

# Soluciones de CAF para el transporte urbano ligero



## Urbos 3, la nueva generación de tranvías

Partiendo de la experiencia de las plataformas Urbos 1 y Urbos 2, CAF ha desarrollado un diseño completamente nuevo para su nueva generación de tranvías Urbos 3. Diseño modular -composiciones de cinco, siete o nueve módulos- estructuras ligeras, dos anchos de caja -2.400 y 2.650 milímetros- y posibilidades de personalización del interiorismo y del diseño de la cabina, son sus grandes atractivos.

Pero, además, el sistema de acumulación de energía desarrollado por CAF y denominado Acumulador de Carga Rápida (ACR), puede integrarse los vehículos Urbos 3 que

incorporan ya su preinstalación.

El equipo recupera y almacena la energía resultante del frenado de los vehículos, lo que unido a su construcción en materiales ligeros y con equipos de alta eficiencia, permite un elevado ahorro energético a los Urbos 3

El diseño de la nueva plataforma tranviaria de CAF pro-

Presentación de la ponencia sobre las novedades de CAF en transporte urbano

Visite CAF en el stand 2C150 (hall B)





Tranvía de Bilbao.

fundiza en el concepto de modularidad, con una reducción sustancial de subconjuntos y piezas de parque que redundan en mayores facilidades y menores costes de mantenimiento.

Composiciones de cinco, siete y nueve módulos, con longitudes de 31, 42 ó 54 metros, dos anchos de caja de 2.400 y 2.650 milímetros, en anchos de vía internacional y métrico, ofrecen capacidades de 291 pasajeros con 56 plazas sentadas, 410 con ochenta y 530 con 104 asientos.

Desde el pasado año 2008, CAF ofrece ya esta tercera generación de su vehículo para líneas tranviarias y de metro ligero, en el que se incorporan nuevos conceptos, prestaciones y tecnologías.

## ■ Historia

Urbos 3 es el resultado de la evolución de la experiencia que desde los años noventa del pasado siglo, CAF ha venido desarrollando en soluciones de trenes articulados ligeros.

Toda una gama de vehículos de nuevo cuño que vuelven a convertir al tranvía en un habitual del paisaje urbano de las ciudades españolas.

En el caso de Valencia, entre 1993 y 1999, la compañía

colaboró en la construcción y adaptación de la tecnología de sistemas para 16 unidades articuladas en composición de bogies M-R-M y piso bajo en el 70 por ciento de la superficie de los vehículos, en lo que supuso la reintroducción del tranvía en España en 1995.

Los años finales de la década de los noventa supusieron un impulso definitivo al transporte ferroviario urbano, que se concretó en los vehículos de CAF de la primera generación del Urbos que se basaban ya en conceptos como el piso bajo y la accesibilidad, la estandarización y la construcción modular, la disponibilidad y el mantenimiento.

A esa primera generación del Urbos pertenecen las ocho unidades del tranvía de Bilbao, también de bogies en composición M-R-M, suministradas entre 2002 y 2004 a Euskotren y de las que siete son 70 por cien piso bajo y una, cien por cien piso bajo.

## ■ Urbos 2

El éxito de los proyectos tranviarios y de metro ligero dio pie a la segunda generación de los vehículos Urbos, de los que los primeros en entrar en servicio fueron los de Vélez-Málaga, tres unidades de cinco módulos apoyados en tres bogies M-R-M y cien por cien piso bajo.

Similares son los vehículos de Sevilla, diecisiete unidades, y de Málaga, catorce. Los primeros circulan desde el pasado mes de abril en la recién inaugurada línea del metro sevillano, que en apenas un mes de funcionamiento ha superado con creces las previsiones de utilización más optimistas.

En Málaga el sistema de metro ligero se encuentra en una fase de ejecución de la infraestructura muy avanzada, mientras que su parque de vehículos se concluye en la factoría de CAF en la localidad jienense de Linares.

Después se desarrollaron los vehículos para Vitoria - once unidades M-R-M cien por cien piso bajo y 2,40 m de ancho, para Euskotren- desde finales de 2008 están en servicio y las unidades para la ciudad de Antalya en Turquía, catorce vehículos en composición de bogies M-R-M y cien



por cien piso bajo cuyo suministro terminará en el presente año. Con destino a Edimburgo en el Reino Unido, se han construido 27 unidades de 40 metros, en composición de bogies M-R-R-M y cien por cien piso bajo cuyas entregas se inician este año para terminar en 2010.

