

Unidades eléctricas series 445, 446 y 447



UNIDADES	445	446	447
Parque (construido /dic 2005)	1 / 0	170 / 167	183 / 183
Años de recepción	1984 (1987)	1989-93	1992-2001
Composición	M-R-M	M-R-M	M-R-M
Ancho de vía	1.668 mm	1.668 mm	1.668 mm
Masa en vacío	162 t	167 t	162 t
Potencia continua	1.920 kW	2.400 kW	2.400 kW
Velocidad máxima	100 km/h	100 km/h	120 km/h
Tensión de alimentación	3 kV cc	3 kV cc.	3 kV cc.
Freno neumático	Aire comprimido	Aire comprimido	Aire comprimido
Otros frenos	Regenerativo y reostat.	Regenerativo y reostat.	Regenerativo y reostat.
Plazas sentadas / totales	276 / 720	240 / 759	234 / 702
Servicio inicial / actual	Cercanías	Cercanías	Cercanías
Fabricantes mecánicos	CAF; Macosa, MTM,	CAF; Macosa, MTM,	CAF; Alstom
Fabricantes eléctricos	GEE, WESA	Cenemesa, Conelec, Melco	Siemens, ABB, Adtranz

Las unidades eléctricas 446 y 447 y su prototipo 445, constituyen una generación de unidades eléctricas, la más numerosa explotada hasta la fecha por Renfe, en la que están basados desde principios de los años 90 los servicios de cercanías. Estas unidades han supuesto una ruptura con la línea marcada por los trenes anteriores, tanto en los aspectos técnicos, como en su diseño, y han sido pensados específicamente para los servicios de cercanías, incluso con pequeñas diferencias según las líneas, tratando de optimizar las prestaciones. Están considerados como los más avanzados trenes de cercanías de Europa, tanto por prestaciones técnicas, como por resultados de fabricación y disponibilidad

Hasta la segunda mitad de los años 90, la frontera entre los servicios de cercanías y los regionales era relativa-

mente difusa y, en consecuencia, los trenes que atendían unos y otros servicios eran prácticamente los mismos.

Así, y por lo que se refiere a la tracción eléctrica, Renfe fue adquiriendo diversas generaciones de unidades que se inician (en las aptas para líneas electrificadas a 3.000 V) con la generación de las "suizas" (series 436, 437 y 438), recibidas entre 1958 y 1966; siguen con las unidades bitensión serie 439, de origen británico (1967-68); y alcanzan su máximo esplendor con las 255 unidades de la serie 440, recibidas entre 1973 y 1985.

Las unidades 440 dieron un excelente resultado en todo tipo de servicios, pero el crecimiento de la deman-

detallestécnicos

Composición. Cada unidad está compuesta por dos coches motores con cabina idénticos (M), que encuadran un remolque intermedio (Ri). La disposición de ejes del tren es Bo'Bo'-2'2'-Bo'Bo'. Pueden circular en mando múltiple hasta 3 unidades.

Cajas. Las cajas (446 y 447) están formadas por una estructura autoportante en acero al cobre soldado (aunque se intentó desde el principio que las cajas fueran de aluminio, lo que no fue posible por no disponerse de la tecnología adecuada). Los testeros extremos de estructura anticolidión, son de poliéster con una luna antipacto de gran tamaño. En los extremos no tienen puertas de paso entre trenes (salvo en el prototipo 445 que sí las tenía). Cada coche tiene, para el acceso de los viajeros, tres plataformas (cada una dos puertas de dos hojas encajables deslizantes de 1.300 mm de paso libre con estribos deslizantes retráctiles). La altura del piso es relativamente bajo (1.150 mm) y uniforme en toda la unidad. Bajo el bastidor de los coches motores están los equipos de tracción y en el techo las resistencias del freno reostático.

Bogies. Cada coche cuenta con dos bogies con bastidor de acero soldado, siendo las ruedas enterizas templadas superficialmente, cajas de grasa con rodamientos y guiado elástico por bielas. La suspensión primaria es por muelles helicoidales y la suspensión secundaria es neumática. La caja apoya sobre el bastidor con traviesas bailadoras, transmitiéndose los esfuerzos horizontales por pivote y biela de arrastre.

