

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



"IMPACTO SONORO EN LOS PUNTOS DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS (VE)"

TRABAJO FIN DE GRADO

Febrero -2026

AUTOR: Moisés Meseguer Ibarra

DIRECTOR/ES: Héctor Campello Vicente

Índice

1	Introducción	8
1.1	Objetivo general	9
1.2	Objetivos específicos del ensayo acústico	10
2	Problema del ruido	10
2.1	Ruido ambiental y efectos sobre la salud	11
2.2	Ruido urbano y parque automovilístico	12
2.2.1	Distintivo Ambiental	14
2.3	Ruido asociado a los puntos de recarga del VE	16
2.4	Marco normativo sobre niveles de ruido ambiental	17
3	Infraestructura de recarga del VE en la UE: marco regulatorio, objetivos de implantación y su relación con el impacto acústico	19
3.1	Estaciones de recarga pública con potencia proporcional	19
3.2	Cobertura mínima de puntos de recarga en carreteras	20
3.3	Estaciones compartidas para ambos sentidos de circulación	21
3.4	Excepciones por baja densidad de tráfico	21
3.5	Colaboración transfronteriza	22
3.6	El operador y el punto de recarga	22
4	Punto de recarga del VE: características técnicas relevantes para el análisis acústico	24
4.1	Marco normativo y definiciones	24
4.2	Tipos de conectores en la recarga de VE	25
4.2.1	Conector simple, Tipo SCHUCO, UNE-EN 20315	25
4.2.2	Conector Tipo 1, YAZAKI, SAE J1772	26
4.2.3	Conector Tipo 2, MENNEKES, UNE-EN 62196-2	26
4.2.4	Conector Tipo 3, SCAME, UNE-EN 62196-2	27
4.2.5	Conector Combo, Combinado ó CCS, UNE-EN 62196-3	27
4.2.6	Conector CHADEMO, UNE-EN 62196-3	28
4.3	Tipología de puntos de recarga del VE	29
4.3.1	Según el tiempo y potencia de carga	29
4.3.2	Según el modo de recarga (Modos 1-4)	30
5	Metodología del ensayo acústico aplicado a los puntos de recarga de VE	33

5.1	Objetivo y marco normativo del ensayo	33
5.2	Selección de los puntos de recarga analizados	34
5.2.1	Herramientas cartográficas y acústicas	35
5.3	Instrumentación y software de medición	36
5.4	Condiciones de ensayo y procedimiento de medición	39
5.5	Determinación del ruido de fondo y correcciones acústicas	41
5.5.1	Corrección por ruido de fondo.....	41
5.5.2	Aplicación de correcciones acústicas (K_f , K_i , K_t)	42
5.6	Cálculo del nivel de ruido corregido ($L_{K_{eq}}$)	45
6	Resultados y Análisis	46
6.1	Presentación de los datos obtenidos en las mediciones.....	46
6.2	Comparativa con límites permitidos en las normativas vigentes.....	52
7	Conclusiones	57
7.1	Resumen de los hallazgos	57
7.2	Recomendaciones para minimizar el impacto sonoro.....	59
8	Bibliografía.....	61
9	Anexos.....	63
9.1	Anexo 1: Imágenes del estudio acústico de los puntos de recarga de vehículos eléctricos.....	63
9.2	Anexo 2: Imágenes representativas y referencias a las especificaciones técnicas de cada equipo, con el fin de facilitar su identificación.	76
9.3	Anexo 3: Gráficos correspondientes a todas las mediciones realizadas en los puntos de recarga sin aplicar correcciones. Estado operacional y no operacional.	82

Ilustraciones

Ilustración 1: RTE-T de carreteras Fuente: www.transportes.gob.es	21
Ilustración 2: Conector Schuko Fuente: https://a3e.es/	26
Ilustración 3: Conector Tipo 1, YAZAKI, SAE J1772 Fuente: https://a3e.es/	26
Ilustración 4: Conector Tipo 2, MENNEKES Fuente: https://a3e.es/	27
Ilustración 5: Conector Tipo 3, SCAME Fuente: https://a3e.es/	27
Ilustración 6: Conector Combo, Combinado ó CCS Fuente: https://a3e.es/	28
Ilustración 7: Conector CHADEMO Fuente: https://a3e.es/	28
Ilustración 8: Recarga Modo 1.....	30
Ilustración 9: Recarga Modo 2 Fuente: https://a3e.es/	31
Ilustración 10: Recarga Modo 3 Fuente: https://a3e.es/	31
Ilustración 11: Recarga Modo 4 Fuente: https://a3e.es/	32
Ilustración 12: Resumen Modos de recarga, http://ecommerce.grupoelectrostocks.com	32
Ilustración 13: Geoportal Elche	36
Ilustración 14: Mapa de ruido Alicante.....	36
Ilustración 15: Sonómetro/Analizador de presión acústica modular tipo 1, Bruel&Kjaer 2260	37
Ilustración 16: Calibrador de sonido de micrófono, Bruel&Kjaer 4231 Fuente: https://www.bksv.com/	37
Ilustración 17: Termo-hidro-anemómetro, PCE-THA 10.....	38
Ilustración 18: NOISE EXPLORER	38
Ilustración 19: Configuración 1 medición ruido.....	39
Ilustración 20: Configuración general medición.....	40
Ilustración 21: ABB HP 175 kW Ultrarrápida CC	76
Ilustración 22: Terra 120 kW rápida CC.....	76
Ilustración 23: GSS Power 160 kW Ultrarrápida CC	77
Ilustración 24: HYC 50 kW rápida CC	77
Ilustración 25: Rapid 50 Kw One-Duo-Trio rápida CC.....	78
Ilustración 26: Rapid 60-180kW, ST 200-400Kw ultrarrápida CC.....	79
Ilustración 27: Raption 100 kW rápida CC	79
Ilustración 28: Raption 50 kW Trio rápida CC.....	80
Ilustración 29: Supernova 60-150 kW rápida-ultrarrápida CC	80
Ilustración 30: Tesla V2 150 kW ultrarrápida CC	81

Tablas

Tabla 1: Parque de turismos por antigüedad (2020,2021,2022,2023,2024) Uds., %	13
Tabla 2: Parque de turismos por distintivo medioambiental (2020,2021,2022,2023,2024) Uds., %.....	15
Tabla 3: Puntos de recarga del estudio acústico	35
Tabla 4: Instrumentación de medida.....	37
Tabla 5: Corrección por componente de baja Valores Kf.....	44
Tabla 6: Corrección por componente impulsiva Ki.....	44

Tabla 7: Corrección por componente tonal Kt.....	45
Tabla 8: Valores límite de inmisión de ruido aplicable a actividades (NRE).....	53
Tabla 9: Evaluación del cumplimiento de los límites de inmisión acústica (L _{Keq}) según uso dominante y normativa aplicable.....	55

Gráficos

Gráfico 1: Parque de turismos por antigüedad (2020,2021,2022,2023,2024) %	13
Gráfico 2: Parque de turismos por distintivo medioambiental (2020,2021,2022,2023,2024) %	15
Gráfico 3: Medición: 1, Modelo cargador: Rapid 50 kW One, Identificación: ES La Galia, Fecha: 11/12/2023	47
Gráfico 4: Medición: 2, Modelo cargador: Rapid 50 kW Duo, Identificación: McDonald's Hotel Ibis, Fecha: 11/12/2023	48
Gráfico 5: Espectros de emisión de emisión acústica de todos los cargadores rápidos de corriente continua (CC) evaluados. L _{Aeq} dB(A) media logarítmica de todos los valores de cada medición. Todos los puntos L _{Aeq} dB(A) de cada cargador.	49
Gráfico 6: Espectros de emisión de emisión acústica de todos los cargadores rápidos de corriente continua (CC) evaluados. L _{Aeq} dB(A) media logarítmica de todos los valores de la medición más alta.	50
Gráfico 7: Espectros de emisión acústica de cargadores rápidos de 50 kW. L _{Aeq} dB(A) media logarítmica de todos los valores de cada medición. Todos los puntos L _{Aeq} dB(A) cada cargador.	51
Gráfico 8: Valores L _{Keq} y límite acústico aplicable según uso dominante, ordenado por L _{Keq} de menor a mayor.	56
Gráfico 9: Medición: 3, Modelo cargador: Rapid ST 400 kW, Identificación: ES Galp Iberdrola A-7, Fecha: 22/4/2024	82
Gráfico 10: Medición: 4, Modelo cargador: Rapid ST 200 kW, Identificación: ES Galp Iberdrola A-7, Fecha: 22/4/2024	82
Gráfico 11: Medición: 5, Modelo cargador: Rapid 50 kW One, Identificación: Media Markt CC El Sauce, Fecha: 7/5/2024	83
Gráfico 12: Medición: 6, Modelo cargador: Rapid 50 kW Duo, Identificación: Media Markt CC El Sauce, Fecha: 7/5/2024	83
Gráfico 13: Medición: 7, Modelo cargador: Terra 120 kW, Identificación: ES Estación Autobuses, Fecha: 7/5/2024	84
Gráfico 14: Medición: 8, Modelo cargador: Rapid 50 kW Duo, Identificación: Burgerking Audi, Fecha: 14/5/2024	84
Gráfico 15: Medición: 9, Modelo cargador: Rapid 50 kW One, Identificación: Burgerking Audi, Fecha: 14/5/2024	85
Gráfico 16: Medición: 12, Modelo cargador: Tesla V2 150 kW, Identificación: Tesla Supercharger Murcia, Fecha: 14/5/2024	85
Gráfico 17: Medición: 13, Modelo cargador: Rapid 180 kW Duo, Identificación: Repsol San Isidro, Fecha: 14/5/2024	86

Gráfico 18: Medición: 14, Modelo cargador: GSS Power 160 kW, Identificación: GSS Power Bazarandia, Fecha: 27/5/2024.....	86
Gráfico 19: Medición: 15, Modelo cargador: Rapid 50 kW Duo, Identificación: Burger King Decathlon, Fecha: 27/5/2024	87
Gráfico 20: Medición: 16, Modelo cargador: Rapid 50 kW Trio, Identificación: ES Repsol Supercor, Fecha: 27/5/2024	87
Gráfico 21: Medición: 17, Modelo cargador: Rapid 50 kW Trio, Identificación: ES Repsol av. Novelda, Fecha: 13/6/2024.....	88
Gráfico 22: Medición: 18, Modelo cargador: Rapid 50 kW One, Identificación: ES Avanza Villafranca, Fecha: 13/6/2024	88
Gráfico 23: Medición: 19, Modelo cargador: Rapid 50 kW Trio, Identificación: ES Repsol Sol y Luz, Fecha: 13/6/2024.....	89
Gráfico 24: Medición: 20, Modelo cargador: Rapid 50 kW Trio, Identificación: Larraskitu nº 1, Fecha: 13/6/2024	89
Gráfico 25: Medición: 21, Modelo cargador: Raption 50 kW Trio, Identificación: Larraskitu nº 2, Fecha: 13/6/2024	90
Gráfico 26: Medición: 22, Modelo cargador: Rapid 180 kW Duo, Identificación: Larraskitu nº 3, Fecha: 10/7/2024	90
Gráfico 27: Medición: 23, Modelo cargador: Supernova 150 kW, Identificación: Larraskitu nº 4, Fecha: 10/7/2024	91
Gráfico 28: Medición: 24, Modelo cargador: Supernova 60 kW, Identificación: Larraskitu nº 5, Fecha: 10/7/2024	91
Gráfico 29: Medición: 25, Modelo cargador: Raption 100 kW, Identificación: Larraskitu nº 6, Fecha: 10/7/2024	92
Gráfico 30: Medición: 26, Modelo cargador: Rapid 60 kW Duo, Identificación: Larraskitu nº 7, Fecha: 10/7/2024	92
Gráfico 31: Medición: 27, Modelo cargador: HYC 50 kW, Identificación: Larraskitu nº 8, Fecha: 10/7/2024	93
Gráfico 32: Medición: 28, Modelo cargador: ABB HP 175 kW, Identificación: Larraskitu nº 9, Fecha: 10/7/2024	93

1 Introducción

La transición hacia un modelo de movilidad más sostenible está impulsando un cambio profundo en el sector del transporte, en el que el vehículo eléctrico (VE) resulta clave. Su implantación contribuye a la descarbonización del transporte, a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a su vez a la disminución del ruido asociado al tráfico rodado, especialmente en entornos urbanos, donde la contaminación acústica constituye un problema ambiental y de salud pública.

No obstante, junto a las ventajas asociadas a la movilidad eléctrica, surgen nuevos desafíos técnicos y ambientales que deben ser analizados desde una perspectiva integral. Entre ellos destacan aspectos como la autonomía de los vehículos, los tiempos de recarga y, especialmente, la necesidad de una infraestructura de recarga suficientemente desarrollada y accesible. Esta infraestructura, imprescindible para la expansión del VE, incorpora equipos eléctricos de media y alta potencia que pueden convertirse en nuevas fuentes de ruido ambiental durante su funcionamiento, especialmente en el caso de los puntos de recarga rápida y ultrarrápida de corriente continua.

Aunque el vehículo eléctrico reduce significativamente el ruido generado por el motor y los sistemas de escape respecto a los vehículos de combustión interna, los puntos de recarga pueden generar emisiones acústicas asociadas a sistemas de ventilación, electrónica de potencia, transformadores y otros componentes auxiliares que operan durante el proceso de recarga. Este ruido puede resultar relevante en zonas urbanas sensibles, como áreas residenciales, sanitarias, docentes o recreativas, donde el cumplimiento de los límites acústicos es especialmente exigente.

Actualmente, no existe una normativa específica que regule de forma exclusiva los niveles de ruido emitidos por los puntos de recarga de vehículos eléctricos, pero en su lugar, estos equipos deben cumplir con los límites generales establecidos en la legislación sobre contaminación acústica en función de la zonificación del entorno en el que se instalan. Por lo tanto, esto pone de

manifiesto la necesidad de evaluar experimentalmente el impacto acústico real de este tipo de infraestructuras, con el fin de verificar su adecuación a la normativa vigente y contribuir a un desarrollo compatible con la calidad de vida urbana.

