

**- ANEXO 1F -**

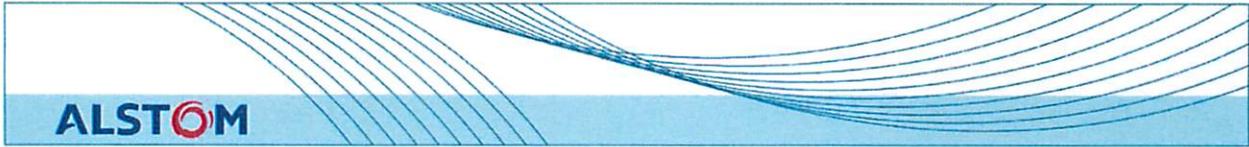
**SISTEMA DE TRACCIÓN Y FRENADO ELÉCTRICO**

A handwritten signature in blue ink is located on the right side of the page. The signature is stylized and appears to be the initials "S" and "A" or "S" and "D" written in a cursive, overlapping manner.A handwritten mark in red ink is located on the right side of the page, below the signature. It consists of a vertical line that curves at the bottom into a loop, resembling a stylized signature or a specific mark.

**ANEXO 1F**

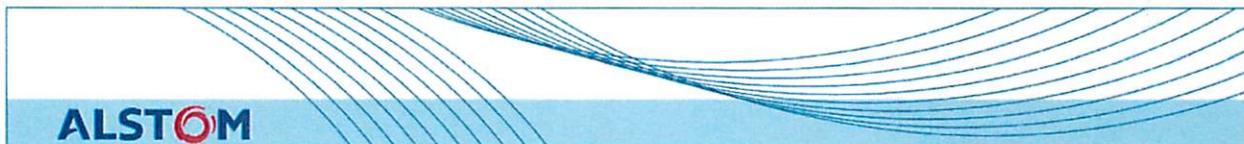
**DESCRIPCIÓN DE LA TRACCIÓN Y FRENADO ELECTRICO**

<b>1</b>	<b>ALCANCE DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
3.1	Transmisores de Tracción de ALSTOM .....	4
3.2	Lista de referencia .....	5
3.3	Documentación .....	10
<b>4</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUBSISTEMA DE TRACCIÓN</b> .....	<b>11</b>
4.1	Normas aplicables .....	11
4.2	Ambiente .....	11
4.2.1	Condiciones climáticas .....	12
4.2.2	Condiciones ambientales .....	12
4.3	Suministro de energía .....	13
4.3.1	Tensión elevada .....	13
4.3.2	Tensión intermedia .....	13
4.3.3	Baja tensión .....	13
4.4	Interface .....	14
4.4.1	Interface mecánica .....	14
4.4.1.1	Convertidor de tracción .....	14
4.4.2	Interface eléctrica .....	17
4.4.2.1	Tensión elevada .....	17
4.4.2.2	Baja tensión .....	18
4.5	Pruebas .....	19
4.5.1	Pruebas combinadas .....	19
4.5.2	Pruebas tipo del convertidor de tracción .....	20
4.5.3	Pruebas de rutina del convertidor de tracción .....	20
4.6	Compatibilidad electro-magnética .....	20
4.7	Tecnología del convertidor de tracción .....	21
<b>5</b>	<b>DESCRIPCIÓN FUNCIONAL</b> .....	<b>26</b>
5.1	Distribución de la energía .....	26
5.2	Control del par de torsión .....	27
5.3	Frenado eléctrico .....	30
5.4	Protección contra la sobre-tensión .....	30
5.5	Enfriamiento .....	31
5.6	Funciones de mantenimiento .....	32
<b>6</b>	<b>DESCRIPCIÓN DETALLADA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES</b> .....	<b>33</b>
6.1	Pararrayos .....	33
6.2	IES .....	36
6.2.1	Interface eléctrica .....	36
6.3	HSCB .....	37
6.4	Inductor de Línea .....	40
6.4.1	Características del Inductor del Filtro en Línea .....	40
6.5	Módulo de potencia .....	41
6.6	Unidad de control estrecho .....	41
6.6.1	Datos mecánicos .....	42



6.7	Supervisor .....	43
6.7.1	Datos mecánicos .....	44
6.8	Resistencia de frenado .....	44
6.8.1.1	Datos eléctricos y mecánicos .....	44
6.9	Motor de tracción .....	45
6.9.1	Datos eléctricos .....	45
6.9.2	Pruebas de rutina .....	46
6.9.3	Pruebas tipo .....	46





## 1 ALCANCE DEL DOCUMENTO

Este documento concierne únicamente el sistema de propulsión.

El diseño del producto descrito a continuación forma parte de la solución de referencia-ONIX 152 car.

## 2 ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

AC3x	AGATE Control 3x
AGATE	Electrónica de Tracción Genérica Avanzada ALSTOM
ATC	Pilotaje Automático
BCE	Electrónica de Control para Frenos
CCU	Unidad de Control Estrecho
FMEA	Análisis de Modo de Falla y de Efectos
FMECA	Análisis de Modo de Falla y de Efectos Críticos
IGBT	Transistor Bipolar con Puerta Aislada
LCC	Costo del Ciclo de Vida
LED	Diodo Electro-Luminiscente
MU	Unidad Múltiple (Tren)
NTP	Orden para Iniciar
OCU	Unidad de Convertidor ONIX
ONIX	Ondulador con Integración eXcepcional
PCE	Electrónica de control para la Propulsión
PHA	Análisis de Riesgos Preliminares
PHL	Lista de Riesgos Preliminares
RAM	Memoria de Acceso Arbitrario
RAMS	Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenabilidad, Seguridad
SU	Unidad Sencilla (Vehículo)
THD	Distorsión Armónica Total

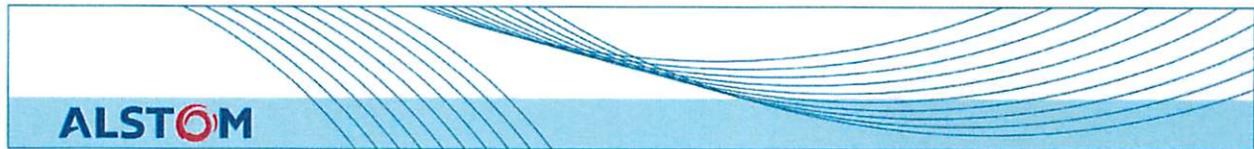
### 3 INTRODUCCIÓN

#### 3.1 Transmisores de Tracción de ALSTOM

ALSTOM ha desarrollado una gama de componentes estándares (disyuntores, motores, módulos de potencia, electrónica de control, contactores) que funcionan con tecnología de vanguardia. Se utilizan diferentes combinaciones de estos componentes estándares para construir transmisores de tracción para cualquier tipo de material rodante, desde tranvías hasta trenes de alta velocidad.

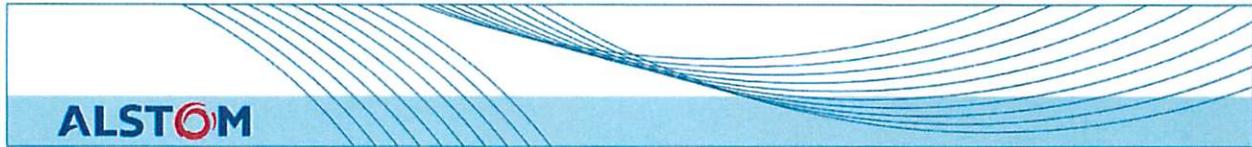
Gracias a su diseño modular, los transmisores de tracción de ALSTOM combinan las ventajas tecnológicas de una solución a la medida con las de un producto estándar:

- Componentes totalmente probados en redes ferroviarias por todo el mundo, que aseguran un período de instalación y de puesta en servicio más corto y más exitoso, y que brindan las ventajas de la experiencia mundial de ALSTOM en el campo de la tecnología IGBT.
- Reducción de los Costos del Ciclo de Vida (mantenimiento mínimo y facilidad de acceso para el personal de mantenimiento).
- Alta eficiencia, bajo consumo de energía y bajos costos de operación.
- Experiencia sin igual en asegurar la compatibilidad de la señalización a través de un diseño de sistema integrado.
- Instalaciones para pruebas combinadas en la fábrica de ALSTOM, lo que permite simular la operación en la vía del cliente antes del montaje en el tren, reduciendo aún más el tiempo de puesta en servicio.
- Un inversor diseñado en un pequeño empaque compacto, que deja así un máximo de espacio para otros equipos y ayuda a reducir el peso global del tren.
- Un sistema de control de patinamiento / deslizamiento de alto rendimiento para aprovechar al máximo la adherencia disponible.
- Un sistema sofisticado de registro de datos que proporciona información completa acerca del mantenimiento, incluyendo la grabación de fallas y utilidades de auto-prueba.

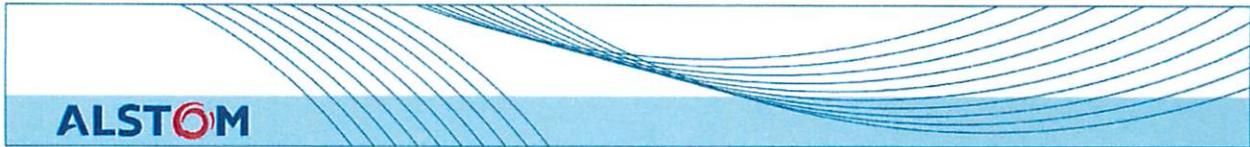


### 3.2 Lista de referencia

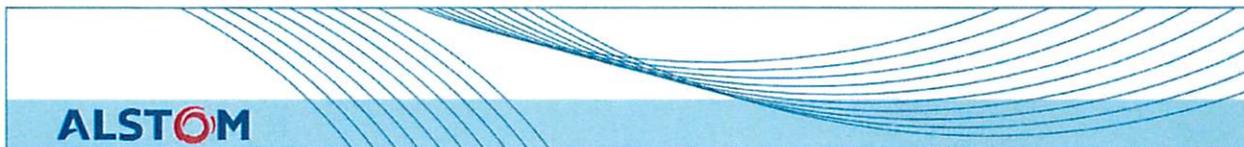
Proyecto	Operador	Constructor de carros	Cantidad de carros	Velocidad Km/h	Motor kW	Tensión de Alimentación	Fecha del Pedido
Tranvía Grenoble	SEMITAG	ALSTOM	30	80	300	750 Vdc	1993
Caen GLT	SMTCAC	Bombardier	2	70	150	750 Vdc	1994
Línea Jubilee	LUL	ALSTOM	354	100	100	630 Vdc	1994
Tren Aéreo Kuala Lumpur		Bombardier	140	80	140	750 Vdc	1994
Línea Norte	LUL	ALSTOM	636	100	85	630 Vdc	1994
París Z2N	SNCF	ALSTOM	4	140	350	1500 Vdc	1994
Prototipo Z2N	SNCF	ALSTOM	6	140	350	25 kVac	1994
Expreso del Aeropuerto de Arlanda	A-train	ALSTOM	28	200	280	15 kVac 16 2/3 Hz	1995
Metro de Barcelona	TMB	CAF	30	100	140	1200 Vdc	1995
Línea A de la Cd de México		CAF	104	100	130	750 Vdc	1995
Trolebuses de la Cd de México	STE	ALSTOM	1	70	130	600 Vdc	1995
Línea A del Metro de la Cd de México		CAF	210	100	130	750 Vdc	1995
Transporte Urbano New Jersey	NJT	Kinkisharyo	90	90	140	750 Vdc	1995
TER-2N Regional EMU	SNCF	ALSTOM	160	140	350	1500 Vdc	1995
Línea 1 del Metro de Incheon		ALSTOM	200	100	230	1500 Vdc	1996
Tranvía de Saint Etienne		ALSTOM	40	80	180	750 Vdc	1996
Línea 2 St Etienne		ALSTOM	40	80	180	750 Vdc	1996
Tagus EMU de 2 niveles	Tagus	ALSTOM/CAF	72	140	375	25 kVac 50 Hz	1996
AEM7	AMTRAK	AMTRAK	30	200	433	25 kVac	1997
Trolebús de Atenas	ILPAP	VanHool	96	55	200	750 Vdc	1997
Azumbuja EMU de 2 niveles	CP	CAF	48	140	375	25 kVac 50 Hz	1997
Azumbuja EMU de 2 niveles	CP	CAF	48	140	375	25 kVac 50 Hz	1997
Expreso de Gatwick	National Express	ALSTOM	512	160	245	750 Vdc	1997
Tranvía de Lyon		ALSTOM	78	70	120	750 Vdc	1997