Motor y equipo de tracción. Cada coche motor lleva cuatro motores (8 por unidad) totalmente suspendidos. Estos motores atacan cada uno de los ejes del coche motor por un acoplamiento elástico de doble engranaje tipo WN. La alimentación eléctrica de la catenaria se realiza en corriente continua a 3 kV por uno de los dos pantógrafos situados en el coche remolque intermedio (en los coches motores en la 445). El equipo de potencia en las 446 está integrado por un chopper principal (formado por dos chopper bifásicos de shuntado continuo de campo de funcionamiento entrelazado y desfasados 180°). El chopper trabaja con frecuencia de 300 Hz, que en el arranque

son de 75, 150 y 300 Hz; y además tiene un chopper de freno reostático (600 Hz) que trabaja cuando la catenaria no admite recuperación de energía. En el caso de las 447, el equipo de potencia cuenta con un chopper en entrada, formado por dos chopper bifásicos de funcionamiento enlazado y desfasado 180°; un circuito intermedio constituido por un ondulator trifásico, y tensión y de frecuencia variable, y un chopper de freno reostático. La batería es de níquel cadmio, a tensión de 72 V, y capacidad de 190 Ah.

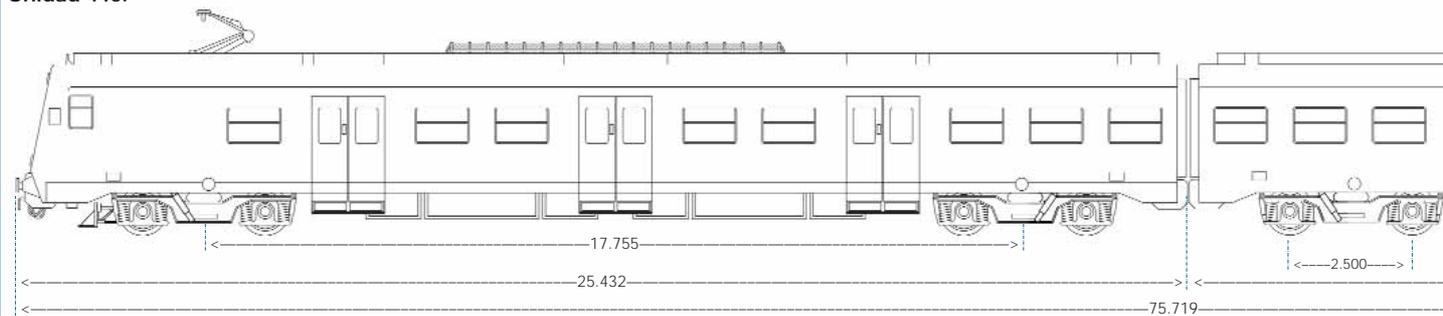
Equipos auxiliares. Para el suministro del alumbrado, control de tracción, climatización (109 kW) compresores (12 y 1 kW) y batería, hay dos convertidores estáticos cada tren (3 en la 445). La entrada de corriente es a 3 kV cc. y la potencia de 85 kVA (446) o de 125 kVA (447) cada uno. Las salidas son a 380 V en c.a. y 72 en c.c. Las prestaciones de la climatización son de 34.500 kcal/h en cada coche (22 kW) y de 34,5 kW por coche en calefacción.

Equipos neumáticos. La unidad cuenta con un compresor accionado por motor de 12 kW que proporciona 1.400 l/min a 10 kg/cm². El aire se almacena en depósitos con 200 l (500 l en la 447). Se emplea para freno neumático de servicio, de urgencia, hombre muerto, suspensión neumática, apertura de puertas y servicios auxiliares. Tiene también un compresor auxiliar de 1 kW para subir pantógrafo y accionar el disyuntor principal.

