durante el recorrido, bien porque éstas pudieran distorsionar los datos o bien porque pudieran influir de alguna manera en el nivel de alerta del conductor (por ejemplo, si éste hablaba, si aparecía una zona de obras en la vía, si empezaba a llover, si la velocidad difería significativamente de la que indicaban las instrucciones, o cualquier otro evento que se considerara de importancia). Todas las incidencias quedaban registradas en el mismo archivo informático en el que se almacenaban los datos psicofisiológicos.

Para llevar a cabo la investigación se utilizó un equipo de registro psicofisiológico computerizado, marca BIOPAC, de la empresa BIOPAC SYSTEMS, Inc (con sede en Goleta, California. USA), que se conectaba a un ordenador portátil, marca Dell, modelo Pentium.

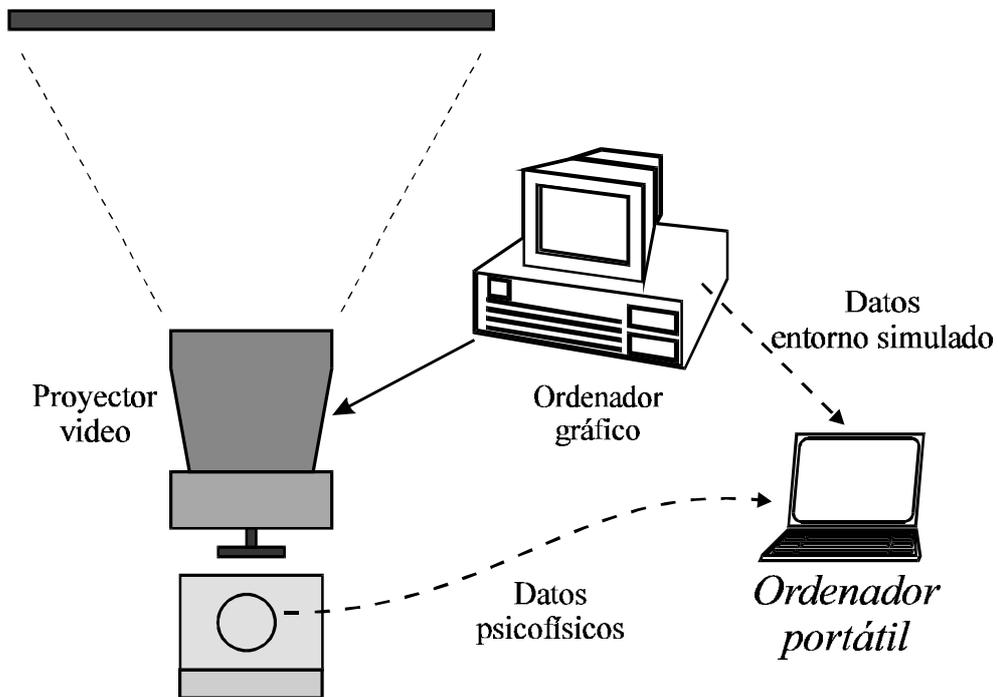
Los sujetos empezaban a conducir por entorno urbano, en concreto desde la misma sede del Instituto Universitario de Tráfico y Seguridad Vial (INTRAS), para llegar posteriormente a la autopista. Esta fase previa suponía aproximadamente una media hora y con ella se lograba, entre otras cosas, que los sujetos se familiarizaran con el vehículo y que se habituaran a los electrodos y al resto de circunstancias en las que se iba a desarrollar la sesión. Los comentarios de todos los sujetos al finalizar las sesiones indicaban claramente que habían conducido de la forma habitual y que no les había afectado el hecho de estar participando en una investigación.

Figura 1. Esquema de la situación de conducción real y simulada

### EXPERIMENTOS DE CONDUCCIÓN REAL



### EXPERIMENTOS EN EL SIMULADOR



*Figura 2. Detalle de la situación experimental.*

La muestra utilizada se compuso de 40 sujetos que realizaron durante el día (mañana y tarde) trayectos en las zonas de Valencia-Puzol-Salou y regreso (fecha de experimentación: finales de 1997), y Valencia-Silla-San Juan y regreso (fecha de experimentación: principios de 1998), haciendo distintos tipos de paradas y entradas y salidas a la autopista, en función del trayecto de que se tratase previamente diseñado y de los fines específicos de la investigación.