El presente Trabajo Fin de Grado aborda el estudio del ruido generado por puntos de recarga rápida y ultrarrápida de vehículos eléctricos mediante la realización de ensayos acústicos en condiciones reales de funcionamiento. Para ello, se analizan distintos modelos de puntos de recarga implantados en el mercado europeo, aplicando una metodología de medición conforme a la normativa acústica vigente, con el objetivo de evaluar su impacto sonoro y su cumplimiento con los límites establecidos.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: en el capítulo 2 se analiza el problema de la contaminación acústica y su relación con el tráfico rodado y la infraestructura de recarga; el capítulo 3 presenta el marco regulatorio europeo relativo a la implantación de infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos; en el capítulo 4 se describen las características técnicas y tipologías de los puntos de recarga; y en el capítulo 5 se desarrolla la metodología del ensayo acústico aplicado a estos equipos, que servirá de base para el capítulo 6 análisis de resultados y el capítulo 7 las conclusiones del estudio.

1.1 Objetivo general

Evaluar el impacto acústico generado por los puntos de recarga rápida y ultrarrápida de vehículos eléctricos de corriente continua, bajo condiciones reales de funcionamiento, verificando su cumplimiento con los límites establecidos en la normativa vigente sobre contaminación acústica.

1.2 Objetivos específicos del ensayo acústico

El ensayo acústico tiene como objetivo evaluar el comportamiento sonoro de los puntos de recarga rápida de vehículos eléctricos analizados, mediante la medición del nivel de presión sonora equivalente (LAeq) y su correspondiente nivel corregido (LKeq), conforme a la normativa vigente.

- Medir los niveles de ruido emitidos por los puntos de recarga en estado preoperacional (ruido de fondo) y en estado operacional.
- Analizar y tratar los datos obtenidos a partir de las mediciones acústicas realizadas.
- Calcular las correcciones del nivel sonoro asociadas a la presencia de bajas frecuencias (Kf), impulsividad (Ki) y componentes tonales emergentes (Kt), de acuerdo con los procedimientos técnicos descritos en la norma UNE-ISO1996-2, en coherencia con lo establecido en el Real Decreto 1367/2007.
- Comparar los niveles de ruido corregidos (LKeq) con los límites de inmisión establecidos en el Real Decreto 1367/2007, sin perjuicio de la aplicación de los valores más restrictivos fijados por la normativa municipal aplicable al emplazamiento.

2 Problema del ruido

La contaminación acústica, según la OMS [1], es uno de los factores ambientales que provoca más problemas de salud. Solo en Europa, según la AEMA [2] [3], causa al año 12.000 muertes prematuras y 48.000 nuevos casos de cardiopatía isquémica.

Las principales consecuencias de la contaminación acústica sobre la salud humana incluyen, entre otras, las siguientes:

- Deficiencia auditiva inducida por el ruido, como consecuencia de exposiciones prolongadas a niveles elevados de presión sonora.
- Interferencia en la comunicación oral, dificultando la inteligibilidad del habla.

- Alteración del sueño y del descanso, con efectos negativos sobre la salud y el bienestar.
- Efectos psicofisiológicos, que afectan a la salud mental, al rendimiento cognitivo y a la capacidad de concentración.
- Alteraciones del comportamiento, como irritabilidad o aumento del estrés.
- Interferencia en la realización de actividades cotidianas, con impacto directo en la calidad de vida.

2.1 Ruido ambiental y efectos sobre la salud

La OMS define como ruido cualquier sonido superior a 65 decibelios dB(A). En concreto, dicho ruido se vuelve dañino si supera los 75 dB(A) y doloroso a partir de los 120 dB(A). En consecuencia, este estamento recomienda no superar los 65 dB(A) durante el día e indica que para que el sueño sea reparador el ruido ambiente nocturno no debe exceder los 30 dB(A). [4]

El ruido ha sido un problema ambiental importante para el ser humano. En comparación con otros contaminantes, el control del ruido ambiental se ha limitado por la falta de conocimiento de sus efectos sobre los seres humanos, la escasa información sobre la relación dosis-respuesta y la falta de criterios definidos.

A diferencia de otros problemas ambientales, la contaminación acústica sigue en aumento y produce un número mayor de reclamaciones por parte de la población. Ese incremento no es sostenible debido a las consecuencias adversas, tanto directas como acumulativas, que tiene sobre la salud. También afecta a las generaciones futuras y tiene repercusiones socioculturales.

Desde 1980, la OMS ha abordado el problema del ruido urbano. Las guías para el ruido urbano relacionadas con la salud pueden servir de base para preparar normas teniendo como referencia el manejo del ruido. Los aspectos claves del manejo del ruido incluyen:

- Opciones para reducirlo.
- Modelos de predicción y evaluación del control en la fuente.
- Normas de emisión de ruidos para fuentes existentes y planificadas.

- Evaluación de la exposición al ruido y las pruebas de cumplimiento de la exposición al ruido con las normas de emisión.

Necesidades identificadas por la “Guías para el ruido urbano – OMS”:

- Proteger a la población del ruido urbano y considerarlo como parte integral de su política de protección ambiental.
- Implementar planes de acción con objetivos de corto, mediano y largo plazo para reducir los niveles de ruido.
- Adoptar las Guías de salud para el ruido urbano como metas de largo plazo.
- Incluir el ruido como un tema de salud pública importante en la evaluación del impacto ambiental.
- Establecer una legislación para reducir los niveles de ruido.
- Aplicar la legislación existente.
- Los municipios deben elaborar planes de reducción del ruido.

En la Unión Europea, alrededor de 40% de la población está expuesta al ruido del tránsito vehicular con un nivel equivalente de presión sonora que excede 55 dB(A) en el día y 20% están expuestos a más de 65 dB(A). Si se considera la exposición total al ruido del tránsito se constata que aproximadamente la mitad de los europeos vive en zonas de gran contaminación sonora.

El parque automovilístico en España representa una de las principales fuentes de ruido ambiental en entornos urbanos. La evaluación del impacto sonoro de los puntos de recarga permite comprender mejor cómo la movilidad eléctrica puede contribuir a reducir el impacto global del ruido en las ciudades españolas, mejorando así la calidad de vida de los ciudadanos y cumpliendo con los objetivos de sostenibilidad y salud pública establecidos por las autoridades locales y nacionales.

2.2 Ruido urbano y parque automovilístico

Según datos de organismos como la DGT [5] y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [6], el parque automovilístico español está

compuesto mayoritariamente por vehículos de combustión interna, que contribuyen significativamente a la contaminación acústica debido al ruido de los motores, fricción con el pavimento y sistemas de escape, etc.

Los datos muestran en la tabla 1 y gráfico 1, que en 2024 el porcentaje de turismos en España con 20 años o más es del 25,16%, lo que representa un envejecimiento progresivo del parque automovilístico. Este dato es significativo porque refleja que, en general, los coches en circulación en el país son más antiguos, lo que puede tener repercusiones en términos de seguridad vial, emisiones contaminantes como gases de efecto invernadero y contaminación acústica.

Antigüedad		2024		2023		2022		2021		2020	
		Uds.	%	Uds.	%	Uds.	%	Uds.	%	Uds.	%
Hasta 4 años	4	4.236.012	16,78	4.459.417	17,59	5.172.741	20,51	5.521.349	22,14	5.761.488	23,31
De 5 a 9 años	9	5.653.980	22,40	5.291.633	20,87	4.699.877	18,63	4.106.482	16,46	3.703.895	14,99
De 10 a 14 años	14	3.655.066	14,48	3.734.738	14,73	3.956.947	15,69	4.742.662	19,02	5.466.150	22,12
De 15 a 19 años	19	5.348.934	21,19	5.665.102	22,34	5.801.861	23,00	5.417.482	21,72	5.072.169	20,52
De 20 y más años		6.350.539	25,16	6.205.704	24,47	5.591.128	22,17	5.152.994	20,66	4.713.196	19,07
Total		25.244.531		25.356.594		25.222.554		24.940.969		24.716.898	

Tabla 1: Parque de turismos por antigüedad (2020,2021,2022,2023,2024) Uds., %

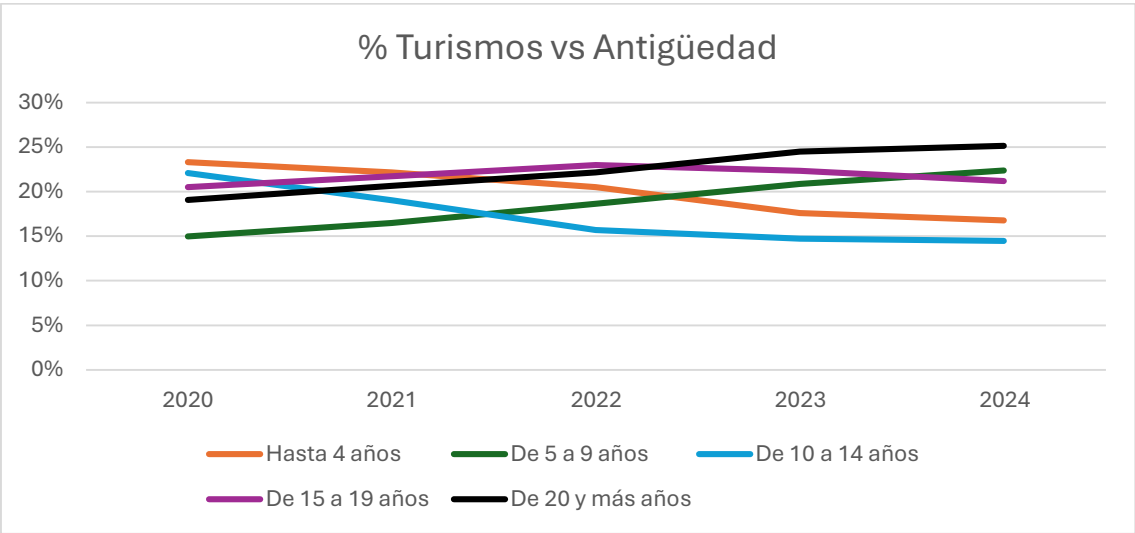


Gráfico 1: Parque de turismos por antigüedad (2020,2021,2022,2023,2024) %

2.2.1 Distintivo Ambiental

El distintivo ambiental es una manera de clasificar los vehículos en función de su eficiencia energética, teniendo en cuenta el impacto medioambiental de los mismos.

La clasificación de los vehículos a través del distintivo ambiental tiene como objetivo discriminar positivamente a los vehículos más respetuosos con el medio ambiente y ser un instrumento eficaz al servicio de las políticas municipales, tanto restrictivas de tráfico en episodios de alta contaminación, como de promoción de nuevas tecnologías a través de beneficios fiscales o relativos a la movilidad y el medio ambiente.[5]

Existen cuatro distintivos ambientales creados en función del impacto medioambiental de los vehículos y los mismos, clasificarán y graduarán el 50% del parque más eficiente. De mayor a menor eficiencia serían:

Etiqueta 0 emisiones, Azul: Identifica a los vehículos más eficientes. Tendrán derecho a esta etiqueta eléctricos de batería (BEV), eléctricos de autonomía extendida (REEV), eléctricos híbridos enchufables (PHEV) con una autonomía de 40 km, vehículo eléctrico de célula de combustible (FCEV), vehículo de combustión de hidrógeno (HICEV).

Etiqueta Eco: Los siguientes en el escalón de eficiencia, se trata en su mayoría de vehículos híbridos, gas o ambos. Tendrán derecho a esta etiqueta eléctricos enchufables con autonomía inferior a 40 km, híbridos no enchufables (HEV), vehículos propulsados por gas natural y gas (GNC y GNL) o gas licuado del petróleo (GLP). Deben cumplir los criterios de la etiqueta C.

Etiqueta C, Verde: Vehículos de combustión interna que cumplen con las últimas emisiones EURO. Tendrán derecho a esta etiqueta turismos y furgonetas ligeras de gasolina matriculadas a partir de enero de 2006 y diésel a partir de septiembre de 2015. Vehículos de más de 8 plazas, excluido el conductor, y pesados tanto de gasolina como diésel, matriculados desde 2014.

Etiqueta B, Amarilla: Vehículos de combustión interna que, si bien no cumplen con las últimas especificaciones de las emisiones EURO, sí que lo hacen con anteriores. Tendrán derecho a esta etiqueta turismos y furgonetas ligeras de gasolina matriculadas desde el 1 de enero de 2001 y diésel a partir de 2006. Vehículos de más de 8 plazas y pesados tanto de gasolina como diésel, matriculados desde 2006.

El resto de los vehículos, el 50% más contaminante, no tiene derecho a ningún tipo de distintivo al no cumplir los requisitos para ser etiquetado como vehículo limpio.