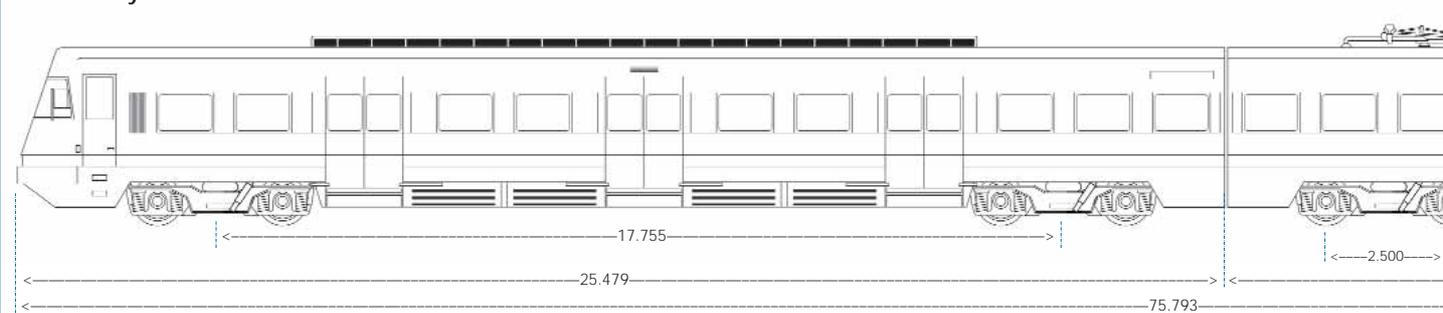
Comunicaciones y seguridad. Las unidades disponen de sistema de radiocomunicación tren tierra analógico, y sistema ASFA, así como "hombre muerto" de doble efecto. Llevan un equipo informático para la detección de averías y asistencia a su resolución por medio de un display en la cabina. 74 unidades que funcionan en la línea C5 de Madrid han sido dotadas de sistema LZB (446-001 a 004 y 101 a 170) y se prevé dotar otras 4 más.

Freno. La unidad tiene freno dinámico de recuperación y reostático, complementado con neumático, con antibloqueo y de estacionamiento (muelles acumuladores de dos bloques independientes en el bogie motor y de dos cilindros en el remolque). Estas unidades tienen la posibilidad de conducción por velocidad prefijada.

Unidad 445.



Unidad 446 y 447.

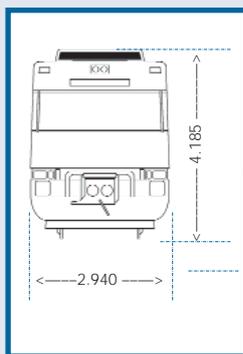
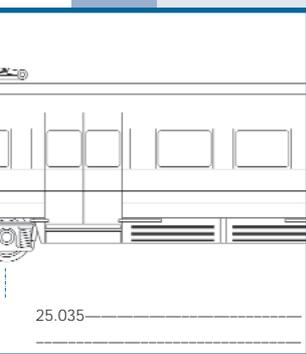
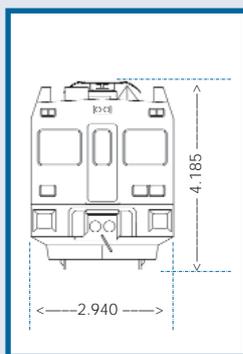
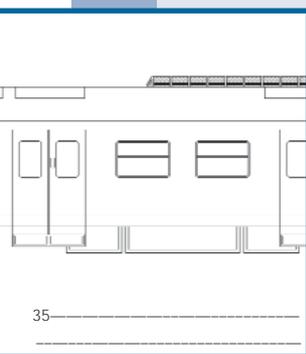
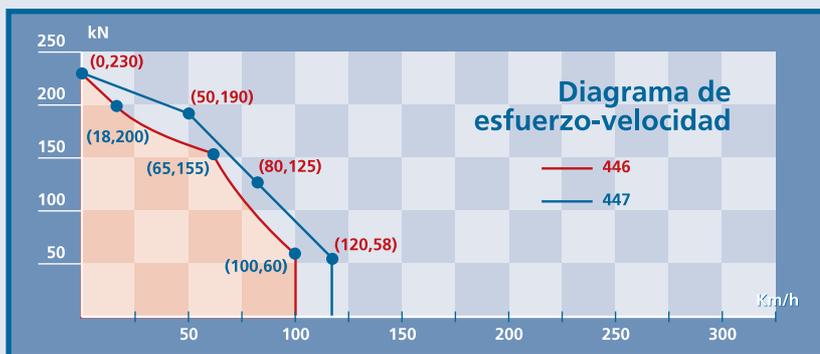


Unidades eléctricas series 445, 446 y 447

da de cercanías suburbanas, que se inició con la electrificación de las líneas de suroeste de Madrid (Parla y Fuenlabrada) y la extensión de la línea de Aluche a Móstoles puso de relieve la necesidad de contratar un número elevado de nuevas unidades para poder atender debidamente a la creciente demanda. También se observó que los nuevos servicios de cercanías, con numerosas paradas y distancias cortas entre estaciones, requerían un nuevo tipo de unidad, con mayor potencia específica que las 440 para desarrollar mayores aceleraciones (aunque no se consideró preciso alcanzar su velocidad máxima). Además, era necesaria una distribución interior que permitiera una mayor capacidad en lo que se refiere a plazas de pie.