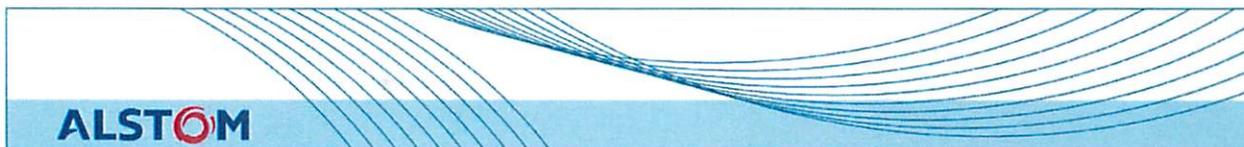
Proyecto	Operador	Constructor de carros	Cantidad de carros	Velocidad Km/h	Motor kW	Tensión de Alimentación	Fecha del Pedido
Metro de New York R-142	NYCTA	Bombardier	680	80	110	600 Vdc	1997
Metro de New York R-38	NYCTA		16	80	110	600 Vdc	1997
Tranvía de Orleans		ALSTOM	22	80	140	750 Vdc	1997
Trenes del Suroeste	Stagecoach	ALSTOM	480	160	245	750 Vdc	1997
AM96	SNCB	Bombardier	48	160	320 kW	3000 Vdc	1998
Beigian EMU-AM96		Bombardier	3	160	250	3000 Vdc	1998
DART de Dublín	Iarnrod Eireann	ALSTOM	10	110	230	1500 Vdc	1998
Metro de Fortaleza	Metrofor	ALSTOM	80	120	150	3000 Vdc	1998
Locomotoras de flete		SNCF	120	140	1050	25kVac	1998
Tranvía de Gdansk		ALSTOM	8	80	140	750 Vdc	1998
Tranvía de Katowice	Katowice Tramways	ALSTOM	34	80	140	750 Vdc	1998
Loco Fret	SNCF	ALSTOM	120	140	1050	1500 Vdc	1998
ScotRail EMU	National Express	ALSTOM	120	160	245	25 kVac	1998
Línea 3 del Metro de Shanghai	Shanghai Mass Transit Development	ALSTOM	144	80	175	1500 Vdc	1998
Metro de Singapur	MRTA	ALSTOM	150	100	140	1500 Vdc	1998
Tranvía de Valenciennes	FGV	ALSTOM	34	80	140	750 Vdc	1998
Mjetro de Varsovia	Warsaw Metro	ALSTOM	108	90	180	750 Vdc	1998
Línea principal de la costa oeste	Virgin trains	ALSTOM	432	225	425	25 kVac	1998
Fiabilización de WR	Western Railways	I	38	100 km/h	240	1500 Vdc	1998
Z TER Languedoc y Centro	SNCF	Bombardier	66	200	450	1500 Vdc	1998
Z2N 5	SNCF	ALSTOM	128	140	375	1500 Vdc	1998
ZTER		SNCF	66	200	450	1500 Vdc	1998



Proyecto	Operador	Constructor de carros	Cantidad de carros	Velocidad Km/h	Motor kW	Tensión de Alimentación	Fecha del Pedido
4 GT EMU MILLENNIUM	State Railway Authority	Clyde	80	130	230	1500 Vdc	1999
Línea 3 de Barcelona			20	80	140	1200 Vdc	1999
DEMU Todo Terreno	Virgin Rail	Bombardier	352	200	235	750 Vdc	1999
Autobuses Eléctricos Diesel	CRISALIS	IRIS BUS	138	70	80		1999
Tranvía 302 Dublin		ALSTOM	78	80	140	750 Vdc	1999
Melbourne Hillside EMU		ALSTOM	174	130	220	1500 Vdc	1999
Metrovías	Metrovías	ALSTOM	80	80	175	1500 Vdc	1999
GLT Nancy	Bombardier	ALSTOM	75	70	360	750 Vdc	1999
LRV Sacramento		CAF	80	100	140	750 Vdc	1999
Santa Clara	SC Valley Transit Authority	ALSTOM	30÷70	88	140	700 Vdc	1999, opción 2001
Extensión de la Línea 3 del Metro de Barcelona	FMB	ALSTOM	30	80	140	1200 Vdc	2000
Tranvía Citadis 302 Bordeaux	CUB	ALSTOM	12	70	120	750 Vdc	2000
Tranvía Citadis 402 Bordeaux	CUB	ALSTOM	96	70	120	750 Vdc	2000
Caen GLT	CTAC	Bombardier	48	70	150	750 Vdc	2000
Tranvía Citadis 401 Dublín	CIE	ALSTOM	70	80	120	750 Vdc	2000
Tranvía Línea Melbourne Yarra	NEG	ALSTOM	62	70	105	600 Vdc	2000
NS VIRM – EMU 1,2 – 3 clase	Netherland Railways NS	Bombardier	378	160	400	1500 vdc	2000
Tranvía Citadis de Rotterdam	Rotterdam City RET	ALSTOM	60	70	130	600 Vdc	2000
Shanghai Xin Min	Shanghai Mass Transit	SATEE	152	80	150	1500 Vdc	2000
Tranvía de Turín	ATM Turin	ALSTOM	385	70	64	600 Vdc	2000



Proyecto	Operador	Constructor de carros	Cantidad de carros	Velocidad Km/h	Motor kW	Tensión de Alimentación	Fecha del Pedido
X40	SJ	ALSTOM	113				2000
Citadis RATP	RATP	ALSTOM	26+26			750 Vdc	2000+ opcion 2002
Opciones de la Línea Circular de Singapur	LTA	ALSTOM	210				
Tranvía 11G/12G de Amsterdam	Amsterdam City GVBA	Bombardier	45	70	45	600 Vdc	2001
Tranvía S1/S2de Amsterdam	Amsterdam City GVBA	Bombardier	25	70	70	600/750 Vdc	2001
Brava	RENFE	CAF	48	250	512	3000 Vdc/ 25 kVac	2001
CTR	Trenitalia	ALSTOM	330	140	350	3000 Vdc	2001
DEL NJT	New Jersey Transit	ALSTOM	33	160	800	Diesel	2001
Loco Fret	French Railways SNCF	ALSTOM	180	140	1050	1500 Vdc/ 25 kVac	2001
Tranvía de Messina	Messina Municipality	ALSTOM	75	70	64	750 Vdc	2001
Extensión del Citadis de Montpellier	SEMITAM	ALSTOM	4	80	140	750 Vdc	2001
Tranvía Rápido SG1/2 de Rotterdam	Rotterdam City RET	Duewag OM	72	100	56	750 Vdc	2001
Tranvía Rápido SG2/3 de Rotterdam	Rotterdam City RET	Bombardier	36	100	90	750 Vdc	2001
Línea G de Sao Paulo	CPTM	ALSTOM BPA	48	80	N/A	1500 Vdc	2001
Silicio	CP	ALSTOM/EMEF	171	120		25 kVac	2001
Línea Circular de Singapur	LTA	ALSTOM	21	80	170	750 Vdc	2001
BLM Suizo clase EMU	BLS-Lötschbergbahn	Bombardier	6	140	220	15 kVac 16 2/3 Hz	2001
EMU Suizo	Martigny Osiere Link Authority	Bombardier	2	140	220	15 kVac 16 2/3 Hz	2001
TRM Suizo clase EMU	TRM	Bombardier	3	140	220	15 kVac 16 2/3 Hz	2001
VAL 208 Turín	Satti	SIEMENS	92	80	65	750 Vdc	2001



Proyecto	Operador	Constructor de carros	Cantidad de carros	Velocidad Km/h	Motor kW	Tensión de Alimentación	Fecha del Pedido
WMATA 2000/3000	Washington Metro	ALSTOM	364	120	175	700 Vdc	2001
DEL NJT Opciones de Tranvías	New Jersey Transit	ALSTOM					2001
Extensión al Sur de la L1 Nanjing		ALSTOM	126	80	185	1500	2007
Extensión al Este de la L2 de Shanghai		ALSTOM	192	80	185	1500	2007
Estambul		ALSTOM	80	80	155	1500	2007
Shanghai L10		ALSTOM	246	80	185	1500	2006

### 3.3 Documentación

La documentación estándar consta de:

- *Instrucciones de manipulación / almacenamiento / empaque*
- *Manual de mantenimiento*
- *Resumen técnico*
- *Especificación para pruebas de rutina*
- *Referencias de servicio en campo*
- *Dibujos acotados*
- *Esquemas eléctricos*
- *Especificación para el reporte o la validación de pruebas tipo.*

## 4 CARACTERISTICAS DEL SUBSISTEMA DE TRACCIÓN

### 4.1 Normas aplicables

Se utilizan las siguientes normas para el diseño del equipo de propulsión:

IEC 60077	Reglas para la Tracción Eléctrica
IEC 60310	Transformadores e inductores de tracción en el material rodante
IEC 60322	Reglas para las resistencias óhmicas que se utilizan en los Circuitos de Potencia de Vehículos con Energía Eléctrica
IEC 60349-2	Máquinas eléctricas giratorias con Tracción Eléctrica para vehículos ferroviarios
IEC 60529:	Grados de Protección brindados por Gabinetes (Código IP)
IEC 60571	Equipo electrónico utilizado en vehículos ferroviarios
IEC 61071 - 1	Capacitores de Electrónica de Potencia Parte 1
IEC 61881 - 1	Aplicaciones ferroviarias – Equipos de material rodante – Capacitores para electrónica de potencia
IEC 61287-1	Convertidores de Energía Instalados a Bordo del Material Rodante
IEC 61373	Aplicaciones ferroviarias, equipo de Material Rodante, prueba de vibraciones e impactos
IEC 61377	Tracción eléctrica – material rodante – pruebas combinadas de motores con corriente alterna alimentada por inversores y su control
EN 45545-2	Aplicaciones Ferroviarias – Protección contra incendios en vehículos ferroviarios – Parte 2: Requerimientos para el comportamiento de materiales y componentes
EN 50121-3-2	Compatibilidad Electromagnética
EN 50124-1	Aplicaciones ferroviarias. Coordinación del aislamiento. Parte 1. Distancia mínima y longitud de frotamiento para todos los equipos eléctricos y electrónicos
EN 50125-1	Aplicaciones ferroviarias. Condiciones ambientales para los equipos. Parte 1 Equipo a bordo del Material Rodante.
EN 50126	Aplicaciones ferroviarias - Especificación y demostración de Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad (RAMS) -- Parte 1: Requerimientos básicos y proceso genérico
EN 50128	Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicaciones, señalización y procesamiento. Software para el control ferroviario y los sistemas de protección.
EN 50153	Aplicaciones ferroviarias. Material Rodante. Medidas de protección contra riesgos eléctricos.
EN 50155	Aplicaciones ferroviarias – Equipo electrónico utilizado en el material rodante.
EN 50163	Aplicaciones ferroviarias – Tensiones de alimentación de sistemas de tracción.
EN 50207	Aplicaciones ferroviarias – Convertidores de energía electrónicos para material rodante.
EN 50 264-1	Cables con aislamiento de espesor normal – prescripciones generales.
EN 50 306-1	Cables con aislamiento de poco espesor – prescripciones generales.
EN 50 355	Cables con espesor normal y poco aislamiento – guía del usuario.
EN 50 382-1	Cables de un solo hilo con aislamiento de silicón (para 120°C y 150°C).
EN 60529	Especificación para grados de protección brindados por la caja (código IP).
EN 61373	Aplicaciones ferroviarias. Equipos de Material Rodante. Pruebas de impacto y vibración.

### 4.2 Ambiente

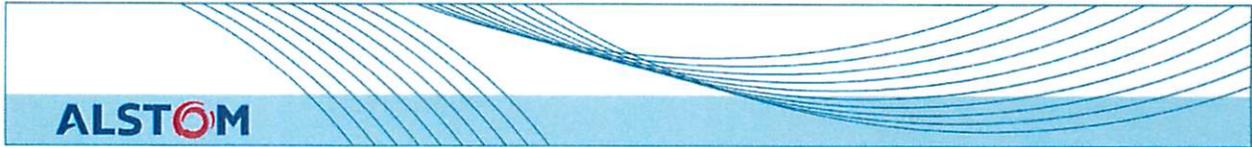
#### 4.2.1 Condiciones climáticas

Altura por encima del nivel del mar: .....Conforme Norma EN 50125 clase A1  
 Temperatura exterior:.....-25 °C a +50 °C  
 Temperatura del aire adentro de compartimentos herméticos:.....-25 °C a +70 °C  
 Temperatura de almacenamiento: .....-40 °C a +85 °C  
 Humedad relativa:.....100% de humedad hasta 33 °C (EN 50125 clase Tx), disminuye hasta 35%  
 ..... a +50 °C  
 Atmósfera:..... Lluvia (precipitación anual promedio: 1000 mm), arena, niebla, nieve, hielo,  
 ..... escarcha  
 Potencia de radiación solar:.....hasta 800 W/m<sup>2</sup> (incidencia normal),  
 observación: considerar un ángulo de 30 °C desde el horizonte, siguiendo zona 1 de pr 14750-1 estándar

#### 4.2.2 Condiciones ambientales

- Aspersión: de bruma / agua salada en las costas, ácidos y detergentes diluidos en aguas de lavado de plantas con mangueras de presión y cepillos
- Ambiente de aire marítimo, bruma salada
- Ambiente atmosférico urbano, gases de escape de vehículos motorizados
- Ambiente atmosférico industrial, contaminantes industriales del aire, lluvia ácida
- Basura, como la que proviene de los escombros por contacto del pantógrafo, escombros de línea elevada, basura predominante en túneles, partículas naturales, cenizas causadas por quemar combustible, sal y materiales orgánicos.





### 4.3 Suministro de energía

#### 4.3.1 Tensión elevada

De acuerdo con la norma EN 50163:

1500V	Tensión nominal
2000V	Tensión no permanente más elevada
1800V	Tensión permanente más elevada
1000V	Tensión permanente más baja

#### 4.3.2 Tensión intermedia

Una red no redundante de 400V AC 50Hz para motores de ventiladores (la selección de 400 V procedentes de distintos convertidores auxiliares se debe efectuar a nivel del tren).

#### 4.3.3 Baja tensión

De acuerdo con la norma EN-50155:

- 110 V cc (rango de 77V a 137.5V) para el sistema de control.

A handwritten signature in blue ink, possibly reading 'S. A.', is located on the right side of the page.

