

NOTA RESUMEN SOBRE EL DOCUMENTO DE DISEÑO GENERAL DEL MODELO NACIONAL DE TRANSPORTE, MNT.

INTRODUCCIÓN:

El Modelo Nacional de Transporte (MNT) constituye una **herramienta de apoyo** al proceso de planificación estratégica del transporte a nivel nacional y a la toma de decisiones vinculada a la movilidad de largo recorrido.

El MNT se concibe como un modelo de demanda clásico de **4 etapas** centrado en la movilidad interprovincial y con terceros países, tanto de **viajeros** como de **mercancías**. Para el caso de viajeros, se modeliza el transporte en vehículo privado, en autobús, ferroviario, marítimo y aéreo. En mercancías se modeliza el transporte por carretera, ferroviario, marítimo y aéreo.

El **año base** elegido para la construcción del modelo ha sido el año **2017**, de acuerdo a la disponibilidad de las fuentes de datos necesarios para su elaboración y el **software** de modelización empleado ha sido el de PTV VISUM, compatible con otras herramientas que se están desarrollando a nivel europeo.

El MNT permite analizar la **movilidad futura** estudiando cómo responde la demanda de transporte a determinados cambios en la oferta, teniendo en cuenta el escenario socio-económico considerado.

Las actuaciones sobre la oferta de transporte que permite analizar el MNT son bastante diversas y, entre ellas, se encuentran actuaciones como:

- La construcción de una nueva infraestructura viaria, ferroviaria, portuaria, aeroportuaria u otra plataforma para el transbordo modal, así como la modificación o cierre de las existentes.
- La modificación o inclusión de nuevos servicios de transporte público de viajeros por carretera, ferrocarril, barco o avión.
- La revisión de tarifas, cánones o tasas de aplicación a los servicios de transporte público de viajeros.
- La introducción de penalizaciones o bonificaciones fiscales para una mejor internalización de los costes externos medioambientales.
- La optimización del transporte de mercancías por medio del aumento de la carga máxima que pueden transportar los vehículos o el incremento de la longitud máxima admitida de los trenes.
- El desarrollo de nuevas autopistas ferroviarias para el transporte de mercancías.
- La liberalización de los servicios ferroviarios de viajeros.
- La implantación del pago por uso de las infraestructuras viarias.

TRABAJOS INICIALES COMUNES A AMBOS MODELOS (VIAJEROS Y MERCANCÍAS):

- **Abstracción de elementos de un sistema real:** la modelización de un sistema de transporte consiste en la abstracción de los elementos de un sistema real mediante expresiones matemáticas que sean capaces de representar, en mayor o menor medida, las diferentes relaciones observadas. Por un lado, el sistema territorial se divide en zonas de transporte (zonificación) que constituyen el origen y destino de los viajes, representadas por un punto (centroide) en el que se concentran sus características socioeconómicas. Por su parte, la red de transporte se representa mediante un grafo, que se compone de arcos (modelizan la infraestructura lineal) y nodos (modelizan

intersecciones de tramos de red, terminales, puertos o aeropuertos). Para conectar ambos sistemas (territorial y red) se utilizan los conectores, que unen un centroide con un nodo. A todos estos elementos se les asocia unos atributos, como la capacidad o la velocidad, para modelizar la dificultad de acceder o moverse entre diferentes puntos de la red.

- **Zonificación:** la zonificación establecida en el MNT divide el territorio en **86 zonas** de transporte, 59 de ellas nacionales (coincidentes con las provincias peninsulares, las principales islas de las Islas Canarias y Baleares, Ceuta y Melilla) y 27 zonas internacionales (las cuales se distribuyen en tres grupos con distinto nivel de desagregación, según su proximidad con el área de estudio, correspondiéndose el primer nivel con Francia y Portugal, el segundo con los países cercanos de Europa y África, y el tercer nivel con el resto de países del mundo). Además, en el Modelo de Mercancías, se han incluido también 23 zonas adicionales para los principales puertos nacionales, al ser zonas significativas de generación/atracción de mercancías.
- **Definición de la red de transporte:** para la definición de la **infraestructura** de los distintos modos, se ha recurrido a las diversas fuentes de información disponibles como son el Instituto Geográfico Nacional, los Corredores de la Red TEN-T, información geográfica de OpenStreetMap o la Declaración sobre la Red de Adif de 2017.