La siguiente tabla muestra el número de unidades y porcentaje de turismos anual clasificado por su etiquetado medioambiental:

	CERO		B		C		ECO		Sin distintivo		Se desconoce		Total
Año	Uds.	%	Uds.	%	Uds.	%	Uds.	%	Uds.	%	Uds.	%	Turismos
2024	420.811	1,67	7.515.672	29,77	9.888.731	39,17	1.700.659	6,74	5.718.658	22,65		0,00	25.244.531
2023	311.789	1,23	7.663.467	30,22	9.473.523	37,36	1.305.641	5,15	6.602.174	26,04		0,00	25.356.694
2022	205.720	0,82	7.870.282	31,20	9.052.585	35,89	1.002.733	3,98	7.091.234	28,11		0,00	25.222.654
2021	137.715	0,55	8.000.226	32,08	8.578.958	34,40	764.956	3,07	7.459.114	29,91		0,00	24.941.069
2020	78.057	0,32	8.061.403	32,61	7.997.274	32,36	545.702	2,21	6.162.092	24,93	1.872.370	7,58	24.716.990

Tabla 2: Parque de turismos por distintivo medioambiental (2020,2021,2022,2023,2024) Uds., %

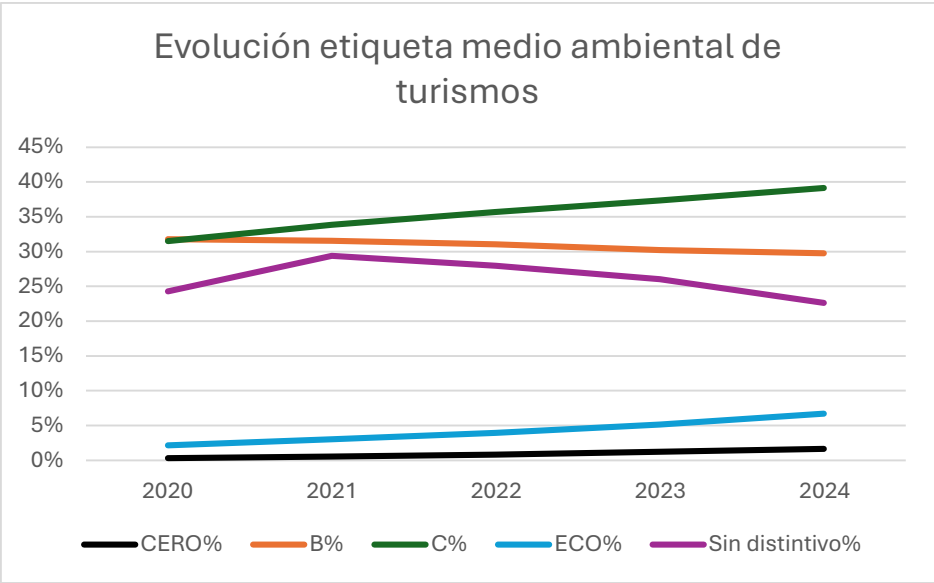


Gráfico 2: Parque de turismos por distintivo medioambiental (2020,2021,2022,2023,2024) %

En el gráfico 2 se aprecia una tendencia al alza en el número de vehículos con distintivo ambiental "CERO y ECO" pasan del 2,46 % en 2020 al 8,41 % en 2024. Este aumento refleja la penetración progresiva de vehículos eléctricos e híbridos. También se aprecia el dominio de etiquetas "C y B". En conjunto, representan más del 68 % del parque en 2024. Aunque C gana terreno frente a B, el total de ambas se mantiene bastante constante. Los datos muestran una tendencia al alza hacia vehículos más ecológicos en el parque automovilístico español.

Este cambio de tendencia puede asociarse a incentivos para la compra de estos, como ayudas o exención de impuestos (estatales, autonómicos o municipales), a las restricciones en zonas de bajas emisiones o una mayor conciencia ambiental por parte de los consumidores, contribuyendo a una clara tendencia hacia la electrificación del parque automovilístico, aumentando de forma significativa el número de vehículos eléctricos.

A medida que aumenta el número de vehículos eléctricos en circulación, se espera una disminución del ruido producido por los motores de combustión, sistemas de escape, etc. Por otra parte, el crecimiento de la infraestructura de recarga podría llevar asociado la generación de nuevas fuentes de ruido.

2.3 Ruido asociado a los puntos de recarga del VE

La infraestructura de recarga de vehículos eléctricos ha experimentado un rápido crecimiento, especialmente en entornos urbanos. Esto provoca que surjan nuevos desafíos relacionados con el ruido ambiental. El punto de recarga puede generar ruido debido a los sistemas de ventilación, transformadores, convertidores de potencia y otros componentes que funcionan durante el proceso de recarga (operacional), pudiendo afectar a la calidad de vida de los ciudadanos, especialmente en zonas o espacios con una alta densidad de estaciones de recarga.

Por ello, estudiar y evaluar cómo influye el ruido generado por los puntos de recarga en el entorno urbano, identificando posibles fuentes de impacto sonoro

y analizando su nivel de ruido es importante. Esto permitirá determinar si los niveles de ruido cumplen con las normativas vigentes y plantear así medidas para minimizar su impacto, garantizando así un entorno urbano más saludable y compatible con la movilidad eléctrica.

2.4 Marco normativo sobre niveles de ruido ambiental

En España, la normativa estatal sobre contaminación acústica se basa en la Ley 37/2003, de 17 de noviembre [7], del ruido, que establece el marco legal para prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, con el objetivo de proteger la salud humana, los bienes y el medio ambiente.

Esta ley se desarrolla a través de dos Reales Decretos principales:

1. R.D. 1513/2005 [8], de 16 de diciembre: Regula la evaluación y gestión del ruido ambiental, detallando indicadores, metodologías de cálculo y evaluación, así como otros aspectos técnicos relacionados con el ruido.
2. R.D. 1367/2007 [9], de 19 de octubre: Aborda la zonificación acústica, establece objetivos de calidad y regula las emisiones acústicas, complementando y ampliando la normativa europea al contexto español para una mejor protección del medio ambiente sonoro.

Estas normativas se alinean con la Directiva 2002/49/CE [10] del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, adaptándola al contexto español para una mejor protección del medio ambiente sonoro.

Además de la normativa estatal, las comunidades autónomas y los ayuntamientos pueden establecer regulaciones adicionales para abordar las particularidades locales en materia de contaminación acústica.

En la Comunidad Valenciana, la regulación sobre los niveles de ruido se enmarca en la Ley 7/2002 [11], de 3 de diciembre, de Protección contra la Contaminación Acústica. Esta ley tiene como objetivo prevenir, vigilar y corregir la contaminación

acústica para proteger la salud de los ciudadanos y mejorar la calidad del medio ambiente.

Con objeto de mejorar la calidad acústica, la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda ha llevado a cabo el desarrollo de los preceptos establecidos en la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, mediante tres decretos [12]:

- Decreto 19/2004 [13], de 13 de febrero, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas para el control del ruido producido por los vehículos a motor (DOGV 4694, 18/2/2004)
- Decreto 266/2004 [14], de 3 de diciembre, del Consell, por el que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica, en relación a actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios (DOGV 4901, 13/12/2004).
- Decreto 104/2006 [15], de 14 de julio, del Consell, de Planificación y Gestión en materia de Contaminación Acústica (DOGV 5305, 18/07/2006).

Aunque la ley no aborda específicamente los puntos de recarga de vehículos eléctricos, establece límites generales de emisión de ruido para diversas actividades e instalaciones. Por lo tanto, los puntos de recarga deben cumplir con los niveles de ruido permitidos según la zonificación acústica donde se ubiquen, ya sea en áreas residenciales, comerciales o industriales.

En resumen, aunque no existe una normativa específica para los puntos de recarga de vehículos eléctricos, estos deben cumplir con los límites de ruido establecidos en la legislación estatal, autonómica y la ordenanza municipal [16] correspondiente al lugar de instalación.

Ante la creciente preocupación por la contaminación acústica y la expansión progresiva de la movilidad eléctrica, resulta necesario analizar no solo el impacto del tráfico rodado, sino también el de las nuevas infraestructuras asociadas, como los puntos de recarga de vehículos eléctricos, cuyo marco regulatorio de implantación se desarrolla en el capítulo siguiente.

3 Infraestructura de recarga del VE en la UE: marco regulatorio, objetivos de implantación y su relación con el impacto acústico

El principal propósito del Reglamento (UE) 2023/1804 es garantizar la existencia de una infraestructura suficiente y accesible para combustibles alternativos en toda la Unión Europea. Entre estas infraestructuras se encuentra la red de recarga para vehículos eléctricos.

La medida busca fomentar la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero y promoviendo una movilidad climáticamente neutra.

El citado reglamento deroga la Directiva 2014/94/UE [18], la cual ofrecía un marco inicial para la implantación de infraestructuras de combustibles alternativos y los resultados de aplicación fueron uniformes. Con el nuevo reglamento, se establecen objetivos obligatorios y coordinados que pretenden superar las disparidades entre Estados miembros y acelerar la transición energética en el transporte.

A continuación, se mencionan de una forma breve algunos de los objetivos del reglamento más relevantes que hacen referencia a la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos.

3.1 Estaciones de recarga pública con potencia proporcional

Los Estados miembros deben garantizar la instalación de estaciones de recarga de acceso público que se ajusten al crecimiento del parque de vehículos eléctricos ligeros. Estas estaciones deben ofrecer la potencia suficiente para satisfacer las necesidades de los usuarios. Para ello:

- Vehículos eléctricos ligeros: Cada vehículo eléctrico de batería debe tener acceso a al menos 1,3 kW de potencia disponible.
- Vehículos híbridos enchufables: Cada híbrido enchufable ligero debe disponer de 0,8 kW como mínimo.

Esto debe cumplirse al final de cada año a partir de 2024, lo que implica una monitorización y adaptación anual a la evolución del mercado.

3.2 Cobertura mínima de puntos de recarga en carreteras

Para garantizar que los vehículos eléctricos ligeros puedan circular sin problemas, los Estados miembros deben instalar puntos o grupos de recarga en la red de carreteras con distancias específicas:

- Red básica de carreteras, en cada sentido de circulación con una distancia máxima de 60 km entre sí:
 - Para 2025: Cada grupo de recarga debe ofrecer una potencia mínima de 400 kW, con al menos un punto individual de 150 kW.
 - Para 2027: Cada grupo de recarga debe alcanzar 600 kW, incluyendo al menos dos puntos individuales de 150 kW.
- Red global de carreteras, en cada sentido de circulación con una distancia máxima de 60 km entre sí:
 - Para 2027: Al menos el 50 % de la longitud de esta red, cada grupo de recarga ofrezca una potencia disponible de al menos 300 kW e incluya al menos un punto de recarga con una potencia disponible individual de al menos 150 kW.
 - Para 2030 y 2035: La potencia mínima y el número de puntos aumentan progresivamente para cubrir toda la red. Con potencias entre 300 kW y 600kW, respectivamente.

Esto ha de asegurar una red robusta y preparada para atender el aumento en el uso de vehículos eléctricos ligeros.



Ilustración 1: RTE-T de carreteras Fuente: www.transportes.gob.es

3.3 Estaciones compartidas para ambos sentidos de circulación

En algunos casos, una única estación puede abastecer a ambos sentidos de circulación en las carreteras si:

- Es fácilmente accesible desde ambas direcciones.
- Está bien señalizada para los conductores.
- Cumple con los requisitos de distancia máxima, potencia total y puntos de recarga establecidos.

Esto permite optimizar recursos en áreas donde una infraestructura por cada sentido podría ser innecesaria.

3.4 Excepciones por baja densidad de tráfico

En tramos con baja densidad de tráfico, los Estados pueden ajustar los requisitos:

- En carreteras con menos de 8,500 vehículos diarios, una única estación puede abastecer ambos sentidos si se respetan las condiciones de distancia máxima, potencia total y número de puntos.

- En carreteras con menos de 3,000 vehículos diarios, la distancia máxima entre estaciones puede ampliarse hasta 100 km, siempre que esté señalizada.

Estas excepciones permiten adaptar la infraestructura a zonas rurales o de baja demanda, asegurando viabilidad económica.

3.5 Colaboración transfronteriza

Los Estados miembros vecinos deben coordinarse para garantizar que las distancias máximas entre estaciones de recarga también se cumplan en los tramos transfronterizos. Esto asegura una cobertura uniforme en las rutas internacionales y facilita la movilidad de los vehículos eléctricos entre países.

3.6 El operador y el punto de recarga

En los puntos de recarga de acceso público, el operador de estos ofrecerá al usuario final la posibilidad de recargar su vehículo eléctrico de manera puntual.

En los puntos de recarga de acceso público implantados a partir del 13 de abril de 2024, será posible realizar recargas puntuales utilizando un instrumento de pago de uso generalizado en la Unión.

El operador de puntos de recarga de acceso público con una potencia disponible igual o superior a 50 kW mostrará, en las estaciones de recarga, el precio por operación por kWh y cualquier posible tasa de ocupación expresada en precio por minuto, de modo que los usuarios finales conozcan esa información antes de iniciar una sesión de recarga y se facilite la comparación de precios.

- el precio por kWh
- el precio por minuto
- el precio por sesión
- cualquier otro componente del precio que se aplique

A más tardar el 14 de octubre de 2024, el operador del punto de recarga se asegurará de que todos los puntos de recarga de acceso público que explote sean puntos de recarga conectados digitalmente.

Los operadores de puntos de recarga se asegurarán de que todos los puntos de recarga de acceso público que exploten y se hayan construido después del 13

de abril de 2024 o renovado después del 14 de octubre de 2024 tengan capacidad para ofrecer recarga inteligente.

A más tardar el 14 de abril de 2025:

El operador del punto de recarga de acceso público garantizará que todos los puntos de recarga de corriente continua (CC) de acceso público que explote tengan instalado un cable fijo de recarga.

Los operadores de puntos de recarga de acceso público garantizarán la disponibilidad de datos estáticos y datos dinámicos relativos a la infraestructura que exploten o a los servicios intrínsecamente vinculados a dicha infraestructura que suministran o subcontratan sin coste alguno. Pondrán a disposición los tipos de datos siguientes:

a) Datos estáticos relativos a los puntos de recarga y los puntos repostaje de combustibles alternativos de acceso público que exploten:

- Ubicación geográfica de los puntos de recarga y los puntos de repostaje de combustibles alternativos
- Número de conectores
- Número de plazas de aparcamiento para personas con discapacidad
- Información de contacto del propietario y del operador de la estación de recarga y la estación de repostaje
- Horario de apertura

b) Otros datos estáticos relativos a los puntos de recarga de acceso público que exploten: códigos de identificación, al menos del operador del punto de recarga

- Tipo de conector
- Tipo de corriente (CA/CC)
- Potencia máxima disponible (kW) de la estación de recarga
- Potencia máxima disponible (kW) del punto de recarga
- Compatibilidad del tipo de vehículo

c) Datos dinámicos relativos a los puntos de recarga y los puntos de repostaje de combustibles alternativos de acceso público que exploten:

- Estado operativo (operativo/fuera de servicio)

- Disponibilidad (en uso/fuera de uso)
- Precio por operación
- Si la electricidad suministrada es 100 % renovable (sí/no).

Los requisitos establecidos en la letra c) no se aplicarán a los puntos de recarga de acceso público en los que el servicio de recarga no sea de pago.

Estos requisitos normativos y objetivos de implantación definen el marco en el que se diseñan y operan los puntos de recarga de vehículos eléctricos, cuyas características técnicas, tipologías y modos de funcionamiento se desarrollan en el capítulo siguiente.