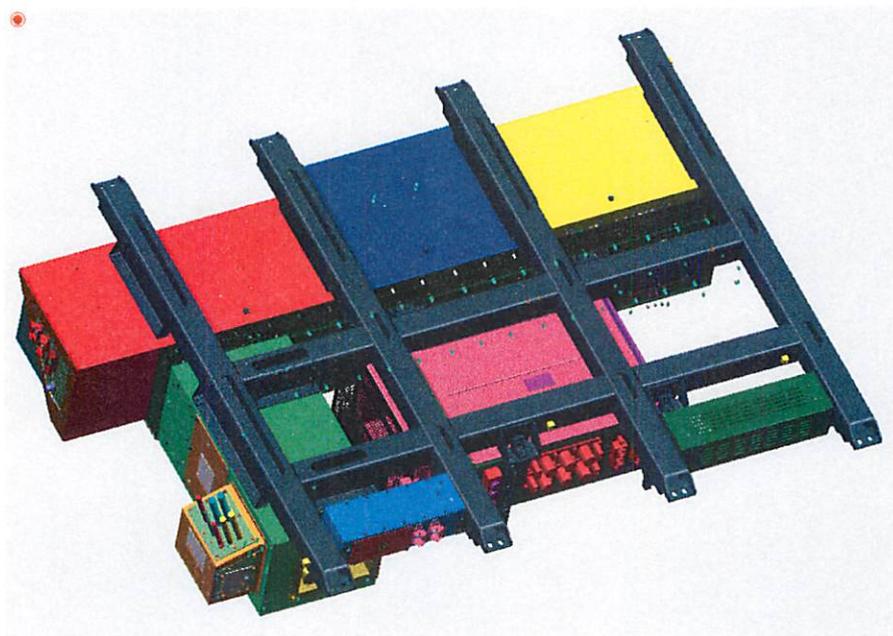
A handwritten mark in red ink, possibly a signature or initials, is located on the right side of the page.

## 4.4 Interface

### 4.4.1 Interface mecánica

#### 4.4.1.1 Convertidor de tracción

Observación: la ubicación de los elementos separados puede diferir en función de la configuración del tren.



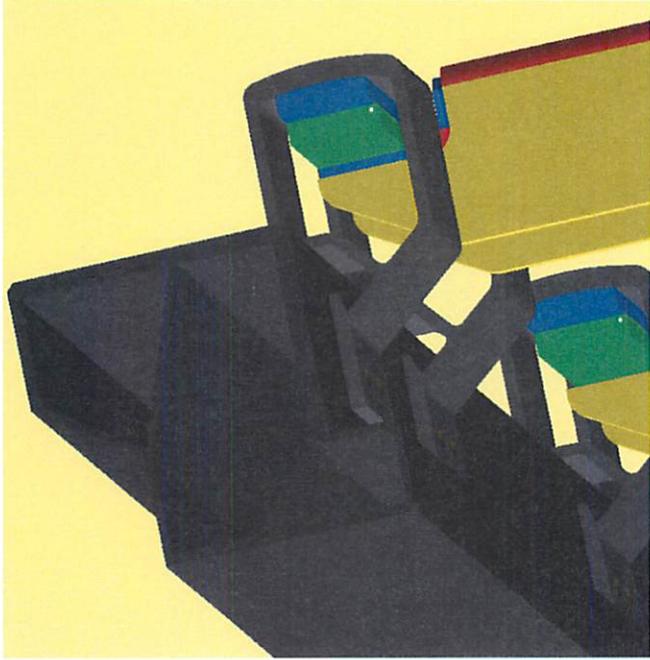
- Peso y dimensiones:

Tipo	Longitud*	Ancho*	Altura*	Peso (kg)
Onix 152 car	3000	1900	600	1525

(\*) dimensión en mm

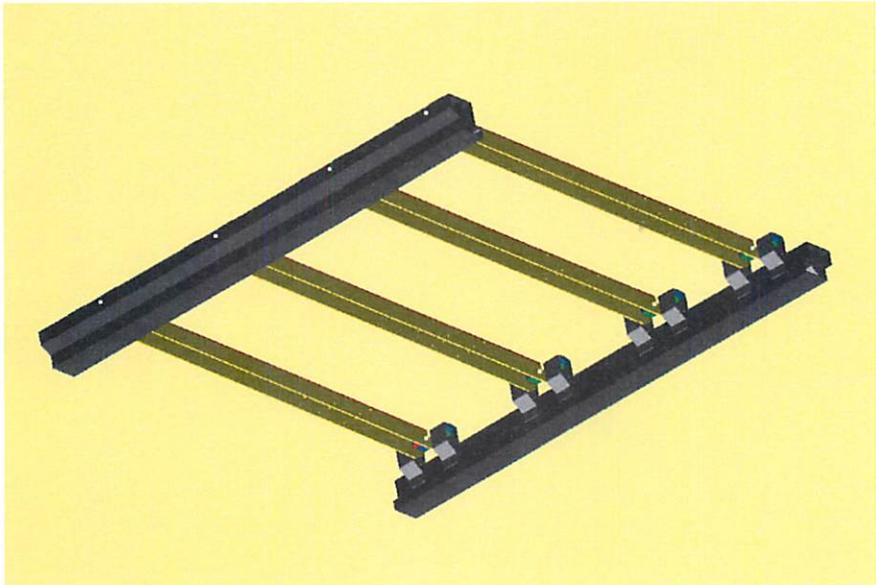
Las vistas de los componentes mecánicos se muestran en las siguientes figuras.

Figura 2 Bastidor inferior del vehículo-fijación



Handwritten red scribble and blue signature.

Figura 1 Bastidor principal



Handwritten red vertical line.



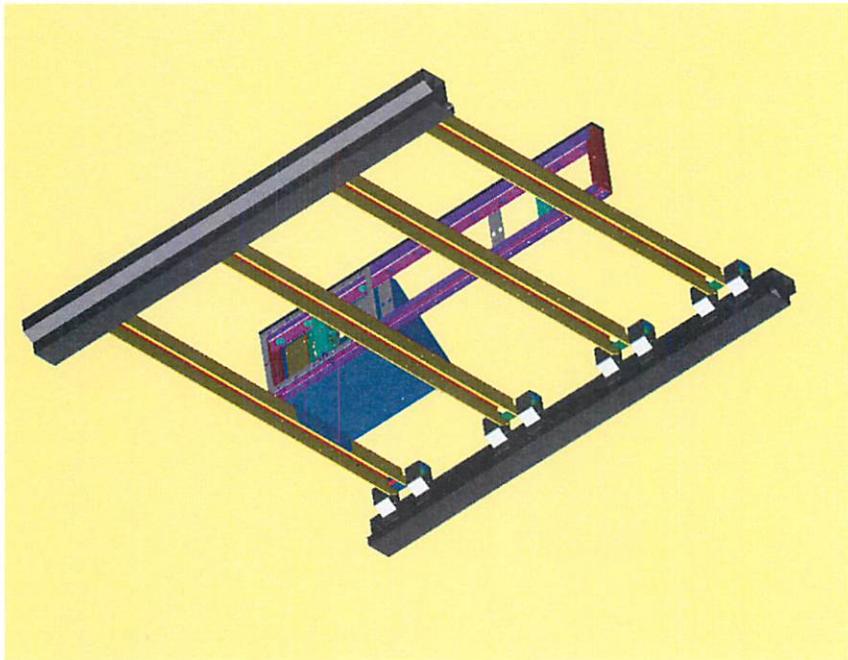


Figura 3 Conducto central

Handwritten signature in blue ink.

Handwritten mark in red ink.

#### 4.4.2 Interface eléctrica

##### 4.4.2.1 Tensión elevada

- + 1500 V CC de entrada del pantógrafo
- Corriente de retorno principal
- + 1500 V CC de salida hacia el inversor auxiliar
- Corriente de retorno del inversor auxiliar
- Conexión a tierra
- Motores
- Resistencia de frenado

La figura siguiente muestra la tensión CC de entrada del Pantógrafo.



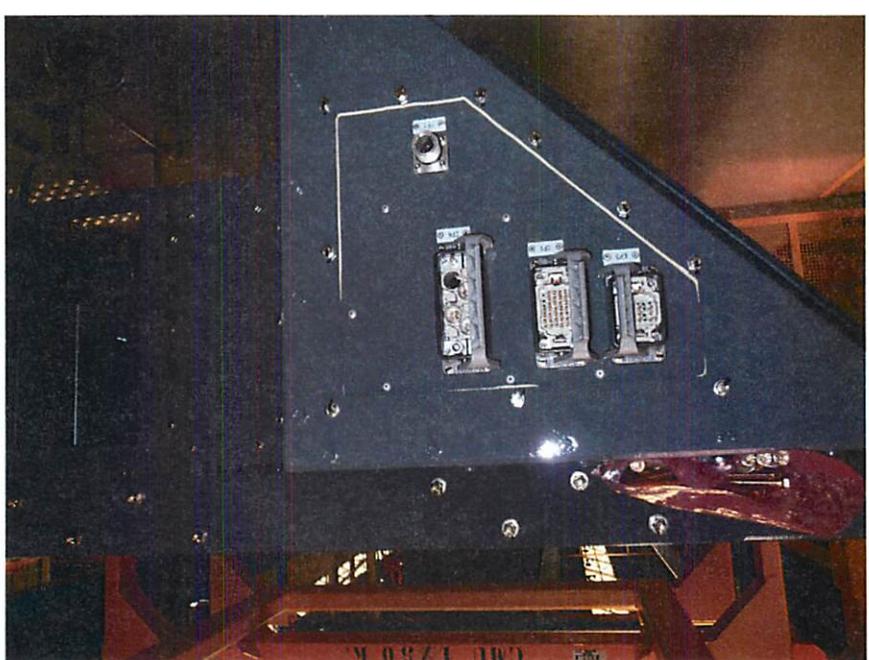
Handwritten signature in blue ink.

Handwritten mark in red ink.



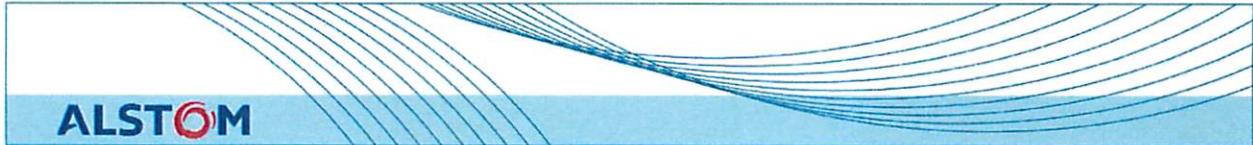
4.4.2.2 Baja tensión

Las conexiones eléctricas de baja tensión al convertidor de tracción se logran mediante cuatro conectores montados en un costado de la caja de supervisión (ver la siguiente figura).



AS

Handwritten red mark



## 4.5 Pruebas

El transmisor de tracción está fabricado con componentes estándares probados en servicio existente que ya han sido sometidos a pruebas tipo en conformidad con las normas relevantes (ver § 6 para más detalles). Los reportes de las pruebas estarán disponibles sobre petición. No se prevé repetir estas pruebas.

Como mínimo, todos los componentes (del nivel del LRU hacia arriba) serán sometidos a pruebas de producción de acuerdo con sus Especificaciones de Pruebas de Producción relevantes.

Cada artículo principal es sometido a pruebas de rutina de acuerdo con su especificación relevante, en el sitio de fabricación.

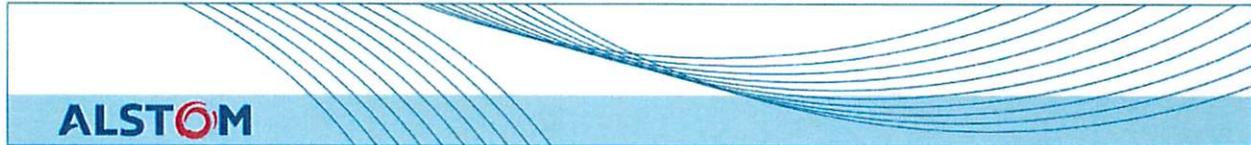
### 4.5.1 Pruebas combinadas

Las pruebas combinadas son las pruebas tipo del transmisor de tracción. Estas pruebas combinadas ya han sido llevadas a cabo en conformidad con las normas IEC. El reporte de estas pruebas estará disponible sobre petición. No se prevé repetir las pruebas combinadas.

La configuración de las pruebas combinadas se compone del interruptor de puesta a tierra, del HSCB, del filtro de entrada, del inversor de tracción, de la resistencia de frenado y de los motores de tracción. La interface de la red es simulada por una computadora conectada a electrónica de control de propulsión, cuando es relevante. El TCMS y la caja de engranajes no fueron instalados.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'S/O' with a checkmark.

A red handwritten mark, possibly a signature or initials, located at the bottom right of the page.



#### 4.5.2 Pruebas tipo del convertidor de tracción

Las pruebas tipo ya se llevaron a cabo en conformidad con las normas IEC 61287 y EN 50207. El reporte de las pruebas estará disponible sobre petición. No se prevé repetir las pruebas tipo.

Descripción del equipo	Definición de las pruebas	Especificación asociada	Documento de salida
Convertidor de tracción	<u>Verificación de las dimensiones y tolerancias</u>		
Convertidor de tracción	<u>Medición del peso</u>		
Convertidor de tracción	<u>Verificación de la estanqueidad al agua</u>		
Convertidor de tracción	<u>Requerimientos de seguridad</u>		
Convertidor de tracción	<u>Prueba de calentamiento</u>		
Convertidor de tracción	<u>Pruebas de compatibilidad electromagnética</u>	Realizadas en las pruebas combinadas	
Convertidor de tracción	<u>Pruebas de impacto y vibración</u>		

#### 4.5.3 Pruebas de rutina del convertidor de tracción

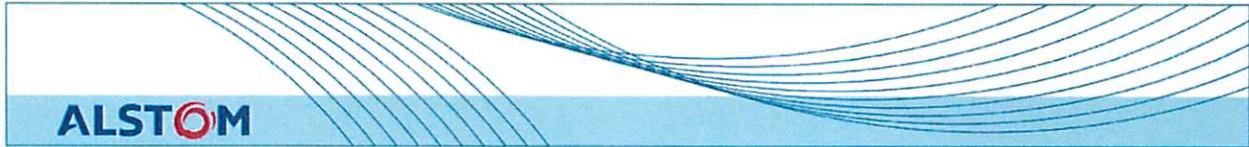
En conformidad con la norma IEC 61287-1.