MODELO DE VIAJEROS:

Como **particularidades del modelo de viajeros**, hay que resaltar que la unidad mínima modelizada es el **día** y que se han definido 6 días tipo, para representar la variabilidad de las condiciones de movilidad durante el año, pudiendo proyectar resultados anuales a través de su agregación.

Para la caracterización de la demanda de viajeros se ha hecho una **segmentación** por grupos de población (ocupados, estudiantes, jubilados, otros) y por motivo de viaje (trabajo, educación universitaria, segunda residencia, vacaciones, otros); la combinación de estos grupos con los distintos motivos por los que podrían desplazarse, ha dado lugar a 14 estratos de demanda.

Además, no solo se modeliza la demanda de residentes, sino que, a nivel de **tráfico internacional**, se distingue entre viajes entre España y otro país extranjero, viajes de extranjeros dentro de España y viajes pasantes.

Como ya se ha apuntado, para el desarrollo del MNT se requiere disponer de los diferentes **datos de entrada de movilidad** para el año base, que suponen la realidad observada y que se emplean en los procedimientos de calibración y validación del modelo. Por ello, ha sido necesario obtener previamente unas **matrices de movilidad de viajeros para el año 2017**, cuyo punto de partida ha sido el *“Estudio de movilidad interprovincial de viajeros aplicando la tecnología Big Data”* elaborado por el MITMA en 2018, a partir de datos del año 2017. Para poder utilizarlas en el Modelo, ha sido necesario hacer una serie de adaptaciones de dichas matrices a las necesidades del MNT e hipótesis en cuanto a estratificación de la demanda y modo de transporte, así como para la inclusión de la parte internacional, para lo cual se ha tenido que recurrir a fuentes de datos complementarias como la *“Encuesta de Movilidad de las Personas Residentes Movilia 2006-2007”* o a FRONTUR.

Por otro lado, en el Modelo de Viajeros se ha tenido que introducir la **oferta de servicios de transporte público** relevantes para la movilidad interprovincial, a través de la definición de sus costes medios, tiempo de viaje, rutas y paradas. Para recopilar esta información se han consultado datos de organismos reguladores, operadores y metabuscadores de viajes. Por

tanto, como información de base, se ha recurrido, entre otras fuentes, a la información sobre las concesiones VAC del MITMA para la oferta de autobús, a la información de servicios de Renfe para la oferta de ferrocarril, a la base de datos de AENA en el modo aéreo y a datos facilitados por la Dirección General de la Marina Mercante y por distintas navieras para el caso de ferris.

De acuerdo al **modelo clásico de 4 etapas**, el Modelo de Viajeros sigue la siguiente **estructura**:

1. Modelo de generación de viajes: permite obtener la producción y atracción de viajes en cada una de las zonas del modelo (“vectores de producción y atracción de viajes”). Las producciones de viajes se calculan en base a una serie de variables socioeconómicas explicativas (población, ocupación, centros de trabajo, universidad y educación, turismo, segundas residencias y PIB), mientras que para el cálculo de las atracciones zonales se emplea información relativa a los usos del suelo y actividad económica (empleo, turismo e industria).

2. Modelo de distribución de viajes: permite obtener una matriz con la magnitud de viajes entre los diferentes orígenes y destinos. Para ello, se utiliza una función de impedancia (función "logsum") que representa el coste generalizado de la opción de destino (distancias, tiempo de viaje y precio), de forma que permite tratar las decisiones sobre destino y modo de forma combinada.

3. Modelo de reparto modal: permite determinar en qué modo o modos de transporte se va a realizar el viaje entre un determinado origen y destino, dando como resultado matrices Origen-Destino por modo. Para ello, se ha empleado un modelo de elección discreta tipo LOGIT que calcula la probabilidad de utilizar los distintos modos mediante el empleo de funciones de utilidad que tienen en cuenta los tiempos de transporte, la frecuencia de servicio, el número de conexiones y costes por modo. Como ya se ha mencionado con anterioridad, se consideran los siguientes modos con sus posibles combinaciones: vehículo privado, autobús, tren, avión y ferry.