4 Punto de recarga del VE: características técnicas relevantes para el análisis acústico

Los vehículos eléctricos a baterías BEV y los vehículos híbridos enchufables PHEV requieren de suministro eléctrico mediante sistemas de carga o también denominado infraestructura de recarga.

4.1 Marco normativo y definiciones

En el apartado 2 de la ITC-BT-52 [19], Términos y definiciones, se define:

Estación de movilidad eléctrica; Infraestructura de recarga que cuenta con, al menos, 2 estaciones de recarga, que permitan la recarga simultánea de vehículo eléctrico con categoría hasta M1 (Vehículo eléctrico de ocho plazas como máximo -excluida la del conductor- diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros) y N1 (Vehículo eléctrico cuya masa máxima no supere las 3,5 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías), según la Directiva 2007/46/CE [20]. Ha de posibilitar la recarga en corriente alterna (monofásica o trifásica) o en corriente continua.

Estación de recarga; Conjunto de elementos necesarios para efectuar la conexión del VE a la instalación eléctrica fija necesaria para su recarga. Las estaciones de recarga se clasifican como:

- Punto de recarga simple, compuesto por las protecciones necesarias, una o varias bases de toma de corriente no específicas para el vehículo eléctrico y, en su caso, la envolvente.
- Punto de recarga tipo SAVE (Sistema de alimentación específico del vehículo eléctrico).

Infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (IVE); Conjunto de dispositivos físicos y lógicos, destinados a la recarga de vehículos eléctricos que cumplan los requisitos de seguridad y disponibilidad previstos para cada caso, con capacidad para prestar servicio de recarga de forma completa e integral. Una IVE incluye las estaciones de recarga, el sistema de control, canalizaciones eléctricas, los cuadros eléctricos de mando y protección y los equipos de medida, cuando éstos sean exclusivos para la recarga del vehículo eléctrico.

Estas definiciones constituyen la base normativa para el diseño y clasificación de los puntos de recarga analizados en los apartados siguientes.

4.2 Tipos de conectores en la recarga de VE

La norma internacional IEC-62196 [21] es un estándar internacional de la Comisión Electrotécnica Internacional que establece las características técnicas, dimensiones y requisitos de seguridad de los conectores, enchufes y tomas utilizados en la recarga de vehículos eléctricos, abarcando los principales tipos de conectores como Tipo 1(SAE J1772), Tipo 2(Mennekes), Tipo 3 y las variantes de carga rápida CCS (Combo 1/2) con el fin de garantizar la interoperabilidad y la compatibilidad de los sistemas de carga en todo el mundo. A continuación, se hace una breve descripción de estos.

4.2.1 Conector simple, Tipo SCHUCO, UNE-EN 20315

Se trata de la toma de corriente clásica en instalaciones eléctricas, basada en la norma UNE 20315-1-2 [22]. Es monofásico, presenta tres terminales, fase, neutro y tierra. Soporta una intensidad máxima de 16A. Se corresponde con el modo de carga 1 y 2 de la ITC-BT-52 [19].

Conector Schuko	
CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
• Conector doméstico • Estándar CEE 7/4 Tipo F • Hasta 16 A • Recarga lenta y sin comunicación integrada • Carga en AC	

Ilustración 2: Conector Schuko Fuente: <https://a3e.es/>

4.2.2 Conector Tipo 1, YAZAKI, SAE J1772

Estas bases son usadas normalmente por los fabricantes asiáticos. Conector específico para vehículo eléctrico, **monofásico** con fase, neutro y tierra.

Dispone además de bornes de conexiones adicionales (comunicación):

- PP piloto de proximidad (el coche inmóvil mientras esté conectado)
- CP piloto de control (comunicación)

Existe para:

- Nivel 1, 16A (carga lenta)
- Nivel 2, hasta 80A (carga rápida)

Se corresponde con el modo de carga 3 de la ITC-BT-52 [19]. No es muy utilizado.

Conector Tipo 1	
CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
• Conector SAE J1772 o Yazaki • Estándar norteamericano y japonés • Hasta 16 A para carga lenta • Hasta 80 A para carga rápida • Carga en AC	

Ilustración 3: Conector Tipo 1, YAZAKI, SAE J1772 Fuente: <https://a3e.es/>

4.2.3 Conector Tipo 2, MENNEKES, UNE-EN 62196-2

Este conector se ajusta a la norma UNE 62196-2 [23], siendo el modelo comercial más extendido el conocido como Mennekes alemán. Es la solución propuesta por la UE, y se usa tanto para redes monofásicas y trifásicas.

Puede ser:

- Monofásico: 5 pines (fase, neutro, tierra y 2 comunicación) para corriente de 16A y 32A.
- trifásico: 7 pines (tres fases, neutro, tierra y 2 comunicación) para corriente de 16A, 32A, 63A.

Se corresponde con el **modo de carga 3** de la ITC-BT-52 [19]. Es el más común de los conectores.

Conector Tipo 2	
CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
• Conector Mennekes • Estándar europeo • Hasta 16 A para carga lenta • Hasta 63 A para carga rápida • Carga en AC	

Ilustración 4: Conector Tipo 2, MENNEKES Fuente: <https://a3e.es/>

4.2.4 Conector Tipo 3, SCAME, UNE-EN 62196-2

También conocido como EV Plug-in in Alliance. Presenta cinco o siete bornes, según sea monofásico o trifásico, tierra y comunicación. Admite hasta 32A y no es muy utilizado.

Conector Tipo 3	
CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
• Conector Scame o EV Plug - in Alliance • Estándar francés • Admite hasta 32 A • Carga en AC	

Ilustración 5: Conector Tipo 3, SCAME Fuente: <https://a3e.es/>

4.2.5 Conector Combo, Combinado ó CCS, UNE-EN 62196-3

Es la **solución europea** para las **recargas** en **corriente continua**. Este conector se ajusta a la norma UNE 62196-3 [24].

Presenta 5 bornes: dos de potencia en continua, toma de tierra y dos más de comunicación con la red (CP y PP). Permite la recarga en corriente alterna y continua. Admite carga lenta y rápida. Se corresponde con el **modo de carga 4** de la ITC-BT-52 [19].

Conector CCS Combo	
CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
• Estándar norteamericano, japonés y europeo • Admite tanto carga rápida como semirápida • Carga en DC	CCS Combo 1  CCS Combo 2 

Ilustración 6: Conector Combo, Combinado ó CCS Fuente: <https://a3e.es/>

4.2.6 Conector CHADEMO, UNE-EN 62196-3

Es el estándar de los fabricantes japoneses. Está pensado para la **recarga rápida** en corriente continua (CC). Tiene diez bornes, dos de potencia en continua, toma de tierra y comunicación con la red. Admite hasta 200A de intensidad de corriente, recarga ultrarrápida. Es el mayor diámetro, tanto el conector como el cable. Se corresponde con el **modo de carga 4** de la ITC-BT-52 [19].

Conector CHAdEMO	
CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
• Estándar japonés • Carga rápida • Carga en DC	

Ilustración 7: Conector CHADEMO Fuente: <https://a3e.es/>

4.3 Tipología de puntos de recarga del VE

La clasificación de los puntos de recarga es clave para la adopción de los vehículos eléctricos, ya que permite a los usuarios planificar sus desplazamientos según la disponibilidad de infraestructura de carga.

Para garantizar una recarga óptima según las necesidades del conductor, los puntos de recarga se clasifican en diferentes categorías según su tiempo de carga y potencia de suministro. Esta clasificación es clave para entender qué tipo de infraestructura es más adecuada para distintos escenarios: desde la carga doméstica en varias horas hasta estaciones de carga ultrarrápida que permiten recuperar gran parte de la autonomía en pocos minutos.

4.3.1 Según el tiempo y potencia de carga

Es el tiempo necesario para recargar cualquier tipo de vehículo eléctrico dependiendo de varios factores: la capacidad de la batería (kWh), la potencia (kW) del punto de recarga, la potencia máxima a la que puede ser recargado el vehículo, estado inicial de carga, tipo de conector, modo de carga y condiciones térmicas de la batería del vehículo eléctrico. [25]

Recarga lenta

Para dejar el VE varias horas, es recomendable conectarlo durante la noche. En vivienda y centros de trabajo.

- Monofásica en CA y potencia inferior a 7,4 kW.

Recarga media

- Trifásica en CA y potencia igual o superior a 7,4 kW e inferior a 22 kW.

Recarga rápida

El VE se deja recargando mientras se realiza una parada durante un trayecto. Centros urbanos y electrolíneas.

- En CC y potencia igual o superior a 50 kW e inferior a 150 kW.
- Trifásica en CA y Potencia igual o superior a 22 kW.

Recarga ultrarrápida:

El VE se deja recargando mientras se realiza una parada durante un trayecto equivalente a cuando se reposta un vehículo de combustible o si surge una emergencia. Electrolineras y estaciones de servicios.

- Nivel 1: En CC y Potencia igual o superior a 150 kW e inferior a 350 kW.
- Nivel 2: En CC y Potencia superior a 350 kW.

4.3.2 Según el modo de recarga (Modos 1-4)

Los diferentes modos de recarga describen el método técnico y niveles de protección usados en la carga el vehículo eléctrico. En el apartado 2 de la ITC-BT-52 [19], términos y definiciones, se definen **cuatro modos de carga**:

Modo 1

Conexión del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna mediante tomas de corriente normalizadas, con una intensidad no superior a los 16A y tensión asignada en el lado de la alimentación no superior a 250 V de corriente alterna en monofásico o 480 V de corriente alterna en trifásico y utilizando los conductores activos y de protección.

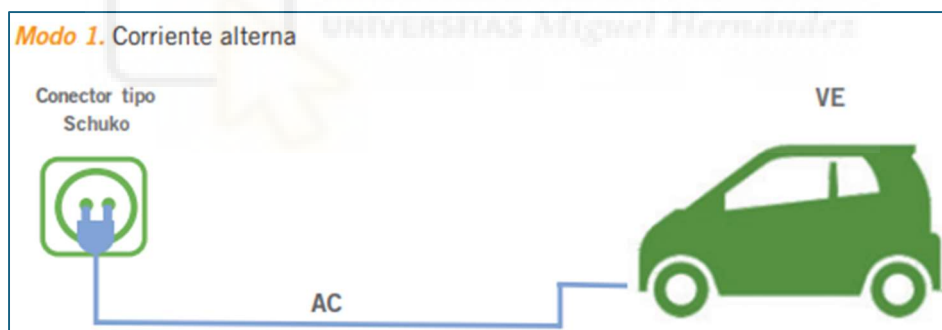


Ilustración 8: Recarga Modo 1

Fuente: <https://a3e.es/>

Modo 2

Conexión del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna no excediendo de 32A y 250 V en corriente alterna monofásica o 480 V en trifásico, utilizando tomas de corriente normalizadas monofásicas o trifásicas y usando los conductores activos y de protección junto con una función de control piloto y un sistema de protección para las personas, contra el choque eléctrico (dispositivo de corriente diferencial), entre el vehículo eléctrico y la clavija o como parte de la caja de control situada en el cable.

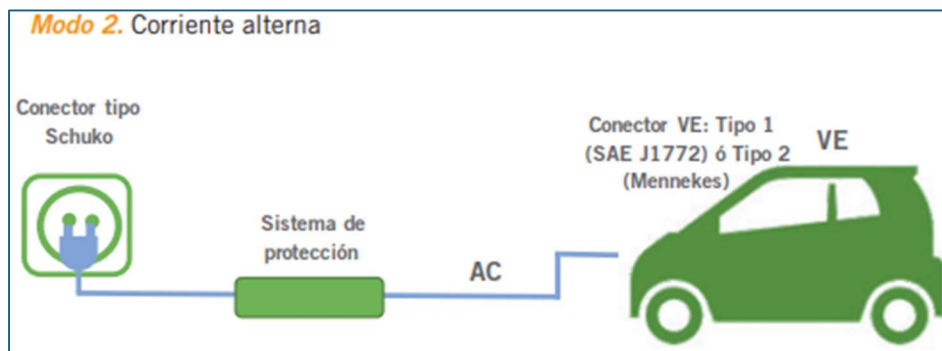


Ilustración 9: Recarga Modo 2 Fuente: <https://a3e.es/>

Modo 3

Conexión directa del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna usando un SAVE (wallbox), dónde la función de control piloto se amplía al sistema de control del SAVE, estando éste conectado permanentemente a la instalación de alimentación fija. Es la más común en garajes comunitarios.

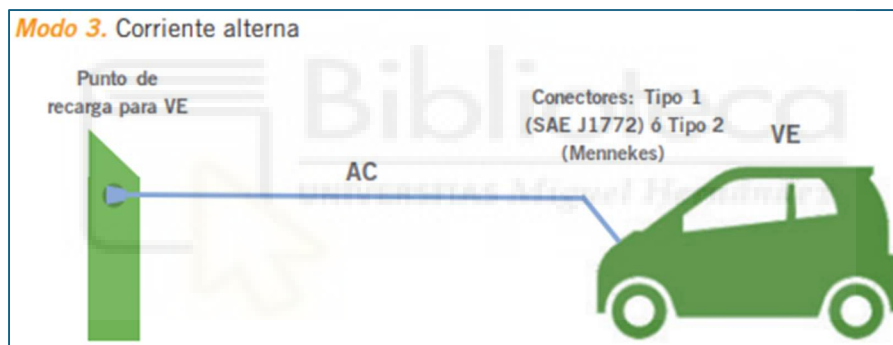


Ilustración 10: Recarga Modo 3 Fuente: <https://a3e.es/>

Modo 4

Conexión indirecta del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna usando un SAVE que incorpora un cargador externo en que la función de control piloto se extiende al equipo conectado permanentemente a la instalación de alimentación fija.