Por ello, se pensó en una unidad de formato M-R-M frente al formato M-R-Rc de las 440, con una potencia superior a los 2.000 kW, aceleración además de 1 m/s², y con una distribución interior que permitiera alrededor de 700 personas sentadas y de pie (6 pax/m²). Los trenes habrían de tener una mayor accesibilidad, lo que se traducía en tres puertas por costado en cada coche (frente a las dos puertas de los trenes de generaciones anteriores, 436, 439 y 440).

Las nuevas unidades incorporaban,



por primera vez en este tipo de trenes, el aire acondicionado, además de numerosos y eficaces sistemas de información al viajero.

Con estas necesidades, nace la unidad 445.001, un prototipo con equipo "chopper", que se concibió para ensayar diversas soluciones innovadoras y que habría de dar lugar a una nueva generación de trenes específicamente de cercanías. El prototipo fue desarrollado y construido por cinco fabricantes nacionales (MTM; GEE, Macosa, CAF y WESA) con el apoyo financiero del "Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI)" lo que le valió a esta unidad el apodo de "la Cedeti". Además participó en el desarrollo y pruebas la empresa Tifsa, filial de Renfe. Los negativos resultados de las pruebas impulsaron posteriormente a Renfe a renunciar a este vehículo.

La experiencia de las pruebas de "la Cedeti", y las reflexiones derivadas de la creación de una dirección espe-

cífica de cercanías (que luego dio lugar a una UN) permitieron obtener ideas para diseñar las unidades nuevas. El proceso de definición de la unidad de serie (que recibiría la designación 446) comenzó poco después de darse de alta en el parque el prototipo. Junto a las empresas que participaron el proyecto del prototipo, se incorporaron al nuevo proyecto Mitsubishi, diseñando equipos eléctricos (es la parte que más dificultades había dado en el prototipo) y la catalana "AD Design" que se encargó de que se implantara un novedoso diseño interior y exterior.

Las unidades 446 son de tecnología "chopper", ya ensayada en las últimas unidades de la serie 440 (501 y 502) y en el prototipo 445.001. Los motores son, por lo tanto, de corriente continua. Aún cuando ya entonces (1988) se valoraban las ventajas de la tracción trifásica, en la 446 no fue posible dar el salto a esta tecnología por no