### 4.6 Compatibilidad electro-magnética

Esta sección define las principales reglas de EMC en materia de diseño e instalación que se aplican al convertidor de tracción con el fin de lograr los resultados de EMC requeridos y, en forma más general, para evitar cualquier problema de tipo EMI.

Las principales reglas para evitar problemas de EMC son:

- Segregar circuitos
- Minimizar bucles de corriente
- Minimizar la impedancia de las conexiones a tierra
- Minimizar la impedancia entre la tierra y la referencia de tensión electrónica
- Utilizar cables blindados para las señales sensibles



- Agregar filtros

#### 4.7 Tecnología del convertidor de tracción

El transmisor de tracción 1x2-U-SMD está diseñado para ser montado en el bastidor inferior del carro.

El convertidor de tracción consiste en un conjunto de cajas estándares montadas en un bastidor y conectadas mediante un ensamble de conducto de conexiones. El equipo está agrupado por función en las cajas, por ejemplo: HSCB (ver la Figura 8), caja de resistencia, electrónica de supervisión (ver la Figura 6), aislamiento, e interruptor de puesta a tierra (ver la Figura 7), etc. El módulo de potencia también está montado directamente en el bastidor (ver la Figura 10).

Los componentes están montados en sub-paneles que a su vez están ensamblados en las cajas. Cada caja modular es un ensamble fabricado que utiliza sujetadores adhesivos y mecánicos y que está hecho de acero galvanizado. Sólo está pintado por fuera. Todos los materiales y sujetadores son métricos. Las cajas están selladas por cubiertas atornilladas. No se prevén cerraduras específicas.

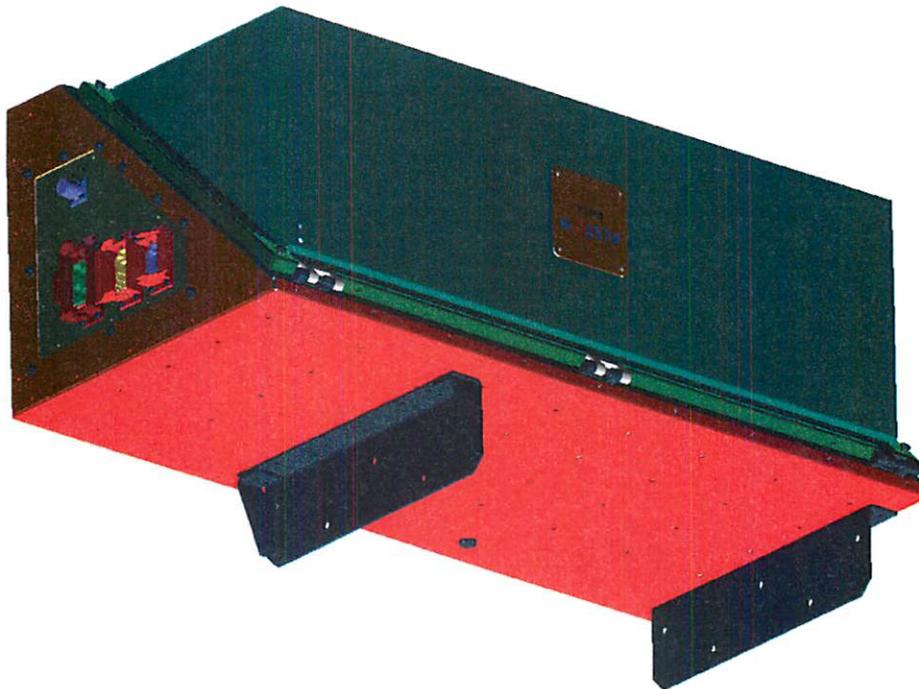
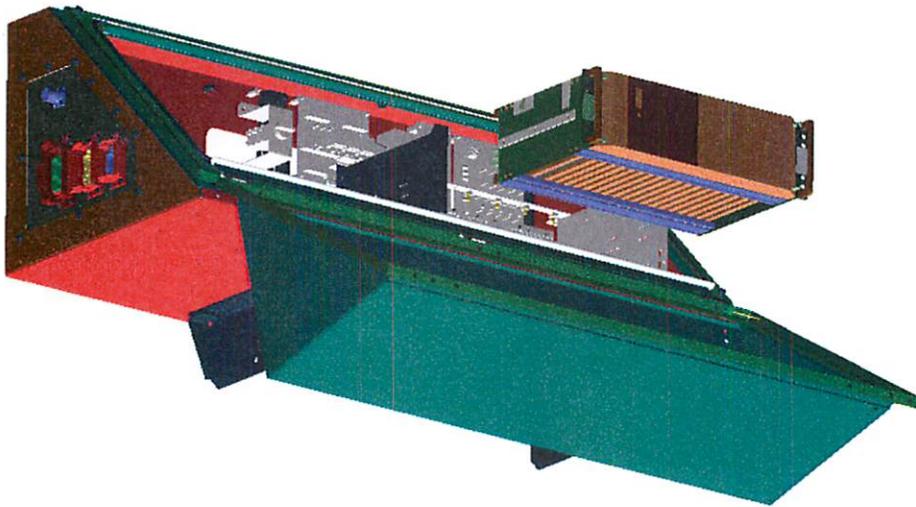
El módulo de potencia está hecho de acero inoxidable.

El acceso a los componentes adentro de las cajas es a través de medias cubiertas metálicas amovibles; el disipador térmico y el ventilador de enfriamiento del módulo de potencia tienen índice IP20, al igual que el inductor de línea y la resistencia de frenado.

La entrada del cable de potencia, hecha usando el sistema MCT BRATTBERG™ de AFIMES se ubica en la caja de conexiones. Los cables de potencia están atornillados en la caja de conexiones. La conexión de la energía sobre el módulo de potencia se logra mediante conectores de enchufes macho y hembra tanto para las salidas trifásicas como para las conexiones CC.

Las señales de control y electrónicas se realizan mediante conectores circulares de vías múltiples.

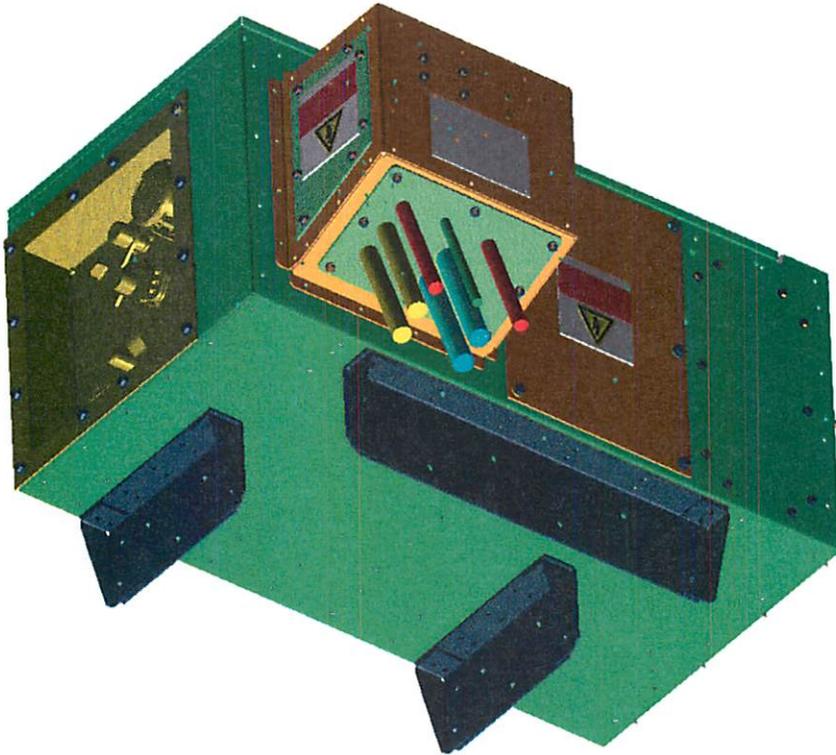
Figura 6 Caja de Supervisión



*[Handwritten red mark]*

*[Handwritten blue signature]*

Figura 7 IES



*[Handwritten red vertical line]*

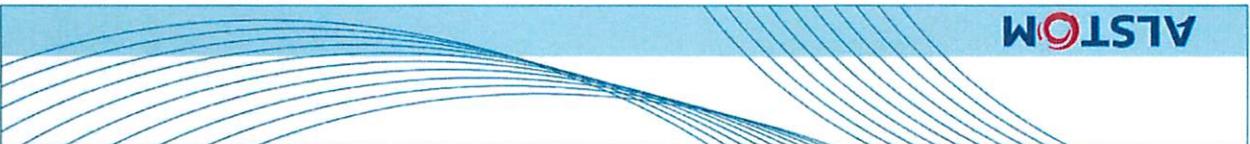


Figure 9 Inductor de Línea

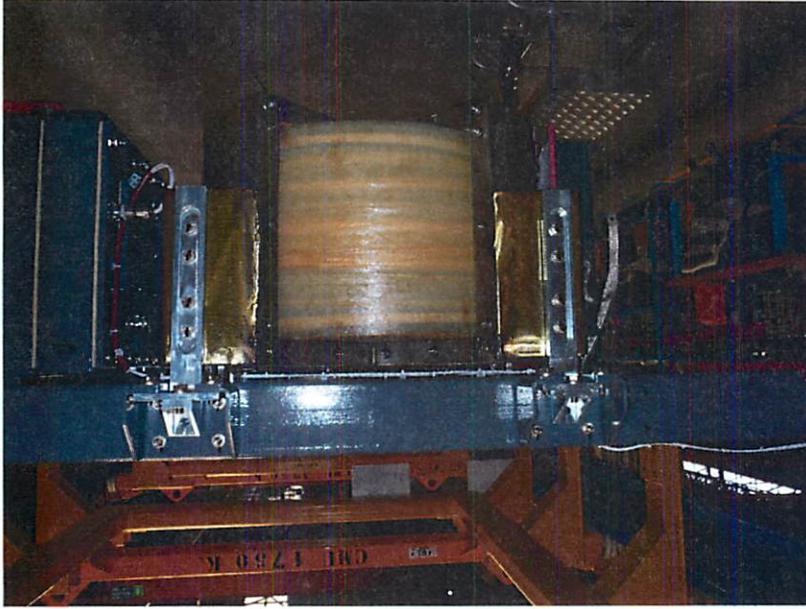
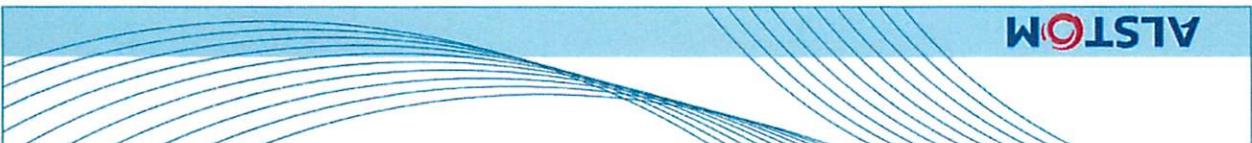
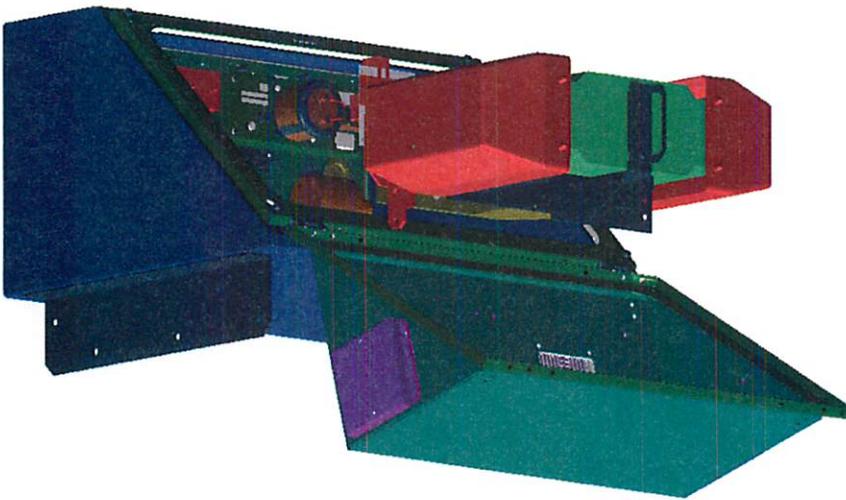
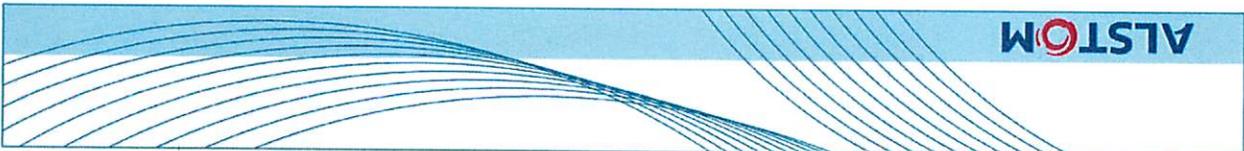
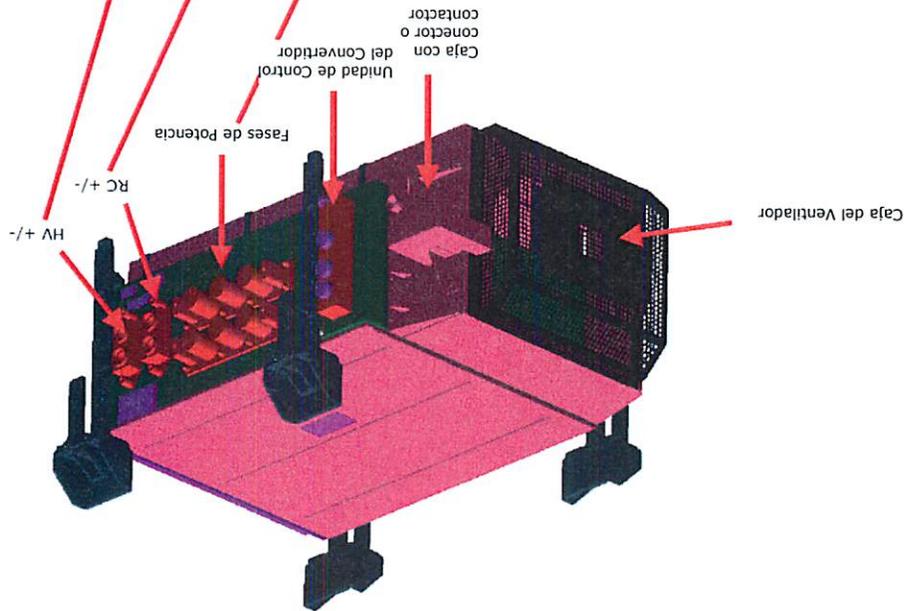
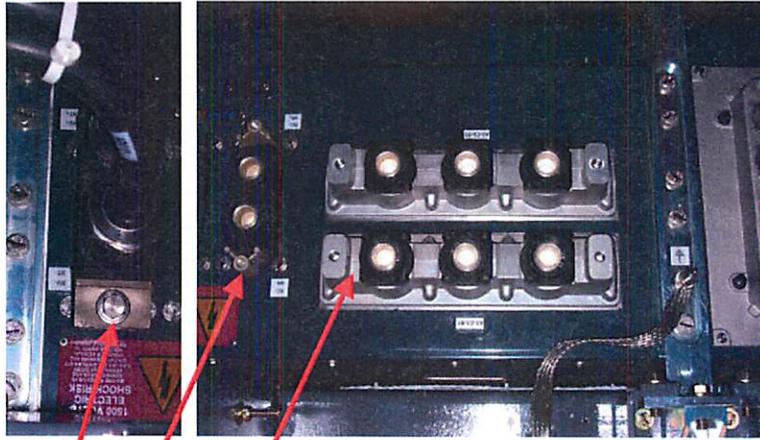