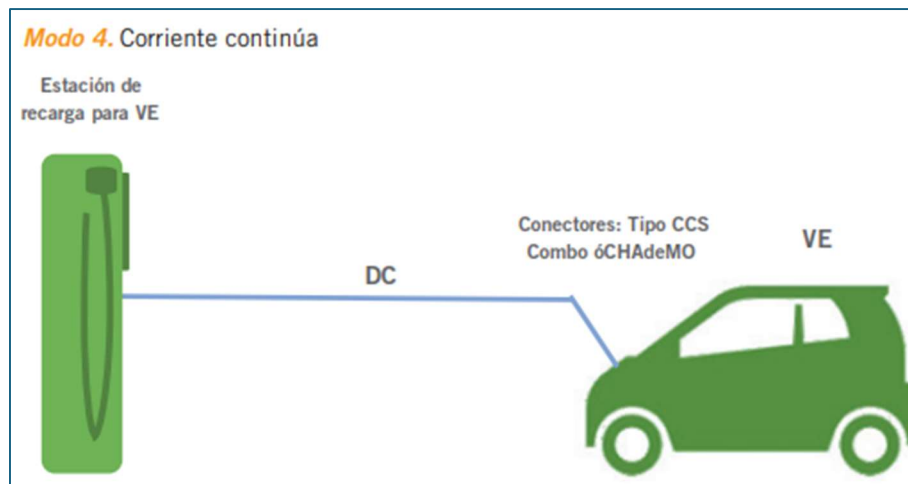


Ilustración 11: Recarga Modo 4 Fuente: <https://a3e.es/>

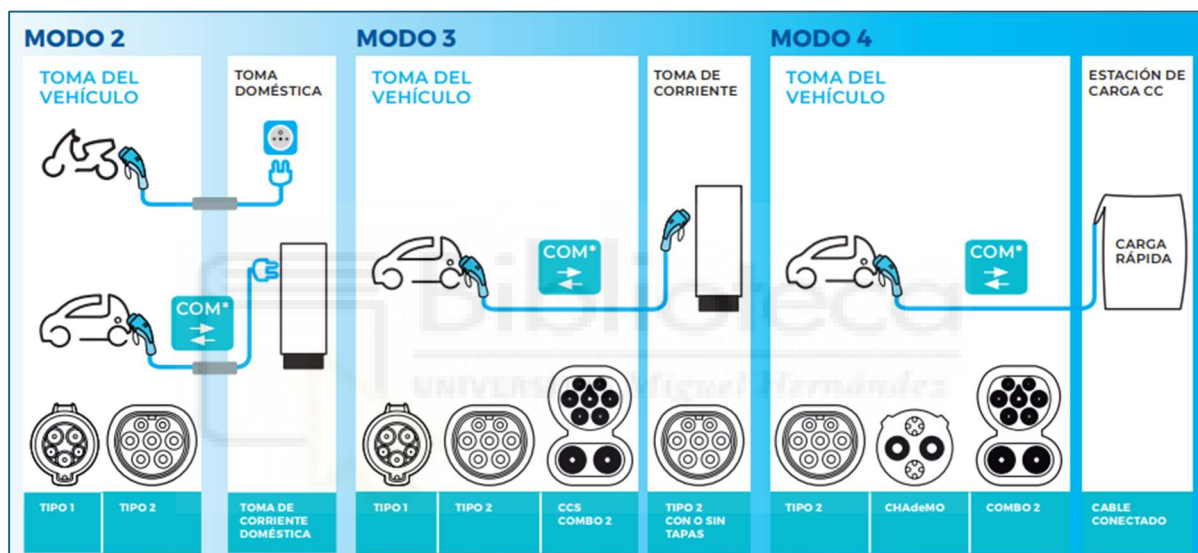


Ilustración 12: Resumen Modos de recarga, <http://ecommerce.grupoelectrostocks.com>

5 Metodología del ensayo acústico aplicado a los puntos de recarga de VE

El presente capítulo describe de forma detallada la metodología empleada para la evaluación y cuantificación del impacto acústico generado por los puntos de recarga de vehículos eléctricos en condiciones reales de funcionamiento.

5.1 Objetivo y marco normativo del ensayo

El objetivo principal del ensayo acústico es determinar los niveles de ruido emitidos por este tipo de infraestructuras y verificar su cumplimiento con los límites establecidos por la normativa vigente en materia de contaminación acústica.

La metodología desarrollada se basa en los criterios y procedimientos definidos en la Ley 37/2003 [7], de 17 de noviembre, del Ruido, y en su desarrollo reglamentario mediante el Real Decreto 1367/2007 [9], de 19 de octubre, que establece la zonificación acústica, los objetivos de calidad y los métodos de evaluación del ruido ambiental. Asimismo, se han seguido las recomendaciones técnicas recogidas en las normas UNE e IEC aplicables, garantizando la fiabilidad y reproducibilidad de las mediciones realizadas.

Seguidamente, se define la selección y caracterización de los puntos de recarga objeto de estudio, garantizando una muestra representativa de los modelos de recarga rápida y ultrarrápida más implantados en el mercado europeo. Junto con la descripción de la instrumentación empleada, el software de análisis acústico y la configuración de los equipos de medida utilizados durante el ensayo.

Por último, se detallan las condiciones de ensayo y el procedimiento de medición, incluyendo la disposición del micrófono, el número y duración de las mediciones, así como las condiciones ambientales necesarias para asegurar la validez de los resultados. Finalmente, se explican los métodos de corrección aplicados a los niveles sonoros medidos, teniendo en cuenta el ruido de fondo y las posibles correcciones sonoras norma UNE-ISO1996 [26] específicas del ruido evaluado

(bajas frecuencias, impulsividad y componentes tonales), con el fin de obtener el nivel de evaluación $L_{K_{eq}}$ que será comparado con los límites normativos.

5.2 Selección de los puntos de recarga analizados

Para este estudio se ha realizado la medición del nivel de ruido en estado operativo/no operativo de un total de veinte seis puntos de recarga de tipo rápida y ultrarrápida de corriente continua (CC) para vehículos eléctricos, empleando para las recargas el conector CCS Combo 2 que es la solución europea para las recargas en corriente continua.

Durante el trabajo se ha evaluado una muestra representativa de los distintos modelos de puntos de recarga del mercado europeo, analizando las mediciones acústicas obtenidas con el objetivo de evaluar el impacto acústico en operación y permitiendo obtener resultados extrapolables a instalaciones de características similares.

A continuación, se listan los puntos de recarga de VE analizados en el presente TFG, organizados por fabricante, modelo, potencia nominal, número de mediciones realizadas y tipología del punto de recarga. Asimismo, se incluyen imágenes representativas y referencias a las especificaciones técnicas de cada equipo, con el fin de facilitar su identificación y contextualizar el análisis acústico realizado, en el Anexo 2.

Fabricante	Modelo	Potencia(W)	Nº Mediciones	Tipología
ABB (Suiza)	Terra 120 kW	120	1	Rápida
	ABB HP 175 kW	175	1	ultrarrápida
Alpitronic (Italia)	HYC 50 kW	50	1	rápida
Circutor (España)	Raption 50 kW Trio	50	1	rápida
	Raption 100 kW	100	1	rápida
GSS Power (España)	GSS Power 160 kW	160	1	ultrarrápida
Ingeteam (España)	Rapid 50 kW One	50	4	rápida
	Rapid 50 kW Duo	50	4	rápida
	Rapid 50 kW Trio	50	4	rápida
	Rapid 60 kW Duo	60	1	Rápida
	Rapid 180 kW Duo	180	2	Ultrarrápida
	Rapid ST 200 kW	200	1	Ultrarrápida
	Rapid ST 400 kW	400	1	Ultrarrápida
Tesla (EE. UU.)	Tesla V2 150 kW	150	1	Rápida
Wall Box (España)	Supernova 60 kW	60	1	Rápida
	Supernova 150 kW	150	1	Rápida
Total			26	

Tabla 3: Puntos de recarga del estudio acústico

5.2.1 Herramientas cartográficas y acústicas

Para la localización y contextualización del entorno urbano y acústico de los puntos de recarga analizados en las ciudades de Elche y Alicante, se ha utilizado el geoportal municipal del Ayuntamiento de Elche, accesible a través de la plataforma Geoportal Elche (<https://geoportal.elche.es/elxapps/web/elxpam/>), y el mapa de ruido de la ciudad de Alicante (<https://mapas.alicante.es/ruido/>).

La información acústica disponible en estos mapas de ruido se ha empleado como referencia del entorno sonoro preexistente, facilitando la contextualización de las mediciones realizadas y la correcta interpretación de los niveles de ruido obtenidos durante el ensayo acústico.

De este modo, el uso del geoportal complementa el trabajo de campo proporcionando un marco territorial y acústico de referencia, sin sustituir en

ningún caso las mediciones experimentales realizadas sobre los puntos de recarga en condiciones reales de funcionamiento.

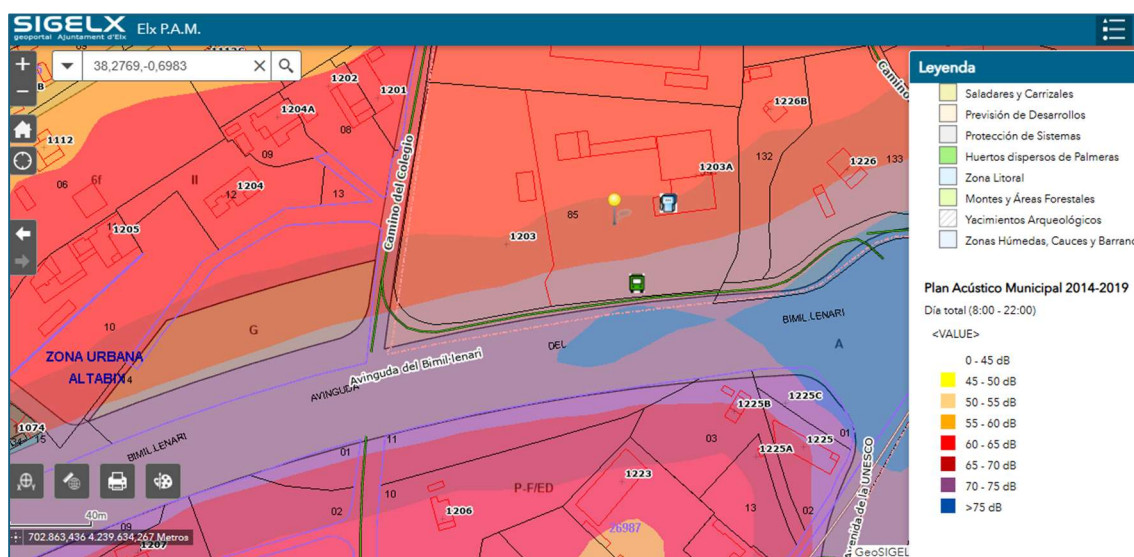


Ilustración 13: Geoportal Elche

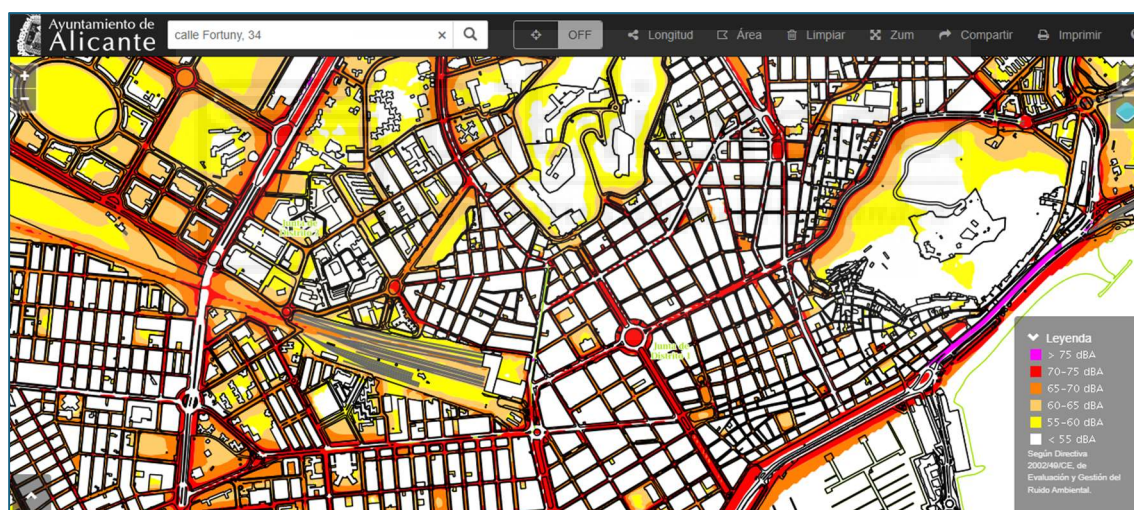


Ilustración 14: Mapa de ruido Alicante

5.3 Instrumentación y software de medición

Conforme establece el Anexo IV del R.D. 1367/2007 [9], de 19 de octubre, las mediciones de los niveles sonoros se realizarán utilizando sonómetros, sonómetros integradores-promediadores y calibradores sonoros que cumplan con la Orden ITC/2845/2007 [38], por la que se regula el control metrológico del estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos.

Dichos instrumentos dispondrán del certificado que acredite su verificación periódica anual o postreparación, por los servicios de las administraciones públicas competentes o por los órganos autorizados por éstas. Los sonómetros empleados en las mediciones serán, al menos, de tipo 1.

Configuración del sonómetro o analizador de presión acústica modular tipo 1:

- Red de Ponderación: A (dB(A)).
- Respuesta del Detector: Slow, Impulse o Fast (125 ms)
- Tiempo cada medición: 10 segundos.
- Rango de frecuencias: 20 Hz -20kHz.

En la tabla 6 figura la instrumentación usada en la medición de ruido de los puntos de recarga de VE.

Instrumentación	Modelo
Sonómetro tipo 1	Brüel&Kjær 2260
Calibrador de sonido de micrófono	Brüel&Kjær 4231
Termo-hidro-anemómetro	PCE-THA 10

Tabla 4: Instrumentación de medida



Ilustración 15: Sonómetro/Analizador de presión acústica modular tipo 1, Brüel&Kjær 2260



Ilustración 16: Calibrador de sonido de micrófono, Brüel&Kjær 4231 *Fuente:*

<https://www.bksv.com/>



Ilustración 17: Termo-hidro-anemómetro, PCE-THA 10

Para cada medición realizada en el punto de recarga de VE, el sonómetro crea un fichero con nomenclatura *.NXP con los niveles sonoros capturados, legible mediante el software NOISE EXPLORER Type 7815, propiedad por Brüel & Kjær para la descarga, almacenamiento, recuperación y conversión de datos de medición obtenidos con el sonómetro.