curiosidades

- La unidad **445.001 estuvo siempre decorada en colores crema y marrón**, semejantes a los colores “estrella” en boga en los trenes en los años 80. El primer tren de la serie 446 vino pintado con testeros en amarillo y lateral en gris, pero antes de prestar el primer servicio fue pintado en blanco con decoración en rojo (diseño corporativo de cercanías en estaciones y trenes), lo que siempre distinguió a las unidades 446 y 447. A partir de 2005, tanto las 446 como las 447 comenzaron a recibir la nueva pintura corporativa de Renfe Operadora en la que se redujo el peso del rojo, en favor del violeta, y junto al logotipo de Cercanías, comenzó a aparecer la logomarca “renfe”, que nunca hasta entonces había aparecido en los trenes. 446 y 447
- Los primeros trenes tenían el símbolo de cercanías con una “C” sobre fondo rojo, pero a partir de 1992 se comenzó a girar la “C” para convertir esta letra en un símbolo abstracto, ya que la inicial no coincidía con el nombre de este servicio en las lenguas autonómicas. Todas las unidades fabricadas a partir de entonces llevaron ya este símbolo.
- Las unidades 446 sorprendieron al no llevar aseo, lo que las valió el sobrenombre de los pañales absorbentes “Dodotis” que las ha acompañado a lo largo de toda su vida.
- La única diferencia externa entre las 446 y las 447 está en unas rejillas y en que la numeración de los coches (en la parte superior frontal y lateral) aparece la letra “M” (correspondiente a coche motor) o “R” (de coche remolque) rotulada en blanco en el caso de las unidades 446 y en amarillo en las unidades 447. En estas series, el número genérico de la unidad es el del remolque intermedio. En cada tren, la numeración de los coches motores “pares” es la remolque intermedio multiplicada por dos, y este mismo número menos uno es el del coche motor de matrícula “impar”. (Ej. La unidad 23 tiene el motor 45, el remolque 23 y el motor 46).
- Las unidades 446 que prestan servicio en las líneas del BPT en Bilbao, tienen unos suplementos que tapan el escalón de las plataformas, lo que permite aprovechar máximo la altura de los andenes de esta línea que es superior a la del resto de la red).
- El precio de adquisición de cada UT osciló entre los 461 millones de pesetas (1989) y los 523 millones de pesetas (1991) para las 446; y entre los 543 y los 569 millones de pesetas para las UT 447. Convirtiendo a euros, actualizado precios desde la fecha media de la entrega de cada lote hasta 2005 y ponderando por el número de unidades del lote, resulta un precio medio de 5,049 millones de euros por UT para las unidades de la serie 446 y de 4,838 millones de euros para las de la serie 447.
- Se pueden acoplar en mando múltiple las unidades 446 con las 447, si bien en este caso, las prestaciones de velocidad, tracción y freno del tren resultante son las que corresponden a la 446.
- La alta disponibilidad de las nuevas unidades supuso que en 1998 estaban disponibles el 96,53 por ciento de los trenes frente al 88,89 por ciento de 1991, lo que ha supuesto evitar la compra de 37 trenes.
- En las unidades 446 se introdujeron por primera vez en España nuevos sistemas de información para aplicación ferroviaria basados en microprocesadores y líneas de tren multiplexadas.

existir entonces con un proyecto validado para este tipo de equipos en 3000 V, por lo que adoptó la disposición más clásica de motores de corriente continua con la innovación del chopper.

Sin embargo, cuando unos años después (1991) se consideró madura

la tecnología de tracción trifásica en 3000 V, se decidió que los nuevos trenes de cercanías equipasen esta tecnología, lo que dio lugar a la serie 447, con cajas prácticamente idénticas a las de la serie 446, pero con diferencias técnicas importantes, como la ya descrita.

Además, la experiencia en la explotación señaló la conveniencia de que una parte del parque (las nuevas unidades) tuviera una mayor velocidad máxima (para aprovechar mejor aquellas líneas con mayores distancias entre paradas y con un perfil favorable), así como que contasen con un aseo en la composición.

La velocidad máxima de 100 km/h en las 446 se decidió como consecuencia de que estos trenes, en 1989, estaban destinados a circular por líneas en las que las distancias medias entre estaciones separadas entre 1 km a 1,5 km, como por ejemplo la de Móstoles a Aluche, las líneas del BPT de Bilbao o la de Málaga-Fuengirola.

Posteriormente, en 1991 y ante la previsión de que los nuevos trenes serie 447 circularían por líneas de Barcelona y Valencia en que las distancias medias entre estaciones están comprendidas entre 2 y 4 km, se decidió que tuviesen como velocidad máxima la de 120 km/h, aprovechando además que, gracias al empleo de la tracción trifásica, a igualdad de potencia (2400 kW) entre las 446 y 447, y a pesar de incrementar la velocidad máxima, el régimen de aceleración de las 447 sería igual, o incluso superior, al de las unidades serie 446.

Con estas modificaciones surgen las unidades 447, se entregan partir de 1996 en cuatro lotes sucesivos, de los que el segundo tiene algunas diferencias en la distribución, con más plazas sentadas y menos plazas de pie.

Entregas y servicios

El prototipo 445 fue construido en 1984 (inicialmente en composición motor-motor) y realizó pruebas muy exhaustivas y numerosas, fundamentalmente en las cercanías de Barcelona, prestando servicio comercial durante poco tiempo entre el Barcelona Sants y el aeropuerto del Prat. En 1986 recibió un remolque intermedio (fabricado en aluminio), y tras nuevas pruebas, pasó oficialmente al parque comercial a comienzos de 1987 en el depósito de Fuencarral haciendo servicios entre Madrid Príncipe Pío y Pinar de las Rozas, siendo apartada en 1990, y desguazada años después.