### *Estudios con simulación de conducción por ordenador*

En la investigación también se reprodujo en situación de simulación la conducción a lo largo de tramos "reales" de la autopista A-7 y se evaluó el nivel de alerta de los sujetos mientras "conducían" en esta simulación durante aproximadamente 45 minutos (ver la Figura 3).

En el caso del simulador, el conductor manejaba unos mandos similares a los de un vehículo y observaba las imágenes generadas por un ordenador gráfico a partir del modelo informático de la vía y del movimiento de su vehículo. La frecuencia de estas imágenes era de 30 por segundo, lo que, junto con su apariencia realista, conseguía reproducir de forma satisfactoria la conducción por la autopista. El programa de conducción permitía además mostrar mensajes al conductor y servía para almacenar datos sobre su velocidad, posición, etc. que resultan importantes para analizar su conducta.

El modelo informático de la A-7 se desarrolló partiendo de los planos reales proporcionados por los ingenieros de AUMAR y de listados e informaciones verbales complementarias. A partir de los planos se extrajeron los puntos y valores definitorios de la planta, el perfil vertical y el peralte. Con esta información se determina la forma del eje, y a partir de la introducción de una sección transversal que se comporta de forma idéntica a la real, se consigue crear una malla de polígonos que reproduce el trazado de la vía con diferentes grados de detalle. Sobre este esqueleto básico se sitúan otros elementos adicionales; además, se genera también una representación del terreno circundante incluyendo elementos como edificaciones y vegetación para incrementar todavía más el realismo de la representación visual. Una vez completado el modelo de la vía, un programa independiente posibilita posicionar al vehículo virtual de forma precisa sobre ésta, para permitir la conducción interactiva.

Figura 3. Apariencia general del programa de simulación de conducción



## SÍNTESIS DE LOS PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se presentan de manera muy sintética algunas de las principales conclusiones y resultados que se derivan de la investigación realizada.

### 1. Patrón del nivel de alerta.

Hemos podido constatar que en condiciones normales en las que no concurren circunstancias especiales que alteren sustancialmente el nivel de alerta, ésta no se mantiene constante a lo largo de un recorrido extenso por la autopista, sino que presenta una serie de curiosas fluctuaciones. En la investigación se ha querido averiguar especialmente si estas fluctuaciones siguen algún ciclo más o menos estable y/o si existe alguna clase de "patrón típico" del alerta del conductor y cuáles son las características que presenta.

Para ello hemos analizado y comparado las variaciones que se producen en el nivel del alerta de los conductores en los primeros 134 kms (tanto conduciendo en dirección hacia Tarragona, como en dirección a Alicante) descubriéndose que ciertamente en ambos casos existe un patrón muy similar, que se caracteriza por las siguientes fases:

- A.- Un incremento inicial en el nivel de alerta en los primeros momentos de conducción por autopista.
- B.- Una fase de descenso posterior del nivel de alerta.
- C.- Un segundo periodo de incremento-recuperación.
- D.- Una segunda fase de descenso del nivel de alerta.

Este resultado es especialmente interesante, no sólo por cuanto que nos permite establecer y conocer el patrón típico del nivel de alerta durante la conducción por autopista, sino porque también nos da información relevante de los puntos-tramos "críticos" en donde podría estar especialmente indicada alguna intervención dirigida a favorecer de manera general un nivel de alerta apropiado para la conducción y la seguridad vial.

### 2. La conducción prolongada por un mismo tipo de pavimento.

Durante mucho tiempo se ha especulado sobre el hecho de que conducir un vehículo de manera prolongada por un mismo tipo de pavimento podía tener repercusión sobre el nivel de activación-adormecimiento de los conductores.

A partir de la investigación realizada y tras analizar detenidamente y de manera específica este fenómeno, hemos podido comprobar que efectivamente cuando los conductores circulan durante periodos muy largos y de manera ininterrumpida por un solo tipo de firme (bien sea de hormigón hidráulico o de aglomerado asfáltico), suele bajar de manera significativa su nivel de alerta-adormecimiento, hecho que queda claramente reflejado en el tipo de ondas que se detecta en el E.E.G. Ello posiblemente

se debe a que el sujeto se ve sometido a una estimulación constante (visual, auditiva y cinestésica) de carácter muy repetitivo.