Este software presenta los datos en forma de proyectos, con mediciones organizadas en una estructura de árbol, permitiendo varias opciones de procesamiento para presentar los resultados en el formato deseado.

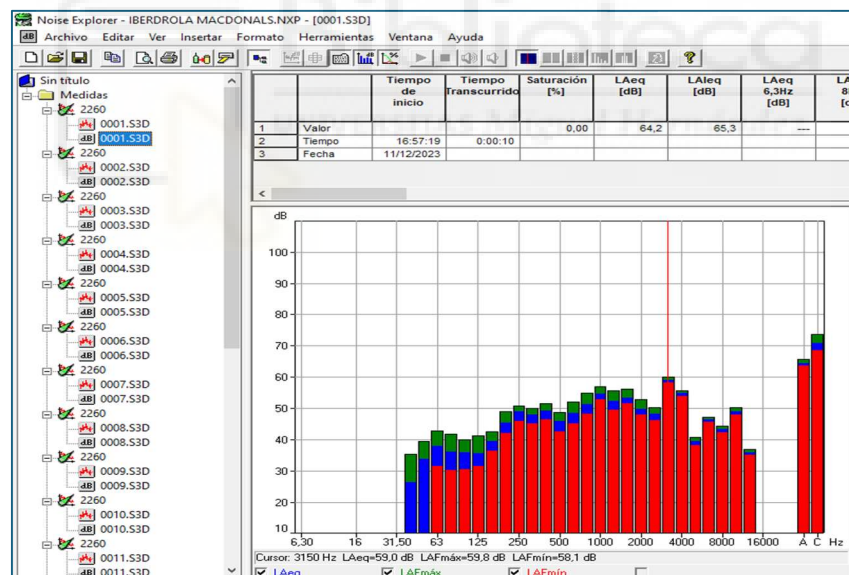


Ilustración 18: NOISE EXPLORER

Éste además ofrece la posibilidad de extraer las variables necesarias para realizar el estudio acústico y así poder exportar a una hoja Excel para su posterior análisis.

A continuación, se enumeran las variables utilizadas:

- Tiempo de inicio
- Tiempo Transcurrido

- LAeq dB(A): Nivel sonoro continuo equivalente.
- LAleq dB(A): Nivel sonoro impulsivo.
- LAeq 6,3Hz dB(A)-Laeq 20kHz dB(A): Banda de tercio de octava.
- LCeq dB(C): Nivel sonoro continuo equivalente.
- LCleq dB(C): Nivel sonoro impulsivo.

5.4 Condiciones de ensayo y procedimiento de medición

La configuración de la medición del nivel de ruido del punto de recarga y la disposición del micrófono se basan en el método estandarizado del R.D. 1367/2007 [9]. Las mediciones de ruido se realizaron en los cuatro lados de cada punto de recarga del VE. El micrófono se colocó a una distancia de 1,5 m de cada lado y a 1,5 m de altura desde el suelo. En las siguientes ilustraciones se detalla:

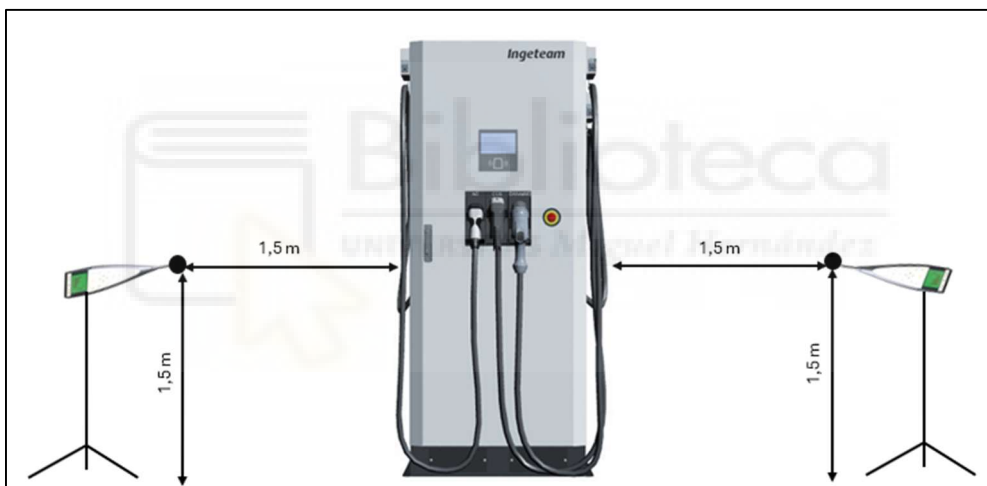


Ilustración 19: Configuración 1 medición ruido

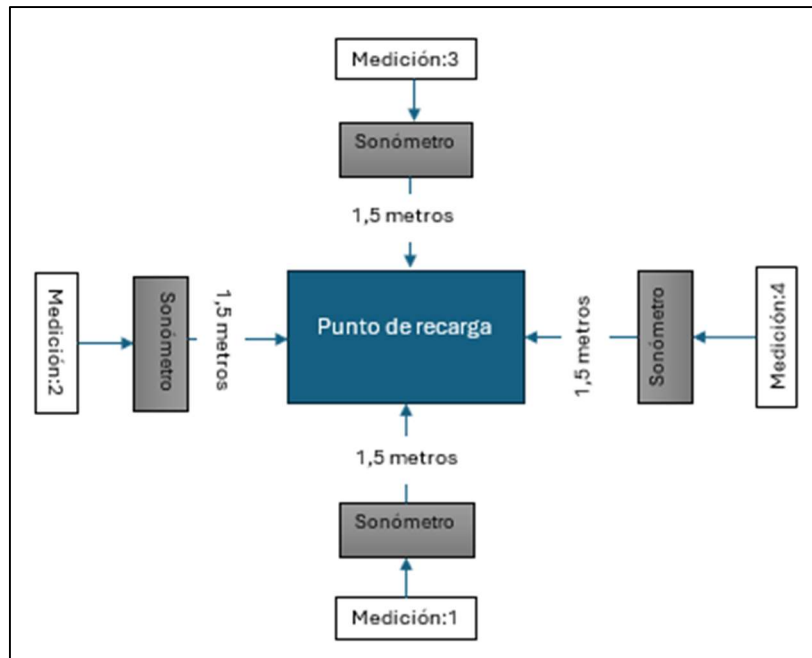


Ilustración 20: Configuración general medición

En cada lado del punto de recarga o cargador rápido en estado activo, se realizará una medición como se muestra en la Ilustración 30, cada medición constará a su vez de cinco mediciones del nivel de ruido de una duración de diez segundos cada una. Por otro lado, para medir el ruido de fondo se harán cinco mediciones de diez segundos, con el punto de recarga desactivado.

Contra el posible efecto del viento, en las medias al aire libre, el micrófono se protegerá con borla anti-viento y se medirá la velocidad del viento, si esta supera los 5 m/s, se desestimará la medición.

Por otro lado, la temperatura y la humedad del ambiente deberán ser compatibles con las especificaciones del fabricante del equipo de medida y estar dentro de los rangos especificados por las normativas IEC 61672-1 [39] o la IEC 60942 [40], como se menciona en el R.D. 1367/2007 [26], la temperatura ambiente debe estar entre 0 y 40 °C, mientras que la humedad relativa debe estar entre 20 % y 100 %.

Todas las mediciones se realizaron en las siguientes condiciones:

- Rango de temperatura entre 14 °C y 26 °C.
- Humedad relativa estuvo entre 42 % y 73 %.

Tanto el viento, temperatura y la humedad fueron medidas con el termo-hidro-anemómetro calibrado PCE-THA 10.

5.5 Determinación del ruido de fondo y correcciones acústicas

La evaluación de los distintos emisores acústicos se realiza mediante la determinación de los niveles sonoros emitidos o transmitidos a los ambientes circundantes. Pero para la determinación de dichos niveles, es preciso realizar mediciones en puntos afectados no solo por el emisor objeto de inspección, sino también por el resto de los emisores que afectan al ambiente en que se encuentre colocado el sonómetro.

En consecuencia, cuando realizamos una medida con el emisor en funcionamiento, que en nuestro caso será el punto de recarga del VE, lo que estamos evaluando es el nivel compuesto por los niveles provenientes del emisor y los originados por el resto de los emisores existentes que afectan al punto de medición, y ese valor no es el que se debe comparar con los límites establecidos en el Anexo III del R.D. 1367/2007 [9].

Por lo tanto, es necesario determinar cuál es la aportación del resto de emisores acústicos activos durante el periodo de medición del emisor a inspeccionar en funcionamiento. A esos niveles sonoros se les conoce como ruido de fondo.

5.5.1 Corrección por ruido de fondo

No es posible determinar de forma independiente la contribución acústica del punto de recarga y la del ruido de fondo mediante una única medición. Hay que realizar dos mediciones, la primera con el punto de recarga a inspeccionar en funcionamiento, a la que se denomina medida del nivel global o LAeq (por ser la suma del transmitido por el emisor y el de fondo) y, posteriormente realizar una segunda medición con el punto de recarga detenido para determinar el ruido de fondo LAf.

Una vez efectuada la medida del ruido de fondo (LAf), se comparará con el nivel de evaluación obtenido (LAeq) y se procederá de la siguiente manera:

Si la diferencia entre ambos niveles (L_{Aeq} , L_{Af}) es superior a 10 dB(A), no es necesario efectuar corrección por ruido de fondo y el nivel de evaluación resultante es L_{Aeq} .

$$L_{Aeq,r} = L_{Aeq} \quad (5.5.1.1)$$

Si la diferencia entre ambos niveles (L_{Aeq} , L_{Af}) está comprendida entre 3 y 10 dB(A), el nivel de evaluación resultante o transmitido ($L_{Aeq,r}$) viene dado por la siguiente fórmula:

$$L_{Aeq,r} = 10 \log(10^{\frac{L_{Aeq}}{10}} - 10^{\frac{L_{Af}}{10}}) \quad (5.5.1.2)$$

Si la diferencia entre ambos niveles (L_{Aeq} , L_{Af}) es inferior a 3 dB(A), la medida será descartada y se realiza una nueva medida cuando el ruido de fondo haya disminuido.

5.5.2 Aplicación de correcciones acústicas (K_f , K_i , K_t)

En el proceso de evaluación de los resultados ha de prestarse especial atención a las correcciones que marca la normativa por los efectos de tonos en bajas frecuencias, impulsividad de la señal o componentes tonales emergentes.

Estas correcciones tienen como finalidad incrementar el nivel sonoro evaluado cuando el ruido presenta características especialmente molestas, permitiendo contemplar de forma más realista las posibles afecciones sobre los receptores.

. Se debe tener en cuenta que la corrección total, por bajas frecuencias, impulsividad y tonalidad ($K_f + K_i + K_t$) nunca puede ser mayor a 9, aun cuando la suma de cada una de ellas supere dicho valor. A continuación, se enumeran los tres tipos:

- Presencia de bajas frecuencias (K_f): que el ruido tenga mucha más energía en las bajas frecuencias que en las altas.
- Presencia de impulsividad (K_i): que el ruido cambie de intensidad de forma brusca (golpes).

- Presencia de componentes tonales emergentes (Kt): en una determinada frecuencia, la energía sea muy superior a la de las frecuencias contiguas.

5.5.2.1 Corrección por bajas frecuencias Kf

Para determinar si la medida del nivel de ruido debe o no ser corregido por la presencia de bajas frecuencias, se procederá de la siguiente manera:

- Con el punto de recarga en funcionamiento, mediremos de forma simultánea (la instrumentación actual lo permite) los niveles los índices en dB(A) y dB(C).
- En el mismo punto de medición y lo más próximo posible en el tiempo, una vez parada la actividad, mediremos el ruido de fondo en dB(A) y dB(C).
- Como las correcciones se deben aplicar a los niveles transmitidos, deberemos corregir los niveles globales por el ruido de fondo, tanto los expresados en dB(A) como los expresados en dB(C).

$$LCeq,r = LCeq \quad (5.5.2.1.1)$$

, si $LCeq - LCf > 10dB(C)$

$$LCeq,r = 10 \log(10^{\frac{LCeq}{10}} - 10^{\frac{LCf}{10}}) \quad (5.5.2.1.2)$$

, si $3dB(C) < LCeq - LCf < 10dB(C)$

$$LAeq,r = LAeq, \text{ si } LAeq - LAf > 10dB(A)$$

$$LAeq,r = 10 \log(10^{\frac{LAeq}{10}} - 10^{\frac{LAf}{10}}) , \text{ si } 3dB(A) < LAeq - LAf < 10dB(A)$$

- Se determinará la posible corrección, sin más que comparar dicha diferencia con el cuadro de penalizaciones siguiente:

$$Lf = LCeq,r - LAeq,r \quad (5.5.2.1.3)$$

Lf (dB)	Componente de baja frecuencia Kf (dB)
Si Lf ≤ 10	0
Si 10 > Lf ≤ 15	3
Si Lf > 15	6

Tabla 5: Corrección por componente de baja Valores Kf

5.5.2.2 Corrección por componente de impulsiva Ki

El sonómetro permite medir utilizando tres diferentes tiempos de integración: slow, fast e impulso; es la respuesta del sonómetro a la señal de entrada. Cuanto más corto sea el tiempo de integración, antes “percibirá” el sonómetro la intensidad de la señal que está midiendo.