Las unidades 446 se fabricaron en dos lotes. El primero, de cien unidades, que fueron recibidas entre julio de 1989 (fecha de entrega de la

Unidades eléctricas series 445, 446 y 447

DIMENSIONES (en mm)	445	446	447
Longitud de la unidad	75.719	75.993	75.993
Longitud coche motor (M)	25.342	25.479	25.479
Longitud remolque intermedio (Ri)	25.035	25.035	25.035
Ancho máximo	2.940	2.940	2.900
Alto máximo	4.185	4.185	4.185
Altura del piso plataforma s/ carril	1.150	1.150	1.150
Distancia entre bogies (M / R)	17400 / 17.775	17.400 / 17.775	17.400 / 17.775
Empate bogies	2.500	2.500	2.500
Diámetro ruedas nuevas	890	890	890
Ancho de vía	1.668	1.668	1.668
Paso libre puertas de acceso	1.300	1.300	1.300
MASAS (en t), PLAZAS Y SERVICIOS			
Masa (M / R) vacíos	63 / 36	61,2 / 44,2	58,5 / 45,5
Masa unidad vacía	162,0	166,6	162,5
Masa unidad con carga máxima	211,0	219,6	216,1
Masa adherente (min/max)	126 / 153	122,4 / 157	117 / 151,6
Masa bogie motor / portador	12,8 / 6,95	12,8 / 6,95	11,5 / 6,6
Plazas sentadas coche M/R	64 / 76	66 / 72	78 / 78
Plazas sentadas UT sin / con estraspor.	204 / 276	202 / 240	202 / 240
Plazas totales coche M / R (sentadas+de pie)	235 / 250	237 / 250	213 / 235
Plazas totales UT (sentadas+de pie)	720	759	702 (661 en 2ªS)
Aseos por tren	0	0	1 (vacío)
Puertas viajeros por costado	3 x 3	3 x 3	3 x 3
Furgón	No	No	No
MOTORES DE TRACCIÓN Y AUXILIARES			
Número / tipo de motor	4 por coche motor	4 por coche motor	4 por coche motor
Modelo motor	GEE 326	GEE 326 A2	Siemens ITB2220-oJA 03
Tipo de motor	C.continua 1.500 V	C.continua 1.500 V	Asíncrono trifásico
Potencia continua /unihoraria motor	240 kW	300 kW / 330 kW	310 kW / 330kW
Potencia continua /unihoraria tren	1920 kW	2.400 kW / 2.620 kW	2.400 kW / 2.620 kW
Relación de engranajes	61/17=3,59	61/17=3,59	1/4 82
Alimentación de auxiliares	3 Convertidores estáticos	2 Convertidores estáticos	2 Convertidores estáticos
Entrada energía a convertidor	3.000 V cc.	3.000 V cc.	2.400 V cc
Potencia	2 x 70 + 45 kVA	2 x 85 kVA	2 x 125 kVA
Salida energía a auxiliares	380 V ca y 72 V cc	380 V ca y 72 V cc	380 V ca y 72 V cc
Compresor principal / auxiliar	12 kW / 1 kW	12 kW / 1 kW	12 kW / 1 kW
Pantógrafos por tren	2 (1 en cada M)	2 en coche R	2 en coche R
FRENO			
Tipo freno dinámico	Regenerativo y Reostático	Regenerativo y Reostático	Regenerativo y Reostático
Tipo freno neumático continuo	Aire comprimido	Aire comprimido	Aire comprimido
Control del freno neumático	Eléctrico + neumático	Eléctrico + neumático	Eléctrico + neumático
Freno estacionamiento	Manual de husillo	Manual de husillo	Manual de husillo
CARACTERÍSTICAS DE ACOPLAMIENTO			
Apartado de enganche	Shafenberg	Shafenberg	Shafenberg
Altura Shafenberg (mm)	1.050	1.050	1.050
Mando múltiple	No	4 unidades 446 o 447	4 unidades 446 o 447
PRESTACIONES Y CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO			
Esfuerzo tractor máximo en llantas (régimen continuo)	200 kN	190 kN	195 kN
Esfuerzo tractor máximo en el arranque	200 kN	225 kN	230 kN
Esfuerzo tractor a la velocidad máxima	69 kN	60 kN	58 kN
Velocidad máxima	100 km/h	100 km/h	120 km/h
Aceleración en arranque	0,9 m/s ²	1 m/s ²	1,1 m/s ²
Aceleración entre 0 y 60 km/h	0,72 m/s ²	0,75 m/s ²	0,75 m/s ²
Aceleración entre 0 y 100 km/h	0,58 m/s ²	0,55 m/s ²	0,60 m/s ²
Aceleración entre 0 y 120 km/h			0,50 m/s ²
Deceleración de servicio	0,75 m/s ²	1 m/s ²	1 m/s ²
Deceleración máxima	0,92 m/s ²	1,2 m/s ²	1,2 m/s ²
Pendiente máxima	35 mm/m	35 mm/m	35 mm/m