4. Modelo de asignación de viajeros: permite obtener la ruta concreta por la que se va a realizar el viaje, lo cual supone la asignación de los flujos de viajeros a la red, utilizando el método estocástico para el caso del tráfico privado y el método basado en frecuencias para la asignación del transporte público.

MODELO DE MERCANCÍAS:

Como **particularidades del modelo de mercancías**, hay que resaltar que el periodo temporal mínimo modelizado en la fase de reparto modal y asignación es la **semana media del año**, dado el carácter de estacionalidad anual de las mercancías. Además, de acuerdo a las necesidades del Modelo, las mercancías se han clasificado en **15 categorías** como son:

1 - Automóviles	6- Materiales de construcción: cemento, calizas, cenizas, etc.	11 - Graneles líquidos agroalimentarios (leche, aceites, etc.)
2- Piezas de automóviles	7- Minerales: carbón, sal, mineral de hierro, etc.	12 - Productos alimentarios perecederos
3- Productos de la industria siderúrgica: bobinas y perfiles de acero, chatarra, carriles, etc.	8 - Madera	13 - Otros productos manufacturados para gran consumo
4 - Combustibles líquidos y gaseosos	9 - Pasta de papel, bobinas de papel, etc.	14 - Máquinas, vehículos ferroviarios, barcos, remolques, vehículos industriales
5 - Productos de la industria química	10 - Graneles sólidos agroalimentarios (cereales, abonos, etc.)	15 - Resto.

Estas categorías, permiten caracterizar las especificidades de los principales sectores del tejido productivo español: automoción, metalurgia, energético, químico, construcción, minería, madera y papel, agrícola y gran consumo, maquinaria y otros.

Al igual que para el de Modelo de Viajeros, para la construcción del Modelo de Mercancías también ha sido necesario obtener previamente unas **matrices de movilidad de mercancías observadas para el año 2017** (matrices Origen-Destino de toneladas anuales transportadas por tipo de mercancía), utilizadas como punto de partida en la modelización y en los procesos de calibración y validación.

Para la construcción de estas matrices se han recopilado datos de flujos de mercancías para cada modo a partir de las distintas fuentes de información disponibles y, posteriormente, se ha llevado a cabo un proceso de adaptación de los mismos a la estructura del modelo en cuanto a zonificación, tipología de mercancías y año base de referencia se refiere.

En el modo carretera, la fuente de datos principal ha sido la Encuesta Permanente de Transporte de Mercancías por Carretera 2017 (para la determinación de los flujos interiores), complementada con la Encuesta Transit 2010 (para la determinación de flujos por carretera internacionales), la Encuesta sobre el transporte de mercancías por carretera 2008 de Portugal, el Observatorio del transporte marítimo de corta distancia en España 2017 y Datos de comercio exterior de la Agencia Tributaria (DUAs), para identificar etapas terrestres en cadenas con etapas marítimas.

En el modo ferrocarril, las principales fuentes de datos empleadas han sido: Matriz O-D de toneladas transportadas en 2017 de Renfe Mercancías, Base de datos de circulaciones reales de mercancías en 2017 de Adif, el Plan de Transporte de Renfe Mercancías 2017, Informe del Observatorio del Ferrocarril (2017), Eurostat y DUAs para flujos internacionales.

En el modo marítimo se ha partido, entre otras, de las fuentes de datos de Puertos del Estado, Autoridades Portuarias y la Agencia Tributaria en cuanto a información aduanera.

Con respecto al modo aéreo, las principales fuentes consultadas han sido las estadísticas de AENA y DUAs, que recoge información sobre las exportaciones e importaciones de mercancías.