### **3.- Cambios en el tipo de firme.**

Si bien tal y como se decía anteriormente la conducción prolongada durante muchos kilómetros por un solo tipo de firme parece facilitar el que aparezca una tendencia descendente del nivel de alerta, a partir del estudio realizado podemos también concluir que esta tendencia se interrumpe de manera clara cuando se cambia a otro tipo de firme. En otras palabras, introducir pequeñas alternancias en el firme por el que está rodando el vehículo sirven para aumentar la activación positiva del conductor.

Consideramos que este resultado es de una especial relevancia práctica, pues de ello se puede derivar en síntesis la siguiente recomendación: cuando se tengan que realizar actuaciones que impliquen modificar el firme en tramos cortos, puede aprovecharse la ocasión -de ser ello posible- para pavimentar con un tipo de firme diferente al de los tramos adyacentes, puesto que así se puede favorecer la ruptura de una tendencia descendente del nivel de alerta.

### **4.- Las señales de tráfico y los carteles informativos.**

Otro de los objetivos que nos interesaba analizar era cómo afectaba al nivel de alerta la presencia de señales de tráfico en la autopista, tanto por el hecho de que se trata de un estímulo frecuente a lo largo del recorrido, como porque se trata de uno de los elementos que pueden modificarse más fácilmente (no así, lógicamente otros propios característicos del trazado, como la presencia de curvas, elementos del paisaje, etc.). Dado que existen diferentes tipos de señales, en función del significado psicológico que tengan para el conductor, agrupamos, entonces, las que tenían un componente informativo-orientativo relevante para la tarea que estaba realizando el sujeto y que aparecieran a lo largo de todo el recorrido.

A este respecto, se ha constatado que el nivel de alerta de los conductores tiende a ser mayor cuando circulan por un tramo en cuyo tronco existen carteles-señales que especialmente informan sobre la distancia a la que se encuentra la próxima salida, en comparación con el resto de tramos de la vía que no incluye ese tipo de información. Este resultado puede explicarse teniendo en cuenta la relativamente escasa y poco variable estimulación visual que existe en la autopista. Por ello, una estrategia potencialmente útil para aumentar el nivel de alerta de los conductores puede ser la de incrementar selectivamente la cantidad y variedad de este tipo de estimulaciones visuales.

### **5.- Elementos presentes en el trayecto.**

Analizamos también el efecto que podrían tener otros elementos físicos presentes en el recorrido y que por su singularidad presumiblemente podrían llegar a afectar en alguna medida al nivel de alerta del conductor. Nos estamos refiriendo, por ejemplo a las *juntas*

*de dilatación, salidas de la autopista, incorporaciones a la misma, pasos superiores, o zonas de curvas.*

Pese a tratarse de eventos puntuales, algunos de ellos muy característicos y de importancia en la conducción, en este primer análisis exploratorio no encontramos que, en su conjunto y en las condiciones en las que se llevó a cabo la conducción en esta investigación, afecten de manera extraordinaria al nivel de alerta, por lo que no entendemos (a la espera de ulteriores exploraciones) que deban establecerse en este momento modificaciones sobre los mismos. Ello no obsta para que en investigaciones experimentales más específicas que consideren su influencia aisladamente, se descubra el verdadero efecto que ejercen cada uno de ellos sobre el nivel de alerta u otros aspectos psicológicos implicados en la conducción y que no habían sido tenidos en cuenta en este caso por no ser objeto directo del estudio realizado.

#### **6. Zonas especialmente problemáticas por el tipo de incidentalidad que se registra en las mismas: la zona de Benicarló.**

Análisis realizados sobre la accidentalidad registrada en la A-7 han indicado que la zona de Benicarló sufre unos índices de accidentalidad e incidentalidad que son comparativamente algo mayores que los correspondientes a otras zonas de esta misma autopista. En principio podría pensarse que ello está relacionado con el número de kilómetros conducidos sin descansar por los conductores implicados en esos accidentes, pues a menudo se trata de vehículos que proceden de lugares muy distantes de allí.

Sin ignorar este dato, hemos comparado las variaciones en el nivel de alerta de los conductores cuando realizan un recorrido en el que circulan por esa zona "problemática" tras haber conducido aproximadamente tres horas sin parar, con las que se registran en esos mismos conductores cuando realizan un recorrido en el que circulan por otra zona distinta -seleccionada como "zona de comparación"- aproximadamente el mismo tiempo (más de tres horas ininterrumpidas).