Unidades eléctricas series 445, 446 y 447



446.001, que se empleó como prototipo para numerosas pruebas) y diciembre de 1991.

Este lote fue encargado a CAF, Macosa, MTM, Cenemesa, Conelec, Mitsubishi y AD. El segundo lote (70 unidades) fue recibido entre mayo de 1992 y mayo de 1993. Este lote tiene

parasabermás

“Los nuevos trenes de Cercanías”, Dirección de Trenes de la UN de Cercanías y Dirección de Comunicación Interna, Madrid, 1998. “Las nuevas unidades de Cercanías de Renfe (1ª y 2ª parte)”, revista Carril números 40 y 41, 1990-91, Luis Rentero Corral. “Fichas técnicas de la Dirección de Trenes”, Líneas del Tren; “Unidades de tren 446” Ficha de CAF y “Unidades eléctricas de cercanías de la serie 447”, CAF. □

algunas diferencias, como que las puertas son de accionamiento eléctrico y, en lo estético, que venían con el logotipo nuevo de Cercanías (con la “C” girada que luego se aplicó en todo el parque). Se fabricaron por CAF, ABB, MTM y Ateinsa.

El servicio comercial de las 446 comenzó en Madrid, en 1989, en las líneas de Parla y Fuenlabrada. Los primeros servicios en Barcelona fueron en la línea de Mataró al Aeropuerto del Prat, en febrero de 1991. El 16 de marzo de 1991 (al cambiarse la tensión a 3.000 V en cc.) las unidades 446.071 a 446.082 comenzaron a prestar servicio en las líneas del BPT adaptadas a sus andenes altos con supresión del estribo retráctil y tapado del hueco de los escalones.

En 1992, algunas 446 fueron enviadas a Sevilla, donde prestaron servicio en el ramal de la Expo (abril a octubre del 92) y luego en la línea C1, y con la llegada de las últimas unidades se atendió el servicio de Málaga a Fuengirola, también desde 1992. El parque actual se reparte entre Málaga (6 unidades), Madrid (139



unidades) y Bilbao (22 unidades).

Las 447 fueron fabricadas en cuatro lotes. El primero, compuesto por un prototipo y 70 unidades fue adjudicado (proyecto y construcción) a CAF, Siemens y ABB, aunque también participaron en la fabricación las empresas del grupo Gec- Alstom.

Las 447 prestaron sus primeros servicios comerciales en Valencia, en febrero de 1993, y desde abril del mis-

Unidades eléctricas series 445, 446 y 447

Unidad 445.



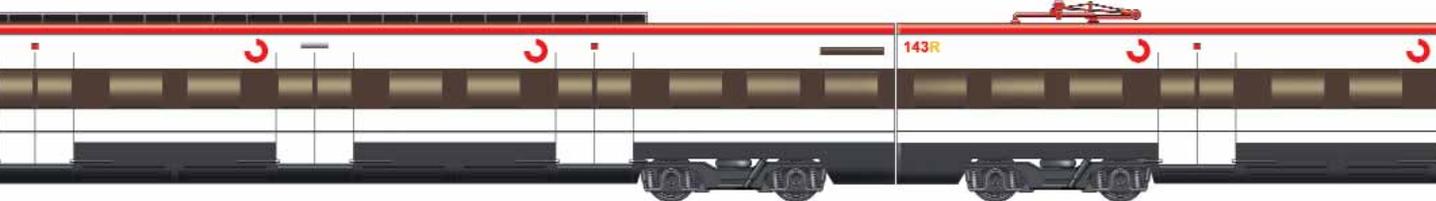
Unidad 446.