Al igual que para el caso de viajeros, el Modelo de Mercancías sigue la siguiente **estructura**:

1. Modelos de generación: permiten obtener la cantidad total de mercancía producida o atraída para cada categoría por cada zona de transporte (vectores de producciones y atracciones). En las zonas internas se utilizan modelos de regresión a partir de una serie de variables socioeconómicas explicativas (población, PIB, PIB por ramas de actividad, empleo, locales, consumo de combustibles, explotaciones mineras y corta de coníferas y frondosas), mientras que en las zonas externas, esta generación se vincula al PIB, para el caso de mercancías en tránsito por España con origen/destino en Portugal y a la utilización de factores de crecimiento acotados por la evolución de las zonas internas o de las zonas portuarias donde se encuentra la componente nacional del par origen-destino para el resto. Por su parte, las zonas portuarias se vinculan a las previsiones de crecimiento de tráfico de las AAPP a partir de los planes de empresa a 3 años y completadas con el PIB para el resto de años.

2. Modelo de distribución: permite determinar los flujos de mercancía por origen y destino, dando como resultado las matrices Origen-Destino para cada tipo de mercancía. Para ello se aplican métodos de factores de crecimiento, ya que se adopta como hipótesis que los factores de localización que influyen en el transporte de mercancías de larga distancia son estables en el

tiempo, por lo que el esquema de orígenes y destinos en el futuro se podrá considerar similar al actual.

3 y 4. Modelos de reparto modal y asignación de mercancías: los resultados serán, para cada categoría de mercancía, los flujos de toneladas en cada arco de la red y matrices Origen-Destino de etapas y de viajes por cadena multimodal. Las etapas de reparto modal y asignación se desarrollan de forma conjunta para representar dichas cadenas multimodales y las transferencias de mercancías en los principales nodos (puertos, aeropuertos y terminales intermodales). Para ello, se tienen en cuenta los factores que intervienen en la elección de un servicio de transporte a través de la integración de las funciones de utilidad y el coste generalizado (conversión a unidades monetarias de estos factores): precio, fiabilidad, seguridad, tiempo, etc. Por tanto, se consideran los costes asociados a los nodos (carga o descarga, transferencia, costes de escala) y los asociados al recorrido, incluyendo los acarreos. Para conocer estos componentes, se ha elaborado un modelo de costes por modo que alimenta al MNT, para lo cual se han definido distintos tipos de vehículos en función de la naturaleza de la mercancía a transportar, que podemos agrupar en los siguientes: camión de alta carga (incluye portavehículos, portacontenedores, pesado general), camión de baja carga, tren para automóviles, tren con vagón convencional, tren intermodal, avión carguero y bodega en avión de pasajeros y, en el modo marítimo, portacontenedores, tankers y graneleros.

TRABAJOS DE CALIBRACIÓN, VALIDACIÓN E INTEGRACIÓN DE LOS MODELOS:

A lo largo de cada una de las etapas de los Modelos de Viajeros y de Mercancías citadas, se ha llevado a cabo un proceso de **calibración**, que consiste en ajustar los parámetros de las expresiones matemáticas empleadas en los Modelos, para que sean coherentes con los datos observados en el año base, a través de un proceso iterativo de cálculo. Posteriormente, se realiza una **validación** para medir su fiabilidad, comparando los resultados del modelo ya calibrado con datos reales que se han guardado expresamente para ello y que no se han utilizado durante su construcción.

Además, como parte de este proceso de calibración/validación se ha realizado una **prueba de realismo** de los Modelos, ya que el hecho de que un modelo esté bien calibrado, no es garantía única de que sea apropiado para realizar proyecciones futuras fiables, de manera que el criterio de aceptación para la capacidad de predicción del modelo se ha realizado mediante un análisis de elasticidad a la demanda.

Por último, resaltar que, a pesar de que los Modelos de Mercancías y de Viajeros se desarrollen en paralelo, utilizando metodologías específicas, es preciso mantener un alto grado de integración entre los mismos, de modo que sea posible combinar sus resultados. El tipo de actuaciones que está previsto analizar con el Modelo Nacional de Transporte pueden afectar tanto a viajeros como mercancías, por lo que es necesario establecer el impacto combinado de las actuaciones modelizadas en la red de transporte. De esta forma, la **integración entre ambos sistemas** se realiza en las etapas de asignación, conjugando los tráficos de diferente naturaleza, de tal forma que se representen adecuadamente los volúmenes reales sobre la red.