### ■ Urbos 3, última generación

Ahora CAF lanza al mercado una nueva generación, la tercera, de los vehículos Urbos, en la que los conceptos de generaciones anteriores se aplican como prestaciones básicas, y se incorporan y mejoran nuevos conceptos.

La tercera generación profundiza en el carácter de Urbos como plataforma en la que pueden aplicarse diferentes soluciones que permiten la máxima adaptación a cada tipo de explotación.

En Urbos 3 se ha reducido el número de subconjuntos y piezas de parque, lo que se complementa con un mayor grado de accesibilidad para el mantenimiento y la sustitución.

También se han mejorado las opciones de diseño interior y exterior; se ha aumentado la ergonomía y la visibilidad en las cabinas y se han introducido nuevas técnicas y materiales que ofrecen mejoras en peso, resistencia, consumos energéticos e impacto medioambiental en su fabricación y en el reciclado final de materiales.

Paralelamente, se han desarrollado avances en los sistemas de ayuda al mantenimiento: la señalización, la gestión de flota y la explotación. Innovaciones que también incrementan la fiabilidad de los trenes y contribuyen a mejorar la cuenta de resultados del operador.

En los sistemas de trac-

ción, también se incorporan tecnologías y diseños avanzados con convertidores de tracción de IGBT, con regeneración de energía en el frenado, y especialmente, sistemas de almacenamiento y gestión de energía a bordo que permitirán una explotación adaptada a las necesidades, con uso parcial o extendido de la solución "sin catenaria" que CAF ha desarrollado y cuyas pruebas en vía están en curso.

Sin descartar las baterías o los volantes de inercia, tecnologías que CAF también ha desarrollado y dispone de ellas para otras aplicaciones. ■



Tranvia Urbos de tercera generación.

## Acumulador de Carga Rápida, ACR, un sistema polivalente para eliminar la catenaria

El Acumulador de Carga Rápida (ACR) es un sistema embarcado desarrollado por CAF que permite el almacenamiento de energía a bordo del tren, y la eliminación de la catenaria entre paradas donde el tendido aéreo podría tener un mayor impacto visual o complicar la implantación o la explotación.

El sistema está basado en ultracondensadores que son capaces de cargarse en las paradas -con detenciones de alrededor de medio minuto- y emplear la energía almacenada en los recorridos entre ellas, sin necesidad de alimentación suplementaria. El sistema desarrollado por CAF es además de sencili-



llo y seguro, compatible y aplicable a cualquier material rodante independientemente de su origen o su antigüedad y de la infraestructura por la que circule.

El equipo básico del ACR integra los ultracondensadores y un convertidor. Está controlado por el inversor de tracción e integrado en la red informática del tren. Desarrollado por la filial de CAF, Trainelec, que será su fabricante, es escalable, tanto en serie como en paralelo en distintos niveles de exigencia energética.

La tecnología de ACR permitirá no sólo eliminar el impacto visual de las líneas aéreas de alimentación, sino que también mejorará la eficiencia energética de los sistemas tranviarios, al aprovechar al máximo la energía generada en el frenado, frente a los tranvías convencionales que sólo recuperan energía cuando otro vehículo en las proximidades puede utilizarla. Además, el sistema ofrece autonomía al vehículo ante los cortes de alimentación.

## ■ Ultracondensadores

Los ultracondensadores en los que se basa el equipo de acumulación de energía, la almacenan -del mismo modo que la entregan- mediante un proceso puramente físico y consiguen altos parámetros de energía específica almacenada y potencia específica disponible. Todo ello sin que en ningún caso existan reacciones químicas ni emisión de gases en su proceso de funcionamiento y con ciclos de trabajo mil veces superiores a los de las baterías de níquel cadmio disponibles.