Unidad 446 con nueva decoración (2005).



Unidad 447 original.



Unidad 447 con nueva decoración (2005).



mo año en Barcelona. Las 447 ya desde el primer lote fueron repartidas entre estas dos bases (y más tarde algunas también fueron a Madrid).

El segundo lote (072 a 117) estuvo compuesto de 46 unidades y tiene como diferencia más significativa con todos los demás lotes que los asientos están dispuestos de forma más clásica, por lo que tienen más asientos y menos plazas de pie. Estas unidades se

entregaron entre 1995 y 1996. El tercer lote, de 20 unidades, fue entregado entre 1998 y 1999, mientras que el cuarto y último, de 46 unidades, lo fue entre 1989 y 2001.

La llegada de un número superior de unidades la serie 447 (así como de los trenes de dos pisos series 450 y 451) permitió que las 42 unidades de la serie 446 que prestaban servicio en el núcleo de Barcelona fueran reparti-

das entre el resto de núcleos que ya disponían de estas unidades. El parque se reparte entre Barcelona (112 unidades), Madrid (43 unidades) y Valencia (28 unidades).

Las 446 y 447 siempre han realizado servicios de cercanías, si bien en algunas ocasiones realizan servicios regionales. Igualmente en el entorno de Barcelona, algunas veces, las 447 realizan servicios regionales de radio

Unidades eléctricas series 445, 446 y 447

en miniatura

No existe actualmente ninguna reproducción comercial de ninguna de estas unidades. No obstante, como es habitual, el sector semiartesano suele llenar los huecos que dejan las grandes marcas

y, en este caso, Microtren cuenta con un kit de montaje de las unidades 447, tanto en escala H0, como en N.

El conjunto incluye las carrocerías de dos coches motor y un remolque central y un remolque con cabina, suministrándose también algunos accesorios en latón fundido. Para motorizar estos modelos, pueden utilizarse las referencias 31-512 de Bachmann-Branchline para escala H0 o la 371-526 de la marca Graham Farsi, para escala N.

En los números 475 y 476 de Vía Libre se describe el proceso de montaje y decorado de estas unidades.



corto que funcionan como cercanías en el núcleo.

Estas unidades han sufrido pocos accidentes, quizá por el hecho de que circulan por líneas con pocos pasos a nivel y con un tráfico denso, por lo

que en 2004 ninguna había sido dada de baja. Sin embargo, en los atentados del 11 de marzo de 2004, tres de los cuatro trenes afectados estaban integrados por dos unidades 446 cada uno (el otro era un tren de dos pisos

de la serie 450) por lo que resultaron destrozados 7 coches, reagrupándose y reparándose los útiles y quedando de baja 3 unidades en total.

Debe destacarse de estos trenes que en su concepción han primado los aspectos ambientales, por lo que su consumo energético es muy reducido (para lo que se redujo el peso del tren y se aumentó el rendimiento energético), pudiendo generar energía y devolver en el frenado, lo que reduce aún más el consumo neto. También se ha hecho énfasis en la incorporación de nuevas tecnologías, especialmente orientadas hacia una mayor fiabilidad y disponibilidad (lo que repercute en un menor número de trenes necesarios para hacer el mismo servicio) y un mantenimiento sencillo, económico y fácil que requiere pocas paralizaciones del material.

Este diseño ha obtenido unos resultados espectaculares, como muestra que en 2004 los recorridos entre incidencias eran de 94.023 km en las 446 (MIT) y de 403.972 km en las 447 (IP).

También se han cuidado los aspectos relacionados con la información al viajero, contado con teleindicadores de destino exteriores, indicadores electrónicos en plataformas e interior, y su sistema de megafonía permite emitir música ambiental en alta calidad. □

Ficha elaborada por **Alberto García Álvarez** con información de **Rafael Fernández** actualizada a fecha 8/12/2005.

Ilustraciones de **Daniel Martínez Simón**. Información de modelismo elaborada por **José Menchero**.

Actualizaciones posteriores podrán encontrarse en www.vialibre.org