Curiosamente, ello nos ha permitido encontrar evidencia de que el nivel de alerta de los conductores es significativamente inferior en la zona "problemática" que en el resto de zonas de la autopista, mientras que esas diferencias no existen entre la zona "de comparación" y el resto de zonas de la autopista, aun cuando el tiempo que llevan conduciendo hasta ese momento sea similar en ambos casos.

Dado que, según lo expuesto, no se puede concluir que este fenómeno sea debido exclusivamente al tiempo de conducción, es previsible que también ejerzan un papel de relevancia las circunstancias relativas a un entorno en el que habrá que investigar de una manera específica la introducción de algunas modificaciones estimulares que puedan repercutir sobre el nivel de alerta de los conductores.

## 7.- Cambios de velocidad.

Uno de los presupuestos teóricos de los que partimos en nuestra investigación establece que la predecibilidad del entorno favorece la disminución del nivel de alerta. En gran medida dicha predecibilidad viene determinada por el patrón de flujo óptico generado al conducir en una situación como la de la autopista y a una velocidad constante. Así pues, una de las hipótesis planteadas inicialmente por los investigadores que propusieron este modelo teórico sobre los años setenta, -pero que no se había confirmado experimentalmente-, era que los cambios en la velocidad, básicamente por el hecho de modificar el patrón de flujo óptico, pueden reducir el efecto de disminución del nivel de alerta que se produce en autopista cuando se conduce a velocidad constante.

Precisamente para comprobar este hecho, dentro de nuestra investigación, realizamos un estudio experimental específico en el que comparamos los resultados en el nivel de alerta en función de si la conducción se realizaba a velocidad constante (120 kms/hora), o modificando la velocidad (de 100 a 120 kms/hora y viceversa) cada dos kilómetros, haciendo coincidir el cambio de velocidad con el paso al lado de cada uno de los postes de SOS del recorrido. Se obtuvo el siguiente resultado: al final del trayecto, cuando los conductores han tenido que modificar la velocidad de esta manera, no sólo no ha descendido su nivel de alerta (como sí que ocurre en la condición de velocidad constante), sino que incluso se ha incrementado algo.

Así pues, y como sugerencia para evitar la somnolencia y disminución del nivel de alerta en la conducción por la autopista (en lo que se refiere a actuaciones del propio individuo) podría recomendarse que, obviamente siempre que las condiciones de tráfico lo permitan y que no se genere ninguna situación peligrosa o comprometida, el modificar la velocidad dentro de los límites permitidos por la legislación, puede reducir el impacto negativo que sobre el nivel de alerta tiene la conducción prolongada a una velocidad constante en la autopista.

El hecho de que la tarea de "cambiar de velocidad" influya en el nivel de alerta podría hacer pensar que también aumenta el "esfuerzo mental" del conductor disminuyendo su capacidad atencional y/o repercutiendo negativamente en la conducción. Para comprobar si se producía este efecto, evaluamos en los conductores un indicador objetivo del esfuerzo mental, que es la frecuencia cardíaca, más en concreto la variabilidad del intervalo entre latido cardíaco. Analizamos si había diferencias entre las dos condiciones experimentales (conducción a velocidad constante o cambiando de velocidad). Los resultados fueron concluyentes: la tarea de cambiar de velocidad (en las condiciones descritas) facilita claramente el mantenimiento del nivel de alerta y por contra no repercute en el esfuerzo mental, por lo que se trata de una de las posibles tareas recomendables para mejorar el nivel de alerta, sin que tenga efectos colaterales negativos.

## **8.- Incremento del nivel de alerta al final del recorrido.**

Un efecto paradójico, aunque muchas veces aludido por distintos autores y especialistas pero que no se había confirmado ni investigado experimentalmente hasta el momento con este tipo de metodología, es el hecho de que a medida que nos acercamos al final del trayecto se incrementa puntualmente el nivel de alerta.

Nosotros hemos podido verificar este efecto con el registro de la actividad cerebral, comprobándose que igual que se incrementa el nivel de alerta en los momentos iniciales del viaje, esto mismo sucede también en el tramo final. Es previsible que ello se deba en buena medida al significado psicológico que conlleva la cercanía del destino.