Figure 8 HSCB Módulo



Handwritten red and blue marks, including a large red scribble and a blue signature.

Figure 10 Módulo de potencia



## 5 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

En esta sección, se presenta una descripción simplificada del suministro de energía de la catenaria.

### 5.1 Distribución de la energía

La distribución de la energía es efectuada por el sistema del inversor de Tensión Variable y Frecuencia Variable. Está montado sobre el bastidor inferior de cada carro motriz.

Este sistema contiene los siguientes componentes principales:

- Selección de la alimentación (pantógrafo, taller)
- Puesta a tierra y descarga de condensador
- Pre-carga
- Inversores VVVF alimentado cuatro motores de tracción conectados en paralela
- 2 motores de tracción trifásicos montados en los bogies
- Protección contra la sobre-tensión
- Aislamiento del subsistema de tracción (apertura del HSCB en caso de falla)
- Distribución de la energía al convertidor auxiliar (no para el carro M)
- Protección diferencial
- Circuitos EMC.

El Interruptor de Aislamiento y Puesta a Tierra permiten la selección de la alimentación en tensión elevada (1500 V) desde los pantógrafos o desde el Enchufe de Alimentación del Taller en el carro motriz.

La salida de este interruptor es entonces alimentada al fusible del sistema del Convertidor Auxiliar y al disyuntor de propulsión principal (HSCB).

El HSCB es un Disyuntor de Alta Velocidad y brinda una protección contra la sobre-intensidad para el sistema de propulsión.

El HSCB está conectado al circuito de carga. Este circuito de carga está conectado en paralela con el contactor aislante para limitar la corriente de irrupción en el sistema del convertidor.

Un filtro de entrada L-C es suministrado para proteger el inversor de propulsión contra la sobre-tensión y para contar con una alimentación CC estable. Además, el filtro detiene las frecuencias de conmutación indeseadas enviadas de regreso en la alimentación.

La protección contra la sobre-tensión es proporcionada por la Resistencia de Frenado. Cuando se detecta una tensión excesiva en el condensador del filtro, se enciende la Resistencia de Frenado.

Nota: los condensadores de filtro están montados en la Unidad del Convertidor ONIX mientras que el inductor está montado afuera.

## 5.2 Control del par de torsión

El módulo de potencia (Figura 11) proporciona una alimentación de tensión variable y frecuencia variable (VVF) para la tracción. El inversor consiste en 6 interruptores de alimentación (A1, A2, B1, B2, C1 y C2) que usan Transistores Bipolares con Puerta Aislada (IGBT).

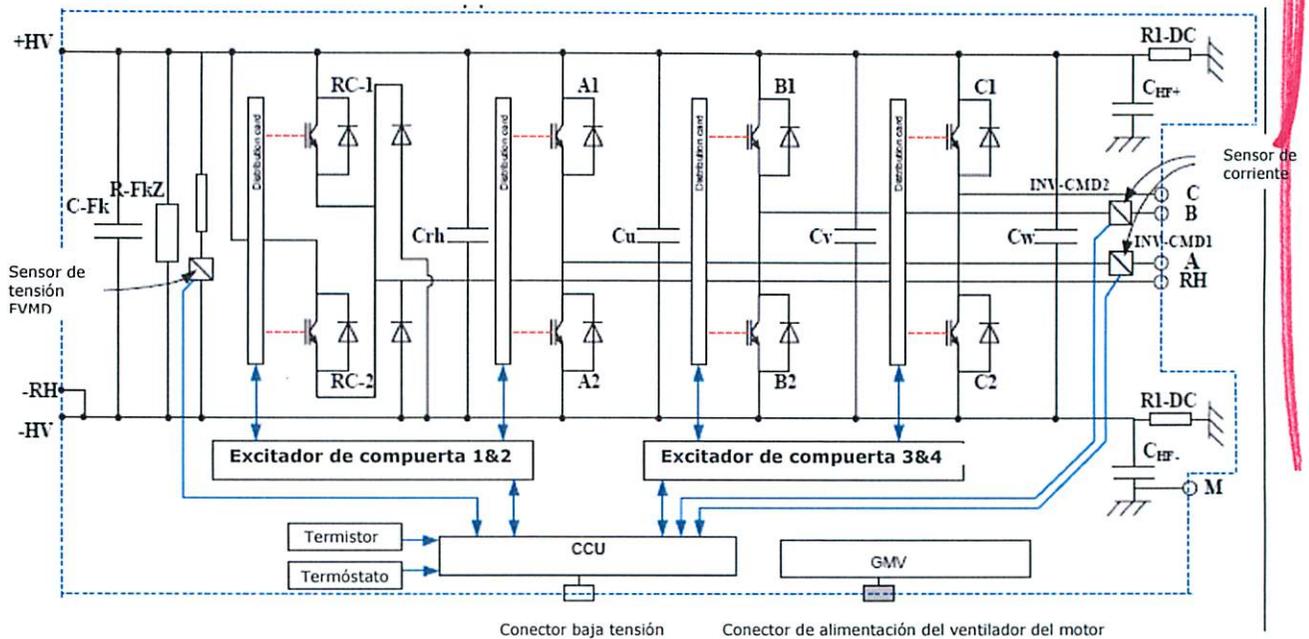


Figura 11 Módulo de potencia

La salida del inversor es monitoreada por dos dispositivos de monitoreo de corriente (INV-CDM1 y 2). Adicionalmente, se mide la tensión del enlace CC (FVMD) y todos los CMDs y VMDs son de tipo activo y aíslan galvánicamente la electrónica de control del circuito de potencia.

Al conmutar los IGBTs, se aplica +AT o 0V a las terminales del motor conectado en estrella (ver la Figura 11), con el fin de obtener una forma de onda alterna. Siempre se mantiene un retraso entre la conmutación de dos IGBTs que pertenecen a la misma fase, para evitar un corto-circuito del condensador del filtro de entrada. Cuando se apaga el IGBT, el diodo interno de rueda libre permite mantener el flujo de la corriente.

Se utiliza la Modulación de Impulsos en Duración (PWM) para controlar el inversor. La PWM permite modificar la amplitud y la frecuencia de la tensión fundamental aplicada a los motores.

El módulo inversor de propulsión incluye también dispositivos IGBT que forman los elementos RC-1 y RC-2, que son controlados para actuar como un chopper CC para dirigir la corriente, generada por los motores durante las tensiones transitorias, en frenos o motores, hacia la resistencia RH. El chopper recibe una modulación de impulsos en duración y funciona con una frecuencia constante, seleccionada para evitar la interferencia con los circuitos de vía, y es encendido cuando la tensión de línea rebasa 900 V CC.

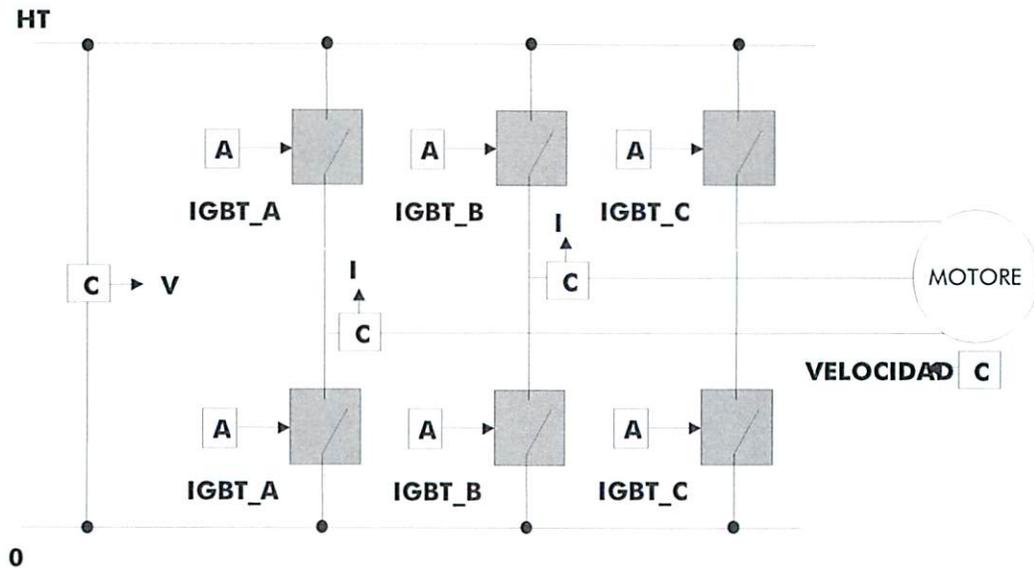
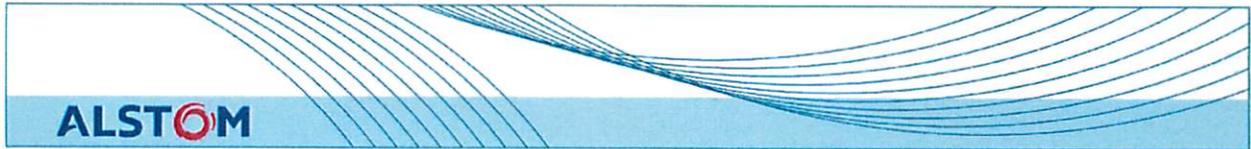


Figura 12 Alimentación del motor

ALSTOM utiliza una estrategia de control vectorial (ver la Figura 13), con características patentadas especiales, diseñada para reducir los tiempos de respuesta, optimizar la precisión de la regulación del par de torsión y mejorar el funcionamiento a baja velocidad.

El control vectorial brinda un flujo y una respuesta de par de torsión muy rápidos ( $< 1$  segundo para un motor sin flujo) con control óptimo de la corriente en el motor. Al ajustar la tensión de salida del inversor de acuerdo con la fuerza electromotriz del motor, el control vectorial permite que se restablezca el esfuerzo después de una corta interrupción del inversor, sin tener que esperar que el flujo en el motor regrese a cero.

El control del par de torsión con un flujo establecido es llevado a cabo por un regulador con una banda de paso ancha, independientemente de la velocidad de rotación del motor. El regulador del par de torsión incluye un bucle de regulación de corriente, reduciendo así las posibilidades de sobre-intensidad que pueden ocurrir con técnicas de control convencionales cuando se presentan variaciones rápidas de la tensión de alimentación.

El control vectorial de ALSTOM se basa en mediciones externas al motor. No requiere mediciones adentro del motor, o sea:

- ninguna medición de la temperatura del estator o rotor del motor
- ninguna medición adentro del motor.

Las mediciones de corriente utilizadas para el control y el monitoreo se efectúan en la salida del inversor.