La velocidad de recarga es extremadamente alta, bastan apenas veinte segundos, como su fiabilidad y durabilidad se sitúa en el entorno de los quince años lo que supone que serían



Tranvía con sistema de ultracondensadores ACR de CAF que puede recorrer hasta 1.4000 metros sin catenaria.

dos los equipos utilizados a lo largo de los veinticinco o treinta años de vida útil de un vehículo tranviario.

Las celdas del equipo son de muy alta capacidad, incrementada gracias a su doble capa de electrodos. Frente a otros tipos de almacenamiento ofrece un incremento de potencia y permite minimizar las resistencias de freno además de incluir protecciones contra descargas de energía para garantizar la llegada al punto de carga.

Su instalación y mantenimiento son también sencillos y económicamente competitivos, tanto en la inversión necesaria para su implantación como en lo que se refiere a su mantenimiento.

## ■ Funcionamiento

Un tranvía convencional, es decir con alimentación continua, durante la marcha alimenta sus motores y equipos auxiliares directamente con la energía suministrada por la catenaria.

Durante el frenado, parte de la energía cinética puede devolverse a la catenaria para su uso por otros trenes que estén circulando en su proximidad, mientras que el resto se disipa en forma de calor por las resistencias de freno.

Un tranvía equipado con el Acumulador de Carga Rápida parte de la parada, donde si existe catenaria, con su equipo ACR completamente cargado y durante la marcha por un tramo sin alimentación externa, los motores y equipos auxiliares se nutren de la energía acumulada.

Al acercarse a la parada y durante el proceso de frenado, la energía cinética, se recupera íntegramente y se almacena en el ACR, iniciando con ello su proceso de recarga. En la parada y tras la subida del pantógrafo se completa la carga del equipo ACR para iniciar un nuevo ciclo.

El tranvía equipado con el ACR puede por tanto operar sin catenaria en un tramo concreto y aislado, bien por circunstancias de diseño de la línea o por eventualidades como cortes de corriente o reparaciones, o de forma continua en varias intersecciones consecutivas.

La autonomía del sistema está entre 1.200 y 1.400



metros, siempre en función de las condiciones del trazado, las prestaciones exigidas al material y la capacidad de ultracondensadores instalada en el vehículo.

## ■ Equipo probado

CAF ha probado el sistema ACR en un vehículo comercial, perteneciente al parque de cinco unidades del Metrocentro sevillano que será previsiblemente el primer operador que los explote en servicio comercial.

Esta unidad prototipo del ACR es un vehículo de la plataforma Urbos 2, de 31.200 milímetros de longitud, y 70 kilómetros por hora de velocidad máxima que puede transportar a plena carga a 280 pasajeros.

El equipo ACR del prototipo que se instalará sobre el

techo de las unidades en operación comercial, tiene, incluida la electrónica asociada, un peso por unidad de unos mil kilogramos.

El vehículo ofrece una potencia es de 488 kilowatios gracias al equipo de tracción UT-750 de Trainelec que incluye convertidor auxiliar de 45 kVA y cargador de baterías de cinco kilowatios. El ACR suministra una energía útil de 4,8 kilowatios hora con tensiones máxima y mínima de 490 y 254 voltios en corriente continua. ■

# Tren-tranvía de la Bahía de Cádiz, solución para el transporte urbano y periurbano



El Tranvía Metropolitano de la Bahía de Cádiz, también denominado tren-tranvía por discurrir casi la mitad de su trazado a través de la línea ferroviaria Sevilla-Cádiz, es un proyecto de la Junta de Andalucía que se propone mejorar la movilidad en el área la Bahía de Cádiz aprovechando infraestructuras existentes y creando otras nuevas e introduciendo la versatilidad de un material rodante apto para los tramos urbanos e interurbanos.

Así, la línea tranviaria permitirá conectar las poblaciones de Chiclana y San Fernando, prolongará su recorrido hasta Cádiz, utilizando como conexión la línea ferroviaria Sevilla-Cádiz, que opera Renfe, mediante una estructura de enlace en ejecución en el entorno de la Ardila, en el municipio de San Fernando.

El trazado contará con una longitud de veinticuatro

kilómetros y cien metros, de los que 13,6 discurren a través de la nueva plataforma tranviaria, y los 10,5 kilómetros restantes a través de la línea de Renfe.