Este fenómeno explicaría asimismo el hecho de que cuando se está llegando al punto de destino también suele haber un incremento de la velocidad, lo que, unido a la fatiga lo convierte en un momento especialmente crítico a tener en cuenta a la hora de hacer recomendaciones para prevenir la accidentalidad.

## **9.- El efecto del descanso.**

Mucho se ha dicho, y escrito, sobre la conveniencia de establecer periodos de descanso cuando la conducción se mantiene de forma prolongada. En nuestro caso también pudimos comprobar el hecho de que el descanso favorece la recuperación del nivel de alerta posteriormente, pero con importantes matices. En este sentido, quizá uno de los resultados más interesantes de este estudio, por las repercusiones que tiene para la seguridad vial y por la aplicabilidad inmediata sobre el estilo de conducción, es el hecho de que el descanso presenta un efecto diferente en función de la cantidad de tiempo que se haya estado conduciendo anteriormente.

Así, en nuestra investigación, con el objeto de profundizar en este fenómeno, establecimos tres condiciones experimentales en las que los sujetos debían conducir durante periodos más o menos prolongados de tiempo, descansar posteriormente el mismo tiempo (en torno a 35 minutos) y proseguir hasta finalizar el recorrido. Las condiciones experimentales fueron las siguientes:

**A.-** Conducir ininterrumpidamente durante unas dos horas y quince minutos. La tendencia creciente (recuperación) del nivel de alerta tras el descanso (cuando se vuelve a conducir) es muy buena.

**B.-** Conducir ininterrumpidamente durante unas dos horas y cuarenta y cinco minutos. La tendencia creciente del nivel de alerta tras el descanso es aceptable.

**C.-** Conducir ininterrumpidamente durante algo más de tres horas (tres horas y quince minutos). La tendencia creciente del nivel de alerta (recuperación) tras el descanso, aunque se produce, ya no es tan marcada como en los casos anteriores.

Este importante resultado nos permite establecer una clara recomendación, en el sentido de que, en general, el periodo máximo de conducción prolongada sin descanso por la autopista no debe superar un periodo de alrededor de dos horas y media.

## 9. Conclusión final y desarrollos futuros.

Independientemente de la síntesis de resultados obtenidos y que se han descrito anteriormente de manera sucinta, es especialmente relevante poner de manifiesto, como la conclusión más importante de la investigación realizada, todo lo que hace referencia al novedoso método utilizado.

En este sentido y pese a la gravedad que significa el fenómeno de la baja activación que se produce en la conducción prolongada por la autopista, hasta ahora han sido muy pocas las investigaciones realizadas para abordar el problema y menos con el enfoque, la metodología y la instrumentación que aquí se han empleado.

Es por ello que el estudio tiene un especial valor, en tanto que ha permitido comprobar la validez de las técnicas utilizadas y descubrir que con ellas se pueden analizar de una manera rigurosa y científica, no sólo ya las características de la conducción prolongada por la autopista, sino también las de otro tipo de vías, así como su posible utilización en el transporte por ferrocarril o el transporte aéreo.

Se ha abierto con ello un fructífero camino de futuro para entender, comprender e intervenir en algunas dimensiones de la conducción y el transporte, que hasta ahora no han podido ser investigadas en su totalidad, por carecerse de instrumentos y técnicas tan sofisticadas y rigurosas como las que se han probado con éxito en la investigación realizada.

Precisamente la importancia y utilidad social de esta investigación se ha visto reforzada por la reciente concesión de una ayuda dentro de la convocatoria de Proyectos I+D del programa FEDER (B.O.E. de 7-8-97). El proyecto 1FD97-0134 titulado "Seguridad en el transporte prolongado por autopista: definición de criterios y acciones para la prevención de la accidentalidad" dentro del Programa ITYC1 / FEDO9 /NI, permitirá alcanzar nuevos objetivos en la investigación que estas dos entidades (AUMAR-INTRAS) nos hemos propuesto abordar.

Este nuevo proyecto conducirá a una mejora y depuración de la técnica de análisis de los resultados utilizada (y cuya validez ya ha sido claramente demostrada) posibilitando obtener y analizar éstos en menor tiempo y con más eficacia. Con dicha premisa será posible obtener mayor número de datos y analizar mayor número de variables (relativos a las características de la vía y su estado, al vehículo y al estado del conductor) lo que posibilitará la implantación de mejores niveles de seguridad y la consiguiente intervención sobre la seguridad en base a criterios científicos y rigurosos.