Para un ruido impulsivo, cuanto menor sea el tiempo de integración, proporcionará un valor más elevado. Para evaluar las posibles correcciones por impulsividad del nivel de ruido medido se deberá actuar de la siguiente forma, con el punto de recarga funcionando y parado, calcular:

$$LAeq,r = LAeq, \text{ si } LAeq - LAf > 10dB(A)$$

$$LAeq,r = 10 \log(10^{\frac{LAeq}{10}} - 10^{\frac{LAf}{10}}), \text{ si } 3dB(A) < LAeq - LAf < 10dB(A)$$

$$LAIq,r = LAeq \quad (5.5.2.2.1)$$

$$, \text{ si } LAeq - LAf > 10dB(A)$$

$$LAIq,r = 10 \log(10^{\frac{LAeq}{10}} - 10^{\frac{LAf}{10}}) \quad (5.5.2.2.2)$$

$$, \text{ si } 3dB(A) < LAeq - LAf < 10dB(A)$$

$$Li = LAIq,r - LAeq,r \quad (5.5.2.2.3)$$

Li (dB)	Componente impulsiva Ki (dB)
Si Li ≤ 10	0
Si 10 > Li ≤ 15	3
Si Li > 15	6

Tabla 6: Corrección por componente impulsiva Ki

5.5.2.3 Corrección por componente tonal Kt

Para la evaluación detallada del ruido por presencia de componentes tonales emergentes se tomará como procedimiento de referencia el siguiente:

- Se realizará el análisis espectral del ruido en 1/3 de octava, sin filtro de ponderación.
- Se calculará la diferencia:

$$L_t = L_f - L_s \quad (5.5.2.3.1)$$

$$L_f = LAeq(f) \quad (5.5.2.3.2)$$

$$L_s = \frac{LAeq(f_{+1}) + LAeq(f_{-1})}{2} \quad (5.5.2.3.3)$$

Se determinará la presencia o la ausencia de componentes tonales y el valor del parámetro de corrección Kt aplicando la tabla siguiente:

Banda de frecuencia 1/3 de octava	Lt en dB	Componente tonal Kt en dB
De 20 a 125 Hz	Si $L_t < 8$	0
	Si $8 \leq L_t \leq 12$	3
	Si $L_t > 12$	6
De 160 a 400 Hz	Si $L_t < 5$	0
	Si $5 \leq L_t \leq 8$	3
	Si $L_t > 8$	6
De 500 a 10000 Hz	Si $L_t < 3$	0
	Si $3 \leq L_t \leq 5$	3
	Si $L_t > 5$	6

Tabla 7: Corrección por componente tonal Kt

5.6 Cálculo del nivel de ruido corregido (LKeq)

Es el nivel de ruido a comparar con los límites de inmisión establecidos en el Anexo III del R.D. 1367/2007 [9], sin perjuicio de la aplicación de los valores más restrictivos fijados por la ordenanza municipal correspondiente al emplazamiento.

- En la determinación del $L_{K_{eq}}$ se tendrá en cuenta la corrección por ruido de fondo, $L_{A_{eq,r}}$.
- El valor del nivel sonoro resultante se redondeará incrementándolo en 0,5 dB(A), tomando la parte entera como valor resultante.
- Se tomará como resultado de la medición el valor más alto de los obtenidos.

$$L_{K_{eq}} = L_{A_{eq,r}} + (K_f + K_i + K_t) \quad (5.6.1)$$

6 Resultados y Análisis

6.1 Presentación de los datos obtenidos en las mediciones

En este apartado se presentan los resultados obtenidos a partir de las mediciones acústicas realizadas en distintos puntos de recarga rápida y ultrarrápida de vehículos eléctricos analizados. Los resultados se muestran mediante gráficos de bandas de tercio de octava, en los que se compara el nivel sonoro registrado en estado operativo del punto de recarga con el ruido de fondo medido en estado preoperacional.

El análisis inicial se ha realizado a partir de los valores de $L_{A_{eq}}$, sin aplicar todavía las correcciones acústicas, con el objetivo de caracterizar el comportamiento espectral del ruido emitido por los equipos y detectar la posible presencia de componentes dominantes asociadas al funcionamiento de los sistemas de ventilación y de la electrónica de potencia, dado que dichas correcciones por bajas frecuencias, impulsividad y tonalidad tienen un carácter eminentemente legislativo y se aplican únicamente a efectos de verificación del cumplimiento de los límites normativos para su instalación en vía pública o en entornos urbanos.

Con el fin de ilustrar el comportamiento espectral del ruido emitido por los distintos puntos de recarga analizados, a continuación, se presentan a modo representativo, algunos ejemplos de mediciones individuales. El conjunto completo de gráficos correspondientes a todas las mediciones realizadas se

incluye en el Anexo 3, con el objeto de mantener la claridad expositiva del presente capítulo.

Los gráficos 3 y 4 representan los espectros de emisión sonora en bandas de tercio de octava correspondientes a las mediciones (1,2) de los modelos Rapid 50 kW One y Rapid 50 kW Duo (Ingeteam), medidos el 11/12/2023. En ambos casos se muestran los niveles de presión sonora equivalente LAeq en distintas posiciones de medida junto con el ruido de fondo, lo que permite evaluar la contribución específica del equipo al entorno acústico. Se observa una mayor concentración energética en el rango de frecuencias medias, aproximadamente entre 315 Hz y 400 Hz, 800 Hz – 1 kHz, con máximos en torno a 1 kHz y 3,15 kHz. En comparación con el fondo, los cargadores presentan niveles superiores en buena parte del espectro medio y medio-alto, evidenciando la influencia de los sistemas de ventilación y de la electrónica de potencia característicos de este tipo de puntos de recarga rápida en corriente continua.

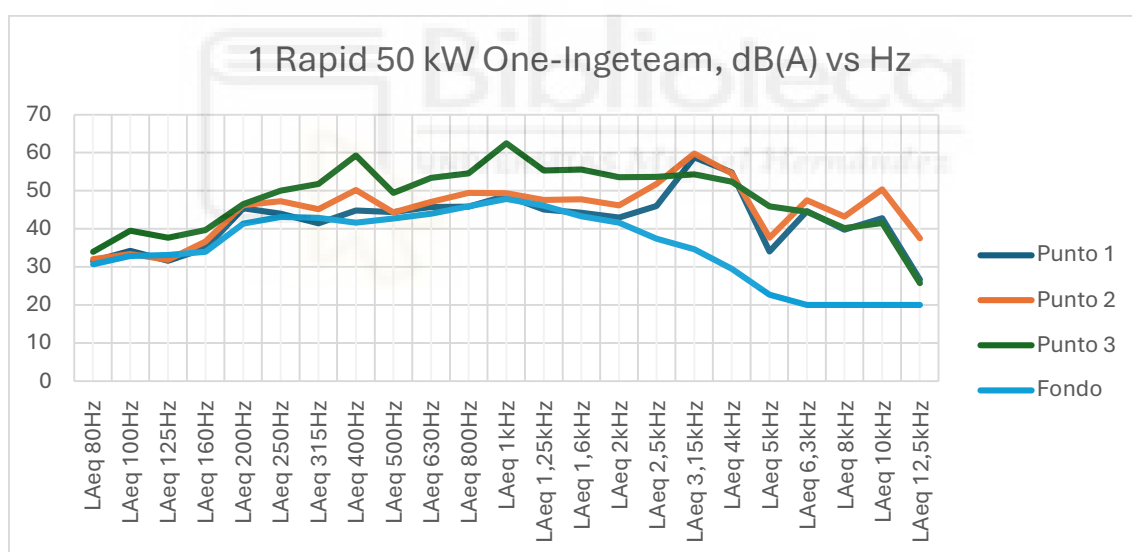


Gráfico 3: Medición: 1, Modelo cargador: Rapid 50 kW One, Identificación: ES La Galia, Fecha: 11/12/2023

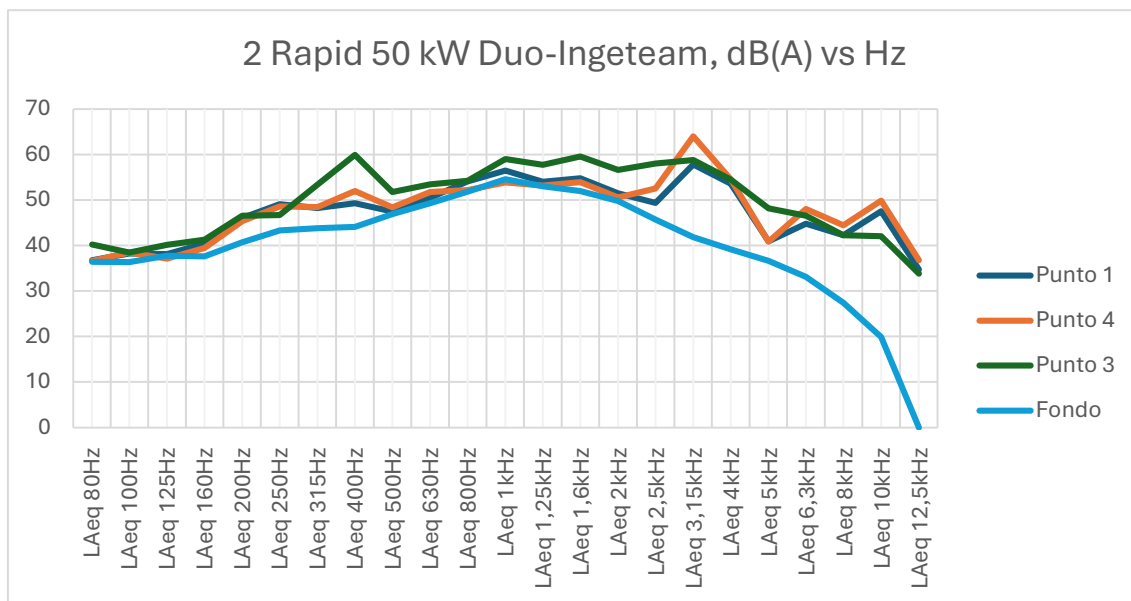


Gráfico 4: Medición: 2, Modelo cargador: Rapid 50 kW Duo, Identificación: Mc Donald's Hotel Ibis, Fecha: 11/12/2023

En el resto de los cargadores de potencia en torno a 50–60 kW, cuyos resultados se recogen en los Gráficos 11, 12, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 y 31 dentro del Anexo 3, el espectro acústico presenta un comportamiento relativamente homogéneo. No obstante, en determinados equipos se identifican incrementos localizados del nivel sonoro en bandas concretas, dando lugar a picos espectrales puntuales que se concentran principalmente en el intervalo comprendido entre 1 kHz y 3,15 kHz, sin que estos se repitan de forma sistemática en todos los puntos de recarga analizados.

En los puntos de recarga ultrarrápida, con potencias comprendidas entre 120 kW y 400 kW, cuyos resultados se presentan en los Gráficos 13, 16, 17, 18, 26, 27, 29 y 32 dentro del Anexo 3, se observa igualmente la aparición de incrementos espectrales localizados en rangos de frecuencia 500Hz y 1,25 kHz. Sin embargo, este comportamiento no es homogéneo dentro de esta tipología, apreciándose diferencias significativas entre modelos, lo que pone de manifiesto la influencia del diseño del sistema de refrigeración, del tipo y disposición de los ventiladores y de las características constructivas de la envolvente del equipo.

El gráfico 5 recoge los espectros de emisión sonora correspondientes al conjunto de cargadores rápidos de corriente continua (CC) analizados en el presente estudio. Representación los valores individuales de LAeq obtenidos en cada medición como la media logarítmica global calculada a partir del total de registros.

Esta visualización conjunta permite caracterizar el comportamiento espectral general de este tipo de infraestructuras, identificar tendencias comunes en la distribución energética por bandas de frecuencia y evaluar la variabilidad existente entre modelos y potencias nominales, proporcionando una visión global del espectro acústico asociado a los sistemas de recarga rápida.

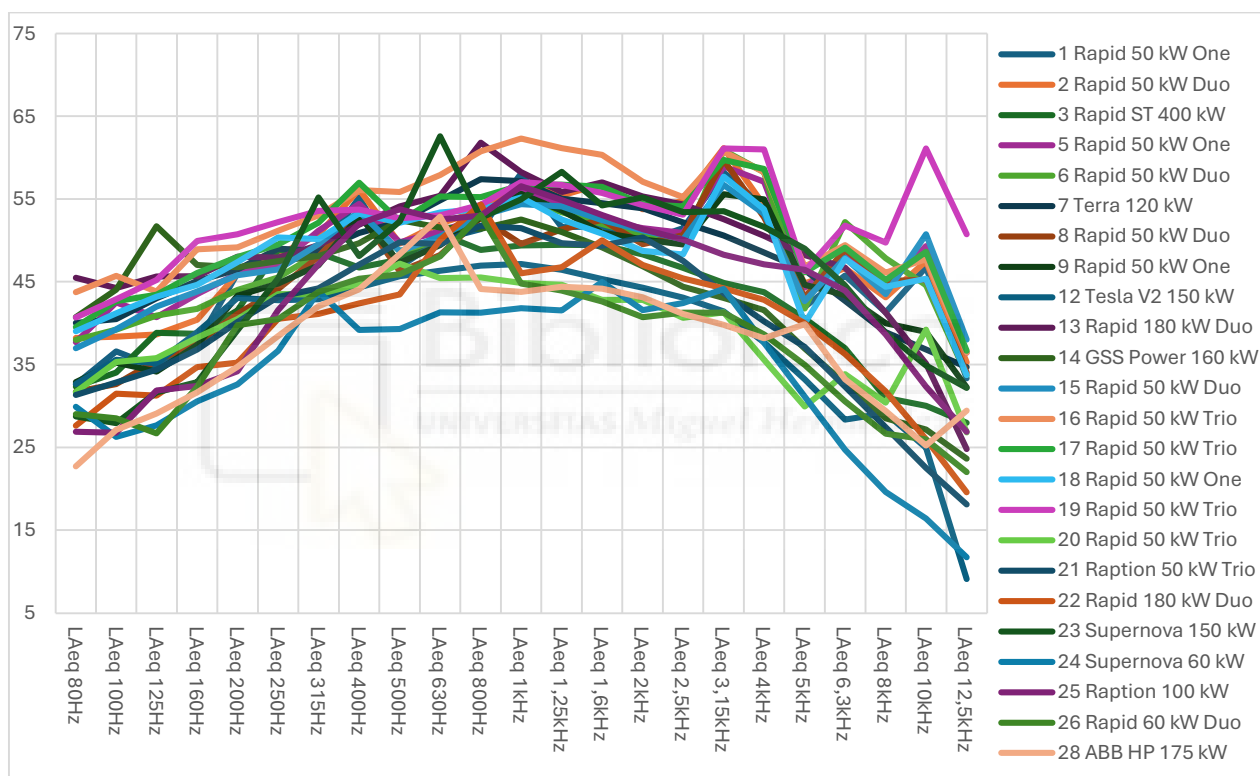


Gráfico 5: Espectros de emisión de emisión acústica de todos los cargadores rápidos de corriente continua (CC) evaluados. LAeq dB(A) media logarítmica de todos los valores de cada medición. Todos los puntos LAeq dB(A) de cada cargador.