El número de paradas previsto es de veintidós, de las que diecisiete se ubican en el tramo tranviario entre Chiclana de la Frontera y San Fernando, y las cinco restantes son las estaciones ferroviarias ya existentes en la prolongación hasta Cádiz.

El tiempo de recorrido entre los dos extremos será de algo más de media hora y la población servida, situada a una distancia no superior a quinientos metros de alguna parada, es de 233.500 personas.

## ■ El reto

La implantación de un sistema de transporte de este tipo plantea el reto al material rodante de ofrecer prestaciones adecuadas a ambos tipos de explotación, especialmente en términos de aceleración, deceleración y velocidades.

Los vehículos desarrollados por CAF para su explotación



Interior y cabina del modelo de tranvía sin catenaria.



en el Tranvía Metropolitano de la Bahía de Cádiz son unidades de dos coches que permiten la incorporación de un coche intermedio, de concepción modular y con capacidad para 238 viajeros, que pueden alcanzar los 100 km/h bajo catenaria tranviaria a 750 voltios y con la electrificación de las líneas convencionales de Renfe a 3.000 voltios.

Las unidades de dos coches iguales, tendrán una longitud de 37.700 milímetros, con una longitud de cada coche de 18.260, la anchura de las cajas será de 2.650 milímetros y la altura de 3.800.

El empuje de caja será de 11.650 milímetros y contará con dos alturas de piso, de 760 y 380 milímetros, ambas con puertas de acceso desde el andén que se adaptan a los andenes tranviarios y de las líneas de Adif, y con posibilidad de que el piso bajo en el conjunto de la unidad sea del 43 o el 55 por ciento del total.

El peso del tren en vacío será de 60,4 toneladas y en carga máxima de 85,7, para un peso máximo por eje de doce toneladas. Cada tren dispondrá de 92

plazas sentadas, dos de ellas para sillas de ruedas, y 146, 218 ó 292 plazas de pie, con ocupaciones de 4, 6 u 8 pasajeros por metro cuadrado, respectivamente.

## ■ Prestaciones

Los trenes ofrecerán una velocidad máxima de servicio de 100 km/h, adecuada a los tramos interurbanos y una deceleración promedio de 0 a 40 km/h de 1,06 metros por segundo al cuadrado que se adapta a las exigencias de la explotación tranviaria.

La aceleraciones promedio de 40 a 70 y de 70 a 100 km/h serán, respectivamente, de 0,78 y 0,50 metros por segundo al cuadrado, y las deceleraciones de servicio y de urgencia, con aplicación de patín electromagnético, de 1,2 y 3 metros por segundo al cuadrado.

Las unidades contarán con cuatro bogies de los que tres o cuatro pueden ser motores. Cada uno de ellos, con ruedas nuevas de 640 milímetros tendrá un empuje de 1.800 milímetros. La suspensión primaria será de caucho-acero y la secundaria de muelles.

Con pivote de arrastre y motorización transversal, los bogies motores equiparán dos discos de freno por eje, y cuatro los bogies portadores, además de patines electromagnéticos y areneros, y sistema de engrase de pestaña en el caso de los dos bogies extremos.

## ■ Equipos eléctricos

Los equipos de tracción serán de la filial de CAF, Trainelec, y en el caso de motorización al 75 por ciento -tres de los cuatro bogies-, los seis motores ofrecerán una potencia conjunta de 900 kilovatios con un inversor alimentando a tres motores.





Unidad de metro ligero para Natalia en Turquía.

Unos de los coches equipará el pantógrafo, apto para las dos tensiones, los dos pararrayos y los dos disyuntores de 3.600/2.600 y de 900/1.000 voltios. Uno de los coches equipará el filtro de entrada, y en ambos se instalará un cofre inversor de tecnología IGBT y una resistencia de freno.

Con motorización al 50 por ciento, cada coche equipará un bogie motor - los dos intermedios con dos motores de 180 kW para una potencia total de 720. La opción de intercalar un remolque entre ambos motores se contempla solo en el caso de motorización al 75 por ciento.

Las unidades contarán con freno electrodinámico regenerativo, freno de fricción de control hidráulico y freno electromagnético. El freno de servicios ofrecerá deceleraciones de 1,2 y 0,94 metros por segundo al cuadrado, para velocidades de 0 a 70 y de 70 a 100 km/h, respectivamente. Para la parada y el estacionamiento contará con freno acumulador de muelles.