La estrategia para los motores conectados en paralela se basa en:

- una medición de corriente común en la salida del inversor en vez de mediciones individuales del motor
- medición de velocidad para cada motor
- esfuerzo de regulación total que es independiente de la variación del diámetro de la rueda, dentro de tolerancias especificadas
- parámetros de operación del diseño del motor

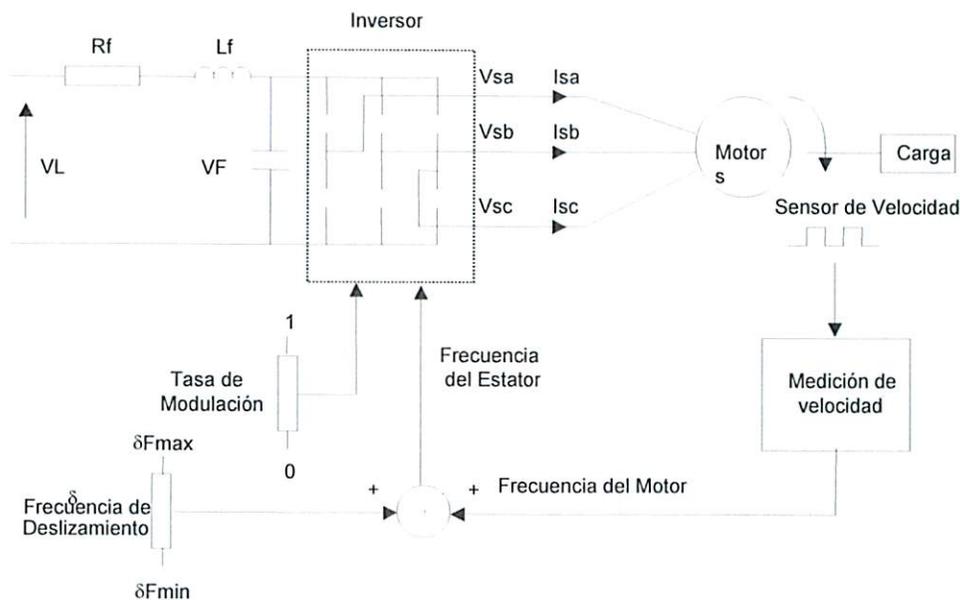
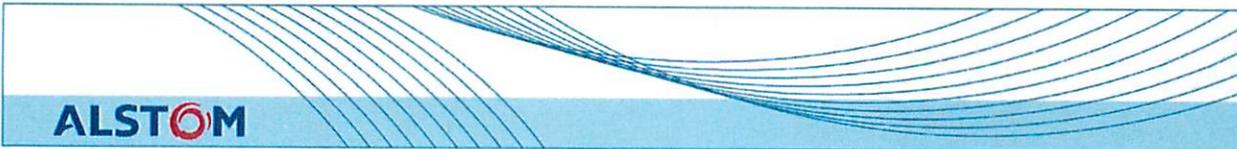


Figura 13 Diagrama de Control Vectorial

La demanda del esfuerzo de tracción es procesada por el supervisor. Se efectúa una corrección de acuerdo con el peso del vehículo (recibida por el MVB) para controlar la aceleración. Las variaciones de la demanda del esfuerzo de tracción son limitadas por el supervisor a fin de limitar el jerk; esta funcionalidad asegura una operación regular del vehículo.

El supervisor incluye una función de detección de deslizamiento / patinamiento, lo cual se logra midiendo la aceleración de la rueda y/o la diferencia entre la velocidad de cada rueda y un velocidad de referencia para el vehículo.

En caso que se patine la rueda, se reduce el esfuerzo de tracción. Después, el esfuerzo regresa a su nivel en dos etapas. La primera etapa se desarrolla a un régimen rápido de aproximadamente un 70% de la demanda del esfuerzo de tracción (conocido como punto de rodilla) que estaba presente al inicio de la condición de patinamiento. La segunda etapa se lleva a cabo a un régimen mucho más bajo para regresar al nivel de la demanda inicial. Si un segundo patinamiento de rueda ocurre durante la re-aplicación del esfuerzo, se vuelve a reducir el esfuerzo pero, en la siguiente re-aplicación del esfuerzo, el punto en el que el régimen de descenso (punto de rodilla) cambia es mucho más bajo. De esta manera, el sistema modula la demanda de esfuerzo para darle el mejor uso a la adherencia disponible.

El procedimiento anterior se utiliza también si las condiciones de patinamiento de rueda vuelven a aparecer durante el frenado.



### 5.3 Frenado eléctrico

Hay dos tipos de frenado eléctrico:

- Frenado regenerativo: la energía del frenado regresa a la línea
- Frenado reostático: la resistencia de frenado disipa la energía del frenado por medio del chopper de frenado.

Este chopper de frenado funciona con un IGBT idéntico a los del inversor. Un diodo es conectado en paralela con la resistencia de frenado para producir un paso de rueda libre para cualquier corriente inductiva en la resistencia de frenado.

Los frenados eléctrico y mecánico son mandados de acuerdo con las siguientes prioridades:

- Frenado regenerativo
- Frenado reostático
- Frenado mecánico.

### 5.4 Protección contra la sobre-tensión

Esta protección se logra mediante el chopper de la resistencia de frenado.

Este chopper funciona con un IGBT idéntico a los del inversor (ver las Figuras 10 RC-1 y RC-2).

Los diodos están conectados en paralela con las resistencias de frenado (RH) para producir un paso de rueda libre para cualquier corriente inductiva en las resistencias.

En caso de sobre-tensión, la CCU limita la tensión de enlace CC modificando el intervalo de trabajo del chopper reostático. La referencia para la regulación de la tensión de enlace CC es definida por el supervisor:

- En función del modo de operación (tracción, frenado, marcha por inercia)
- Con el fin de impedir una corriente de línea positiva durante el frenado (para evitar disipar energía desde la línea hasta dentro de la resistencia de frenado)
- Para no rebasar la corriente de línea máxima
- Con el fin de reducir progresivamente el frenado regenerativo cuando la tensión de línea aumenta.



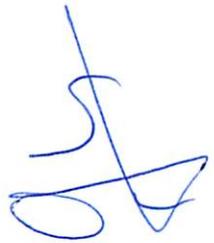

## 5.5 Enfriamiento

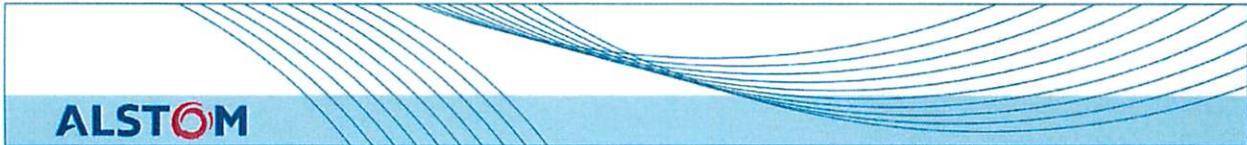
Se utilizan los siguientes métodos de enfriamiento para el transmisor de tracción:

- Módulo de potencia: enfriamiento forzado por el ventilador del motor
- resistencia de frenado: enfriamiento forzado
- Inductor: enfriamiento natural
- Motor: auto-ventilado (es decir ventilador montado en el eje del motor)

Los ventiladores del motor del módulo de potencia son controlados por el supervisor. Ambos se encienden únicamente para velocidades superiores a 5 km/h, con el fin de evitar los ruidos acústicos en estaciones. En condiciones anormales, también se pueden encender para reducir la temperatura.

Cada ventilador del motor está protegido por su propio disyuntor magneto-térmico.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines.A handwritten mark in red ink, resembling a stylized signature or a checkmark.



## 5.6 Funciones de mantenimiento

El supervisor proporciona las siguientes funciones de mantenimiento:

**Auto-prueba automática del supervisor:** Utiliza circuitos internos para enviar señales y realizar mediciones con el fin de verificar las funciones de interface tan completamente como sea posible. Si se detecta una falla, se almacena el código de la falla, el cual se puede usar para identificar el área en donde ocurrió la falla.

**Prueba de potencia reducida:** Los circuitos electrónicos de alta potencia (contactores inversores, etc.) se checan a través de secuencias de operación específicas bajo potencia limitada. Esta prueba identificará generalmente la unidad amovible en la cual ocurrió la falla (contactor de línea, transductores, inductor de línea, modulo de potencia, etc.).

**Prueba de los tableros de entrada / salida:** Se usa para probar las funciones de relé. La prueba estará completa según los datos electrónicos (salidas y especialmente entradas) que la limitan.

**Grabador de Eventos:** Se utiliza para visualizar cualquier falla almacenada y las circunstancias bajo las cuales ocurrió (contexto). Los eventos son almacenados en una tarjeta de memoria Flash Compacta.

**Grabador de Datos:** Esta herramienta embarcada cuenta con las siguientes características:

- Grabación de datos de evolución de valores de símbolos en películas embarcadas
- Configuración dinámica (lista de símbolos, temporización de grabación, condiciones de alto, etc.)

Al conectar una PC, equipada con el software de mantenimiento "E-TREN", sobre el enlace Ethernet del supervisor, el usuario puede:

- Visualizar el estado y obtener la información almacenada por las herramientas de la lista anterior
- Repetir continuamente o una sola vez las operaciones de auto-prueba electrónicas (se usa para localizar fallas intermitentes)
- Forzar ciertas salidas bajo condiciones específicas
- Visualizar el valor de variables y parámetros internos

Una indicación visual permanente del estado del supervisor y de la CCU es proporcionada a través de indicadores de LED (encendido / apagado, estado del suministro de energía, fallas mayores).

El supervisor cuenta con seis LEDs amarillos configurables para indicar:

- Supervisor aislado / bloqueado
- HSCB cerrado
- Contactor de línea cerrado
- Falla de tableros de entrada / salida
- Auto-prueba automática fracasada
- Pruebas de potencia reducida fracasadas.

Un LED verde al frente del supervisor indica el estado del transmisor de tracción.

Este LED cuenta con 3 posibilidades de estados:

- ENCENDIDO fijo
- ENCENDIDO/APAGADO intermitente con intervalo de aproximadamente 1 segundo
- APAGADO fijo

El estado intermitente aparece cuando todo el transmisor de tracción opera normalmente. El estado APAGADO fijo aparece cuando el supervisor no opera normalmente. El estado ENCENDIDO aparece cuando el supervisor opera normalmente pero ha detectado un problema en el resto del transmisor de tracción.

## 6 DESCRIPCIÓN DETALLADA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

### 6.1 Pararrayos



Figura 14: Pararrayos

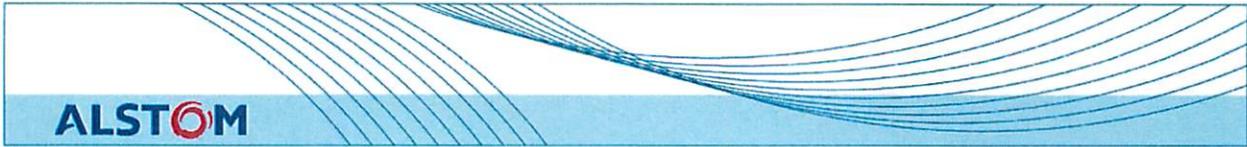
El pararrayos impide que el aislamiento del equipo eléctrico del vehículo sea destruido por una sobre-tensión procedente de la operación externa (por ejemplo, relámpagos, etc.) e interna del vehículo. Este dispositivo debe ser montado por el integrador lo más cerca posible del pantógrafo en el techo o cerca de la zapata para ser lo más eficiente posible en caso de relámpagos.

El valor de protección del pararrayos estará en armonía con la protección contra la sobre-tensión de la subestación de transformación, conforme a la norma IEC relevante. El Cliente suministrará los parámetros de protección de la subestación de transformación en una reunión de enlace de diseño.

El pararrayos es un producto estándar que ya está instalado en trenes de diferentes países. Su diseño ya ha sido probado en servicio.

La prueba del Pararrayos se realiza en conformidad con IEC 60099.

Las figuras siguientes muestran el esquema (indicativo) y las características del pararrayos.

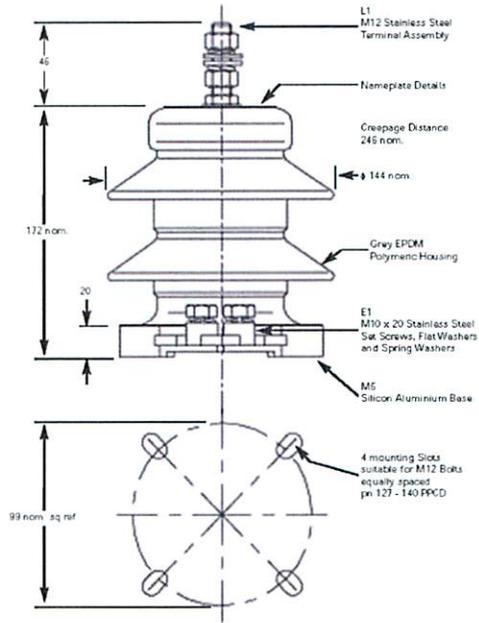


**Main Features**

The arrester has a 10kA nominal discharge current and 100kA duty cycle performance to EN 50123-5-2003. The patented void free construction of this arrester design results in a unit with strength which is impervious to the ingress of moisture.

The arrester has the following features:

- No internal airspace so no moisture ingress
- Vandal proof
- High cantilever and torsional strength
- Non-explosive failure mode
- Low weight and small size
- Resistant to transport damage and careless handling
- Easy to install



**Overall Height and Fixing Centres**

**Electrical Performance**

Classification (8/20 µs nominal discharge current)	-10.000 Amps
Voltage Rating	-1kV to 4.9kV DC
High Current Operation Duty	-100kA 4/10µs
High Current Single Impulse Energy	- 2.3kJ/kV at Ur

Operating Duty Cycle - 2 shots hi-current followed by the voltage profile Ur (300s) then Uc (1800s) as per EN50123-5 2003 clause 4.7.5.4 and figure 4.1 to prove thermal stability.