Los convertidos auxiliares de 45 kVA alimentarán la climatización de sala y cabina, los ventiladores de tracción, el cargador de batería y la luneta térmica. La batería será de Níquel Cadmio de 180 amperios y 24 voltios y estará alimentada por un cargador de 6 kW para iluminación de emergencia, faros y luces exteriores, circuitos de control, radiocomunicaciones puertos, registrador de eventos, autómatas fabricados por la filial de CAF, Traintic, y sistemas de señalización.

## Interior

Los coches, con cajas construidas en acero corten, tendrá dispositivos anticabalgamiento y ofrecerán tres opciones de diseño interior y exterior, denominadas Mediodía, Horizonte y Al-Andalus. Para el salón de los coches existe también la posibilidad de distintas distribuciones de los

asientos en cada una de las dos alturas. Existe, además, la opción de equipar los coches con un elevador para sillas de ruedas.

Con todo ello, los asientos que equiparán, con soporte en voladizo y del tipo de los trenes Civia que explota Renfe en sus redes de Cercanías, ofrecerán pasillos de 510 x 1.180 milímetros en función de su disposición en "interurbano" o "urbano", según se coloquen de manera transversal o longitudinal al sentido de la marcha.

En el interior, para el que existe también la opción de colocar portaequipajes, se dispondrá de pasamanos y asideros de acero inoxidable y mamparas del mismo material revestidas de poliéster. La iluminación será con fluorescentes longitudinales en el compartimento de viajeros y transversales y las cabinas de conducción.

Las puertas, dos por coche y costado y de accionamiento eléctrico serán encajables-deslizantes y tendrán un paso libre de 1.300 milímetros y una altura libre de 2.030. El acceso desde andenes de Adif se efectuará con una rampa fija desde las puertas de piso alto. El acceso desde los andenes tranviarios se hará directamente desde las puertas de piso bajo, y con un estribo escamoteable desde las puertas de piso alto.

Las unidades contarán con equipos de climatización en cabina, radiotelefonía analógica, sistemas de control y diagnóstico, los sistemas de señalización Asfa y Case, sistema de información al viajero con circuito cerrado de televisión -cuatro cámaras y un monitor por coche y un grabador digital-, dos indicadores de destino frontales, megafonía y un intercomunicador por plataforma. ■

## Proyectos tranviarios en tres continentes

CAF ha protagonizado en los últimos años un espectacular expansión internacional en el ámbito de los sistemas tranviarios con proyectos en Europa, Asia y América. La incorporación de las últimas tecnologías, la modularidad, el respeto medioambiental, la máxima adaptabilidad a cada operador y tipo de explotación han permitido llevar los tranvías de CAF a tres continentes.

### ■ Edimburgo (Reino Unido)

El concejo de Edimburgo adjudicó a CAF del contrato para el suministro de veintisiete tranvías y su mantenimiento por un periodo de treinta años. En julio de 2011, estos tranvías de CAF conectarán el aeropuerto de la ciudad escocesa con la terminal de pasajeros del puerto, a través de del centro de la ciudad.

Las unidades que comenzarán a entregarse en abril de 2010, son de piso bajo integral - de 350 milímetros y con el acceso a 300 milímetros del carril-, de cuarenta metros de largo, y capaces para 250 pasajeros y de desarrollar una velocidad máxima de 70 kilómetros por hora.

Tienen, asimismo, plazas para discapacitados y un reducido nivel de ruidos en el exterior y el interior; tendrán sistemas de información a bordo y sistema de televisión en circuito cerrado. Cuentan con seis puertas por costado con un paso libre de 1.300 y 800 milímetros.

Son unidades bidireccio-



El tranvía de Edimburgo conectará la ciudad con su aeropuerto.

nales constituidas por siete cajas articuladas y apoyadas sobre cuatro bogies. Los dos extremos y uno de los intermedios son motores, y el segundo intermedio, remolque. La alimentación es por catenaria a 750 voltios y ofrecen una aceleración arranque de 1,2 metros por segundo al cuadrado y una potencia de 960 kilowatios (12 por 80).