**Protective Characteristics**

Arrester	Max kV DC	Switching Impulse		Lightning Impulse Residual Voltage							Steep impulse 10kA kV pK	Net Weight kg
		125A kV pK	500A kV pK	100A	200A	1.0kA	2.5kA	5.0kA	10kA	20kA		
HE60MC07	1.0	1.84	1.95	1.82	1.88	2.04	2.17	2.27	2.48	2.73	2.73	3.4
HE60MC10	1.4	2.76	2.91	2.73	2.85	3.06	3.25	3.39	3.71	4.08	4.08	3.4
HE60MC15	2.0	3.69	3.89	3.64	3.76	4.08	4.34	4.53	4.96	5.45	5.45	3.6
HE60MC18	2.1	4.24	4.46	4.18	4.32	4.68	4.98	5.20	5.69	6.26	6.25	3.6
HE60MC20	2.8	5.52	5.82	5.46	5.70	6.12	6.50	6.78	7.42	8.16	8.16	3.7
HE60MC30	4.0	7.38	7.79	7.28	7.51	8.17	8.68	9.06	9.92	10.9	10.9	3.6
HE60MC39	4.9	9.33	9.74	9.10	9.39	10.2	10.9	11.9	12.4	13.6	13.7	4.0

**Figure 15 Esquema y características generales del pararrayos**



## 6.2 IES

El Interruptor de Aislamiento y Puesta a Tierra (ver la figura 16) permite la selección del suministro de tensión elevada procedente del pantógrafo o del Enchufe de Suministro del Taller en el carro motriz. El interruptor también puede ser requerido para descargar condensadores de filtros de tensión elevada hacia un potencial de tierra para permitir el mantenimiento de rutina que se debe llevar a cabo en el depósito.

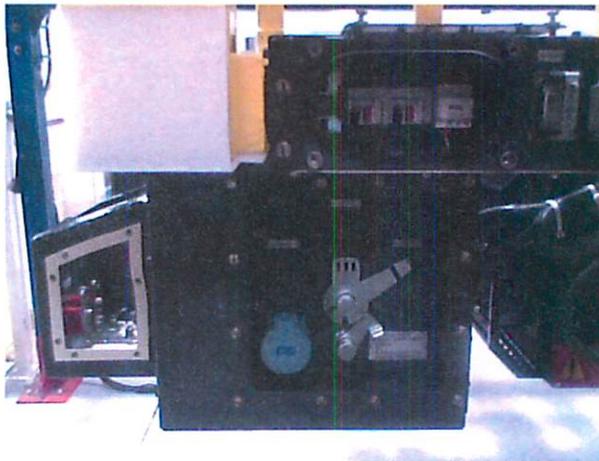


Figure 17: IES

### 6.2.1 Interface eléctrica

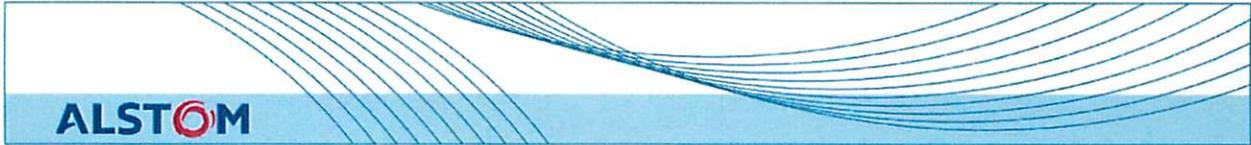
#### Tensión elevada

El IES es un interruptor de 3 posiciones: la posición del pantógrafo, la posición de la Zapata y la posición de Tierra. Contiene 4 polos:

- El Polo 1 se usa para alimentar el transmisor de tracción.
- El Polo 2 se usa para alimentar el convertidor auxiliar.
- El Polo 3 se usa para descargar los condensadores del convertidor auxiliar.
- El Polo 4 se usa para descargar los condensadores del Inversor.

Los polos no son capaces de interrumpir la corriente. Por lo tanto, el IES incluye un sistema de enclavamiento secundario que opera los contactos auxiliares un mínimo de 250 milisegundos antes de que cambie el estado del interruptor.

Dos contactos auxiliares adicionales son previstos para el sistema de enclavamiento secundario. Estos contactos son normalmente cerrados y abiertos solamente cuando se libera el enclavamiento, permitiendo que el interruptor cambie de posición.



### 6.3 HSCB

El HSCB (ver las Figuras 18a y 18b) es un Disyuntor de Alta Velocidad que provee una protección contra la sobre-intensidad para el sistema de propulsión.

El ARC1512 está equipado con 8 ALSTOM CABL (4 O/O – 4 C/O) contactos verificadores auxiliares y un dispositivo electromagnético. El dispositivo electromagnético y los contactos auxiliares están directamente enlazados con un conector Burndy (tipo SMS18R1) con un cableado conforme con la norma NFF 68808 (ISO)

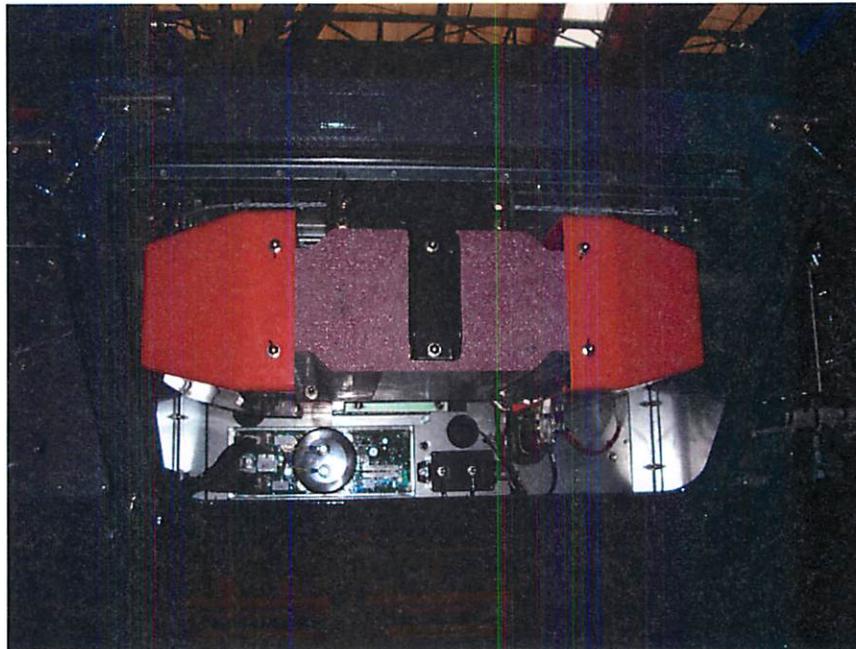
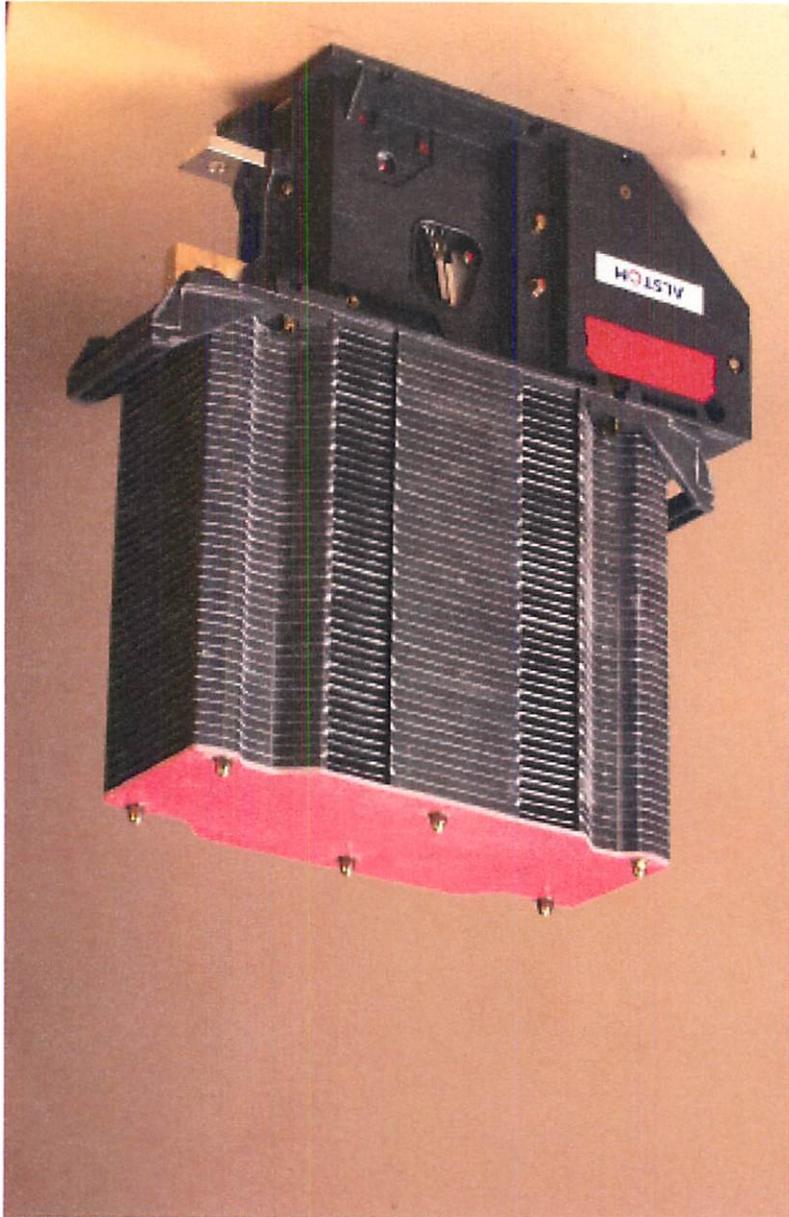


Figure 18a: Disyuntor de Alta Velocidad

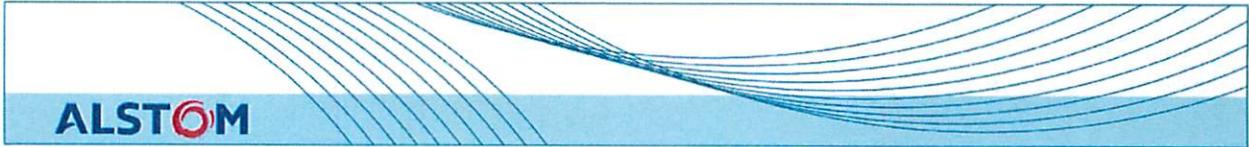
Figure 18b: Disyuntor de Alta Velocidad



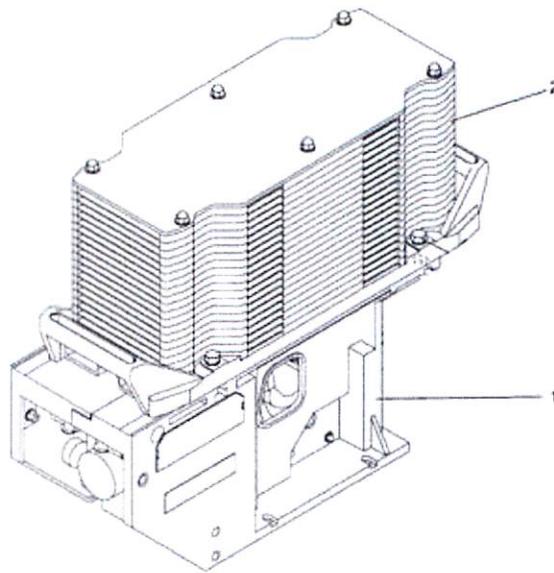
*[Handwritten signature]*

*[Handwritten red line]*



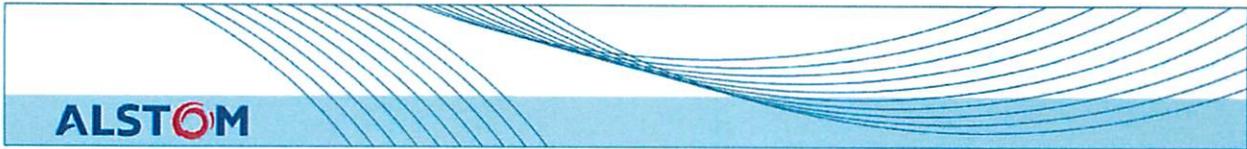


El disyuntor consiste en un ensamble de dos partes: – la caja (bastidor) (1), – la caída de arco (2) (ver la Figura 18c).



**Figure 18c: Disyuntor de Alta Velocidad – Vista isométrica**

Para un dispositivo disyuntor CC, se usa el arco en el aire para disipar la energía contenida en el circuito con relaciones limitadas al medio exterior. La extinción del arco sólo es posible si la tensión del arco aumenta a un nivel superior al de la tensión del circuito.



## 6.4 Inductor de Línea

Se muestra una imagen del inductor de línea en la figura 9 § 5.7

El Inductor de Línea será diseñado en conformidad con la norma IEC 60310.

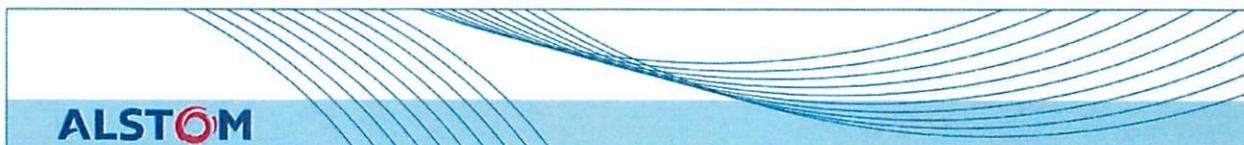
Un Inductor de Línea esta posicionado en el convertidor de tracción. El segundo esta posicionado en la Caja de Desconexión con el interruptor motorizado de desconexión.

### 6.4.1 Características del Inductor del Filtro en Línea

- Valor de la Inductancia = 2,5 mH
- Tensión nominal: CC 1500V
- Rango de variación de la tensión: DC 1000V ÷ 1800V

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a vertical stroke, located on the right side of the page.