La altura del vehículo es de 3.400 milímetros, la anchura exterior de 2.650 y la longitud total de 42.856. La estructura de la caja es de acero inoxidable ferrítico en los costados y la cubierta y de acero corten en el bastidor.

Las unidades ofrecen 332 plazas totales, 252 de pie y 80 sentadas y una superficie de maleteros de 7,62 metros cuadrados. Equipan aire acondicionado en cabina, anunciador de estaciones, sistema de video vigilancia con circuito cerrado de televisión, radio y sistema de posicionamiento y detección en vía, y registrador de eventos. Cuentan también con sistema de calefacción/ventilación en departamento de pasajeros, sistema de control y supervisión, sistema de cuenta pasajeros a bordo y sistema de vídeo entretenimiento

### ■ Antalya (Turquía)

En consorcio con la constructora Alarko, CAF se ha adjudicó un contrato por valor de 110 millones de euros para el diseño, desarrollo y puesta en marcha de una red tranviaria para la ciudad de Antalya, en Turquía que estará en servicio a mediados de 2009.





CAF fabricará los tranvías para la ciudad tejana de Houston en su factoría de Elvira, en el estado de Nueva York.

Esta será la primera línea de tranvía moderno en la ciudad y constituirá la primera fase de una amplia red en proyecto. La línea de vía doble de 11,50 kilómetros unirá, cruzando la ciudad, las zonas de Fatih, Otogar y Meydan.

Por ella circularán catorce vehículos tranviarios de la plataforma Urbos 2 que se construyen en Irún y Linares, dos de las factorías de CAF, que también es electrificación y la señalización de la línea además de equipar los talleres.

Las unidades son de piso bajo y totalmente accesibles, de 35.176 milímetros de longitud, 2.650 de anchura y con piso bajo de 350 milímetros y acceso a 307. Estarán compuestos por cinco módulos y cada tranvía tienen dos bogies motores y uno portador.

Las unidades, diáfanos en toda su longitud, tienen capacidad para 72 pasajeros sentados y 216 y cuentan con seis puertas por costado -dos de una hoja y cuatro de dos-, dos de ellas sencillas y las cuatro restantes dobles y de un paso libre de 1.300 mm. La velocidad máxima es de 70 km/h. y la aceleración de 1,2 metros por segundo al cuadrado.

## ■ Houston (Estados Unidos)

El último de los contratos de suministro de material tranviario obtenido por CAF es del que adjudicó la Metropolitan Transit Authority, Metro de Houston (Texas) en Estados Unidos. Se trata de 103 tranvías -29 en una primera fase- y su mantenimiento durante un período de ocho años.

Los vehículos se fabricarán en la factoría de CAF posee en Elmira, en el estado de Nueva York

El material cuyas entregas están previstas entre la primavera de 2012 y el verano de 2014 operará en seis corredores. Son unidades bidireccionales, 100 por cien piso bajo de 350 milímetros, de cinco coches, con una longitud total de 31,2 metros y una capacidad de transporte máxima de 282 personas con 56 plazas sentadas. Contarán con seis puertas por costado, dos sencillas y cuatro dobles.

El equipo de tracción será de IGBT's y motores trifásicos y el control del tren y de la tracción se realizará por microprocesadores. Dispondrá de equipos de aire acondicionado independientes para viajeros y cabina.

Equiparán también sistema de mando y monitorización mediante autómatas programables, buses de comunicación y entradas y salidas digitales, sistema de comunicación cabina-pasajeros, cabina-intercomunicadores de alarma, y puesto de tierra-público y sistema de información de audio incluyendo anunciador automático de estaciones y emisión de música. Además contarán con registrador de eventos, cámaras de video exteriores e interiores, sistemas de radio-teléfono y de localización automática del tren, y gestor inalámbrico de comunicación para el envío y recepción de datos.

El tranvía se ha diseñado para facilitar su accesibilidad discapacitados visuales -con contraste cromático, indicación sonora de posición y cierre de puertas- y motores- con espacios específico para sillas de ruedas y coches de niño, asientos prioritarios, estribos y pulsadores a la altura de los usuarios de sillas de ruedas. ■