A handwritten signature in red ink, consisting of a few bold, sweeping strokes, located at the bottom right of the page.



## 6.5 Módulo de potencia

El convertidor 152-U-SMD/car se compone de un modulo de potencia con inversor ONIX 152 HP.

El modulo constituye un inversor de 3 fases complete más una resistencia de frenado que opera con control PWM proporcionado por la Unidad de Control del Convertidor AGATE3X integrada. El módulo incorpora también el condensador de filtro de tracción principal, y los sensores de tensión y corriente necesarios para el control y la protección.

Los inversores de propulsión propuestos son de la gama ALSTOM ONIX y ofrecen las siguientes ventajas:

- Uso de semiconductores de potencia IGBT que permiten altas frecuencias de conmutación. Esto tiene el efecto de disminuir las corrientes armónicas mediante la reducción de los tiempos muertos del semiconductor, lo cual resulta en una forma de onda CA más regular que reduce las pérdidas del motor de tracción.
- alto nivel de integración del dispositivo, lo que permite una disminución significativa del volumen y del peso del equipo.
- se eliminan los circuitos de protección, lo que resulta en un incremento de la fiabilidad y de la eficiencia del equipo, una mejor mantenabilidad y costos más bajos.

El disipador de calor es forzado a enfriamiento por aire (por un ventilador CA trifásico integral) y puesto a tierra.

## 6.6 Unidad de control estrecho

La CCU (Unidad de Control Estrecho, ver Figuras 19a y 19b) se ubica en el módulo de potencia. La lista siguiente presenta un resumen de as funciones proporcionadas por la CCU:

- Generación de impulsos del IGBT
- Protecciones
- Control del par de torsión del motor
- Medición de la velocidad: entrada de indicador de velocidad desde cada motor
- Manejo de falla local: protege el módulo de potencia y registra los datos de la fala local

La CCU comunica con el supervisor por medio de la barra colectora CAN estándar de la industria.

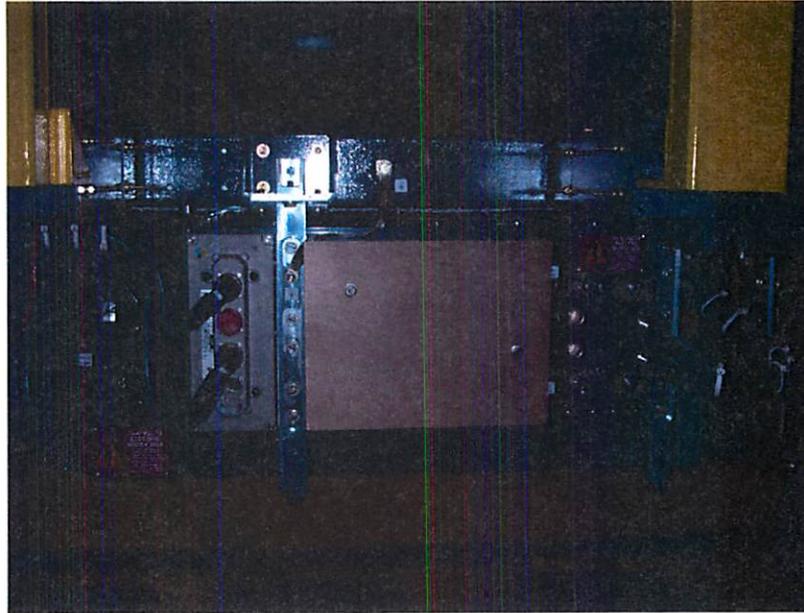
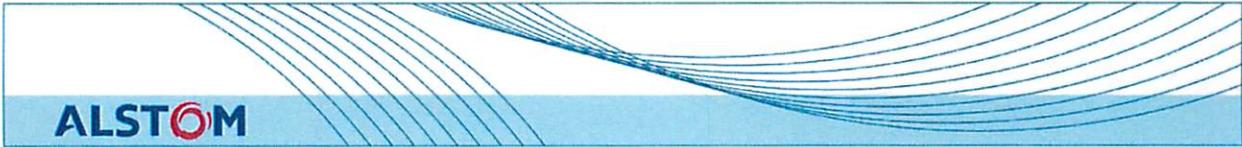


Figure 19a Posición del CCU en la caja de tracción (cerca del módulo de potencia)

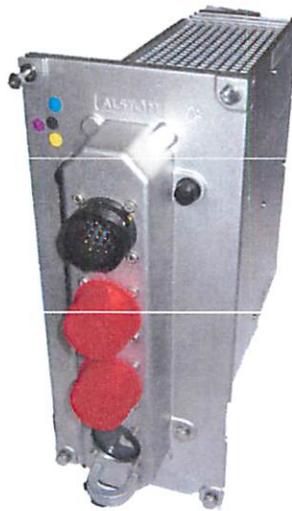


Figure 19b Vista delantera de la Unidad de Control Estrecho (CCU)

Handwritten signature in blue ink.

6.6.1 Datos mecánicos

Cada equipo CCU es suministrado bajo la forma de un modulo enchufable basado en la tecnología EASY-PLUG (formato de bastidor 6U4).

El soporte mecánico permite la sujeción y provee la interface con el cableado de baja tensión.

Handwritten signature in red ink.

La tecnología EASY-PLUG permite retirar rápidamente los equipos electrónicos de su soporte.

## 6.7 Supervisor

El supervisor AGATE está montado en su propio compartimento en la Consola Central ONIX.

Este es nuestro equipo electrónico estándar para el control, la regulación y la protección en vehículos ferroviarios. El equipo se basa en la extensa experiencia de ALSTOM Transport en materia de sistemas electrónicos. Funciona con la tecnología más avanzada desarrollada para aplicaciones ferroviarias.

La electrónica está altamente integrada con facilidades de mantenimiento embarcadas que sólo requieren un software especial que funcione en una PC para el acceso.

La lista siguiente presenta un resumen de las funciones proporcionadas por la unidad:

- Comunicaciones: enlace serial hacia PC portátil para diagnósticos
- Procesamiento de la demanda: recibe y procesa demandas a nivel del tren
- Control del órgano de conmutación: control de contactores / aisladores
- Control del Freno de Fricción: controla el freno de fricción (EMD +válvula de descarga) para la mezcla del freno (ya no aplica).
- Mantenimiento: indicación, grabación de todos los datos de eventos / fallas en el transmisor de tracción
- MVB
- CAN para el frenado

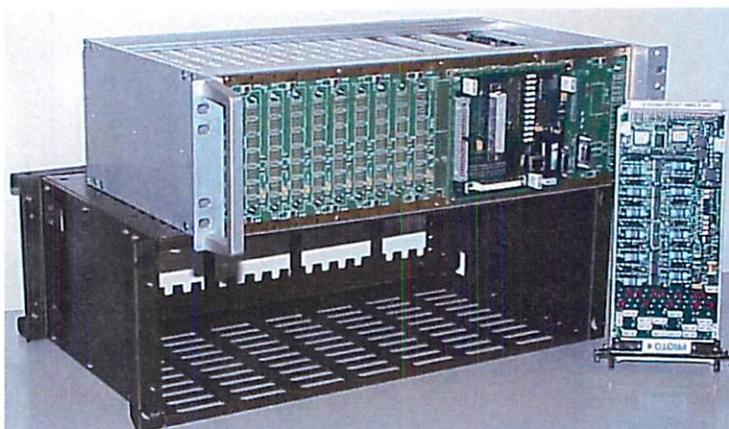
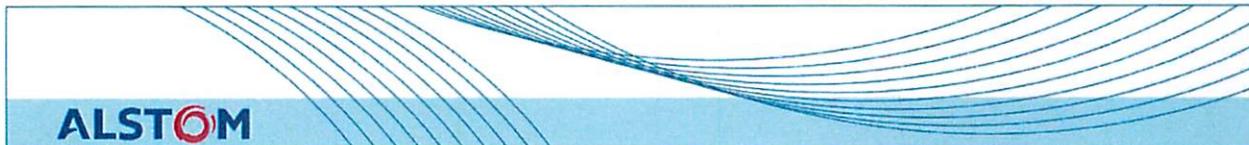


Figure 19: AGATE 3X



**6.7.1 Datos mecánicos**

El espacio disponible para la caja del supervisor debe tener las siguientes dimensiones:

Altura:	350mm
Profundidad:	320mm
Ancho:	500mm

El supervisor estará encerrado en un módulo (800mm x 550mm x 450mm). No habrá intercambio de aire entre el interior y el exterior del módulo, pero habrá circulación de aire producida por la unidad del ventilador incluida en el bastidor de montaje (4U).

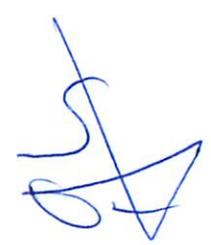
**6.8 Resistencia de frenado**

Esta resistencia se usa para lograr el frenado dinámico. Esta forzado al enfriamiento y montado en el bastidor inferior.

**6.8.1.1 Datos eléctricos y mecánicos**

Tensión

Nominal:	1500V
Mínima:	1000V
Máxima:	1800V



Los puntos de interconexión para el cableado de tensión elevada son fácilmente accesibles para el personal de mantenimiento cuando el cuadro de la resistencia está instalado en el bastidor inferior.

La resistencia está montada en el bastidor inferior.

Valor Óhmico	-	0.35 Ohm (caliente)
Montaje	-	Bastidor inferior
Enfriamiento	-	Forzado
Nivel de aislamiento-		De acuerdo con la norma relevante
Factor de trabajo	-	Función de tensión y potencia de enlace cc
Bloque silencioso	-	No



## 6.9 Motor de tracción

El motor de tracción 4 LCA 2132 (ver la Figura 20) es una máquina con jaula de ardillas, trifásica, asíncrona, de cuatro polos, totalmente encerrada y auto-ventilada.

Peso: 625 kg

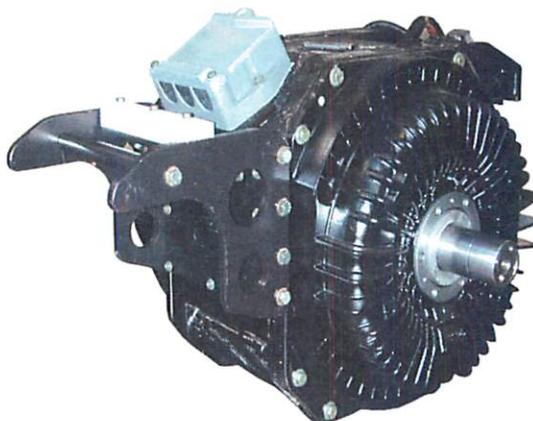


Figure 20

### 6.9.1 Datos eléctricos

Régimen térmico en esta condición:

Tensión por fase / tensión entre fases .....	675 V / 1169 V
Frecuencia .....	70,8 Hz
Potencia en e eje (Pu) .....	155 kW
Corriente de fase .....	96,8 A
Motor rpm .....	2100 rpm
Patinamiento .....	1,1 %
Factor de potencia (cos $\varphi$ ) .....	0,83
Eficiencia del motor .....	95,0 %

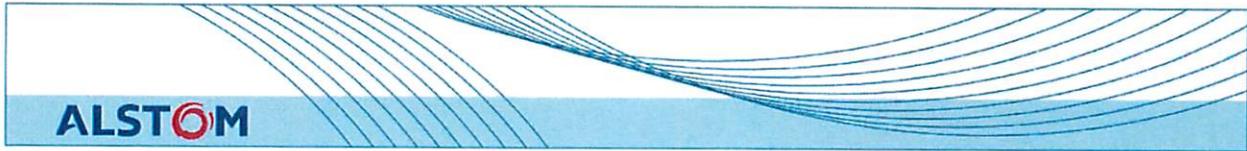
En estas condiciones, el incremento de temperatura por el devanado del estator será inferior a los límites del sistema de aislamiento de clase 200 (20 K), tomando en cuenta:

- Pérdidas armónicas
- Diámetros marginales de las ruedas

Características eléctricas del motor

Las características eléctricas del motor se presentan en la Figura 21, con las tolerancias definidas en la norma IEC 349-2.

Características eléctricas de frenado



Las características eléctricas de frenado se presentan en la Figura 22, con tolerancias definidas en la norma IEC 349-2.

### 6.9.2 Pruebas de rutina

Las pruebas de rutina se llevan a cabo en todas las máquinas (incluyendo la máquina que fue sometida a pruebas tipo) y requieren un suministro sinusoidal industrial de tensión variable de  $50 \pm 1$  Hz de frecuencia.

- Resistencias del devanado del estator inicialmente frío
- Pruebas de dirección de rotación y sin carga
- Indicador de velocidad
- Prueba de rotor bloqueado
- Prueba de velocidad máxima
- Medición de vibraciones
- Prueba dieléctrica

### 6.9.3 Pruebas tipo

Las pruebas tipo se deben llevar a cabo en uno de los primeros motores suministrados bajo este contrato, el cual también debe ser probado bajo las especificaciones de las pruebas de rutina. Las pruebas de resistencia, sin carga, de indicador de velocidad y de rotor bloqueado se deben realizar antes de las pruebas tipo. Las pruebas de velocidad máxima, las mediciones de vibraciones y las pruebas dieléctricas se deben efectuar después de haber terminado las pruebas tipo.

Las pruebas tipo requieren una alimentación sinusoidal de tensión frecuencia variables.

- Prueba de incremento de temperatura continuo garantizado
- Prueba de características de tracción operativa
- Prueba de exceso de velocidad
- Medición del nivel de ruido

A handwritten signature in blue ink, possibly reading 'S. J.', is located on the right side of the page.