El gráfico 6 presenta los espectros de emisión acústica correspondientes a la medición más desfavorable registrada para cada uno de los cargadores rápidos de corriente continua (CC) evaluados. Representando los valores individuales de LAeq obtenidos con la media logarítmica a partir de dichas mediciones máximas.

Este enfoque permite analizar el comportamiento espectral en condiciones de mayor emisión sonora, facilitando la identificación de posibles escenarios más exigentes desde el punto de vista acústico.

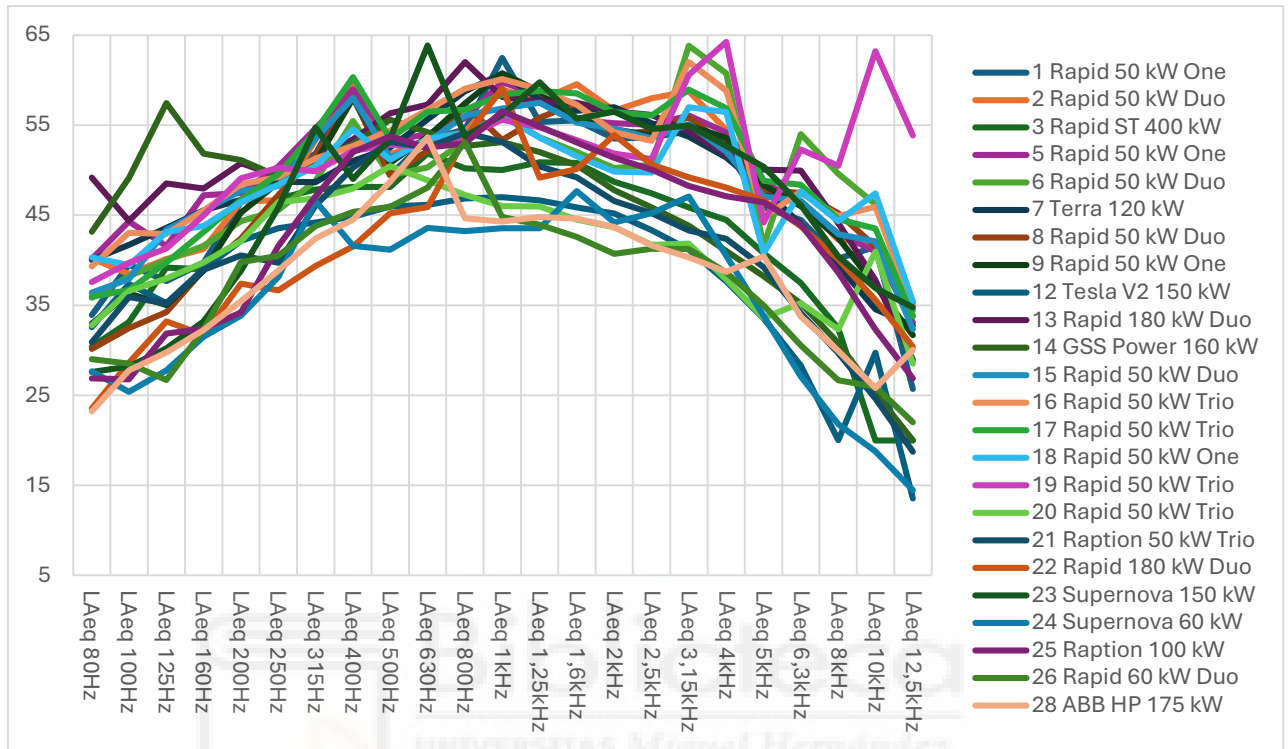


Gráfico 6: Espectros de emisión de emisión acústica de todos los cargadores rápidos de corriente continua (CC) evaluados. LAeq dB(A) media logarítmica de todos los valores de la medición más alta.

Tras el análisis conjunto presentado en los gráficos anteriores, se procede a realizar una evaluación más detallada de los espectros de emisión acústica, agrupando los resultados en función de la potencia nominal de los cargadores. Se puede observar que el mayor número de mediciones se han realizado en puntos de recarga de una potencia de 50kW:

Potencia de puntos de recarga (kW)	Número de mediciones realizadas
50	14
60	2
100	1
120	1
150	2
160	1
175	1
180	2
200	1
400	1

El gráfico 7 muestra los espectros de emisión acústica correspondientes exclusivamente a los cargadores rápidos de 50 kW, incluyendo los valores LAeq de cada medición como la media logarítmica global del conjunto.

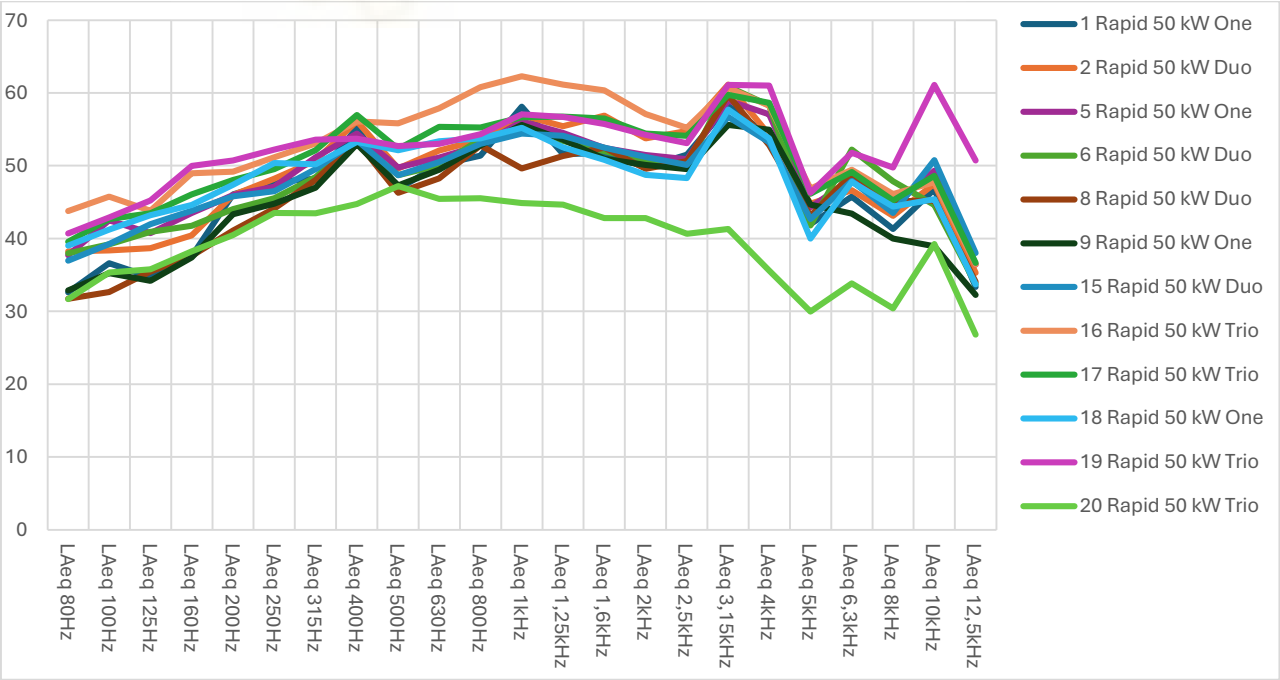


Gráfico 7: Espectros de emisión acústica de cargadores rápidos de 50 kW. LAeq dB(A) media logarítmica de todos los valores de cada medición. Todos los puntos LAeq dB(A) cada cargador.

El análisis conjunto de los espectros de frecuencia evidencia que los valores máximos de nivel sonoro en bandas de tercio de octava se registran, en su mayoría, en puntos de recarga rápida de menor potencia nominal, a excepción de la medición (20) que posee en su diseño constructivo con encapsulado con silenciador. A partir de los resultados obtenidos, no se observa una relación directa y unívoca entre la potencia nominal del punto de recarga y el nivel de emisión espectral registrado. El análisis detallado del espectro evidencia la presencia de picos recurrentes en bandas concretas de frecuencia.

El análisis espectral muestra una contribución apreciable en el intervalo 250–500 Hz, seguida de un primer máximo claramente definido en torno a 800 Hz–1 kHz. A continuación, se mantiene un nivel elevado en la banda comprendida entre 1,25 kHz y 1,6 kHz, configurando una zona de energía significativa en el rango medio del espectro. Posteriormente, se observa un segundo intervalo de elevada energía entre 3,15 kHz y 4 kHz. En algunos modelos se aprecia además un repunte en la banda próxima a 10 kHz. La repetición de estos máximos en distintos equipos sugiere la existencia de patrones acústicos comunes, fundamentalmente asociados a los sistemas de ventilación y refrigeración, más que a la potencia nominal del cargador.

En consecuencia, el análisis espectral confirma la existencia de diferencias acústicas significativas entre los distintos tipos y modelos de puntos de recarga analizados, sin que sea posible atribuir de forma exclusiva a la potencia nominal del equipo la aparición de los niveles máximos observados en las mediciones.

6.2 Comparativa con límites permitidos en las normativas vigentes

Para la comparación de los niveles sonoros obtenidos se ha tomado como referencia el Anexo III del Real Decreto 1367/2007, relativo a los objetivos de calidad acústica en ambiente exterior, considerando el periodo de tarde (Le), por ser el intervalo temporal en el que se realizaron las mediciones. No obstante, cuando ha resultado de aplicación una ordenanza municipal con valores más restrictivos, se han adoptado dichos límites.

Dado que los ensayos se han efectuado en condiciones reales de funcionamiento y en entorno urbano abierto, el nivel de evaluación utilizado para la comparación normativa ha sido el nivel sonoro corregido $L_{K_{eq}}$, obtenido tras la aplicación de las correcciones por ruido de fondo y, en su caso, por presencia de componentes de baja frecuencia (K_f), impulsividad (K_i) y tonalidad (K_t), conforme a lo establecido en la UNE-ISO 1996-2 y en coherencia con el RD 1367/2007.

La comparación se ha realizado bajo un criterio conservador, asimilando el punto de recarga a una fuente fija de actividad, evaluando su posible contribución al cumplimiento de los objetivos de calidad acústica del área donde se ubica.

Uso dominante	Índices de ruido		
	L_d (dB(A))	L_e (dB(A))	L_n (dB(A))
Sanitario, docente y cultural	40	40	30
Residencial	50	50	40
Residencial en patios interiores y de manzana	45	45	35
Terciario recreativo y de espectáculos	60	60	50
Industrial	65	65	55

Tabla 8: Valores límite de inmisión de ruido aplicable a actividades (NRE)

Este enfoque permite valorar de forma adecuada el impacto acústico real de los equipos en su entorno de implantación y garantizar la correcta comparación con los valores límite aplicables en cada caso.

Con el fin de aplicar correctamente los límites de ruido aplicable a actividades, se ha procedido a clasificar cada punto de recarga en función del uso dominante del entorno en el que se ubica, atendiendo a la zonificación acústica y a la información obtenida en los mapas de ruido municipales, recogándose en la tabla 9.

Medición	Modelo / Potencia	Uso dominante	Nivel máximo por uso	Nivel del mapa de ruido	Nivel del cargador con corrección	Cumple
1	Rapid 50 kW One - Ingeteam	Residencial	50	65–70	73	No
2	Rapid 50 kW Duo - Ingeteam	Residencial	50	65–70	73	No
3	Rapid ST – 400 kW	Industrial	65	60–65	65	Si
4	Rapid ST – 200 kW	Industrial	65	60–65	65	Si
5	Rapid 50 kW One - Ingeteam	Terciario	60	70–75	73	No
6	Rapid 50 kW Duo - Ingeteam	Terciario	60	70–75	72	No
7	Terra – 120 kW	Terciario	60	70–75	73	No
8	Rapid 50 kW Duo - Ingeteam	Residencial	50	65–70	72	No
9	Rapid 50 kW One - Ingeteam	Residencial	50	65–70	73	No
12	Tesla V2 – 150 kW	Terciario	60	-	63	No
13	Rapid Duo – 180 kW	Residencial	50	70–75	72	No
14	GSS Power – 160 kW	Terciario	50	70–75	66	No
15	Rapid 50 kW Duo - Ingeteam	Terciario	60	65–70	69	No
16	Rapid 50 kW Trio - Ingeteam	Terciario	60	70–75	75	No
17	Rapid 50 kW Trio - Ingeteam	Terciario	60	70–75	72	No
18	Rapid 50 kW One - Ingeteam	Residencial	50	70–75	71	No
19	Rapid 50 kW Trio - Ingeteam	Residencial	50	-	74	No
20	Rapid 50 kW Trio - Ingeteam	Industrial	65	-	63	Si
21	Raption 50 kW Trio - Circutor	Industrial	65	-	60	Si
22	Rapid 180 kW Duo - Ingeteam	Industrial	65	-	69	No

Medición	Modelo / Potencia	Uso dominante	Nivel máximo por uso	Nivel del mapa de ruido	Nivel del cargador con corrección	Cumple
23	Supernova 150 kW - Wall Box	Industrial	65	-	74	No
24	Supernova 60 kW - Wall Box	Industrial	65	-	58	Si
25	Raption 100 kW - Circutor	Industrial	65	-	63	Si
26	Rapid 60 kW Duo - Ingeteam	Industrial	65	-	62	Si
27	HYC 50 kW - Alpitronic	Industrial	65	-	55	Si
28	ABB HP 175 kW - ABB	Industrial	65	-	63	Si

Tabla 9: Evaluación del cumplimiento de los límites de inmisión acústica (L_{Keq}) según uso dominante y normativa aplicable

El Gráfico 8 muestra de forma conjunta los valores de nivel sonoro L_{Aeq}, los valores corregidos L_{Keq} y el límite normativo, ordenados de menor a mayor valor de L_{Keq}. Esta representación permite visualizar de manera clara el efecto de las correcciones acústicas aplicadas y su influencia en el resultado final de la evaluación normativa, así como identificar aquellos puntos de recarga que se sitúan próximos o por encima del valor de referencia establecido.

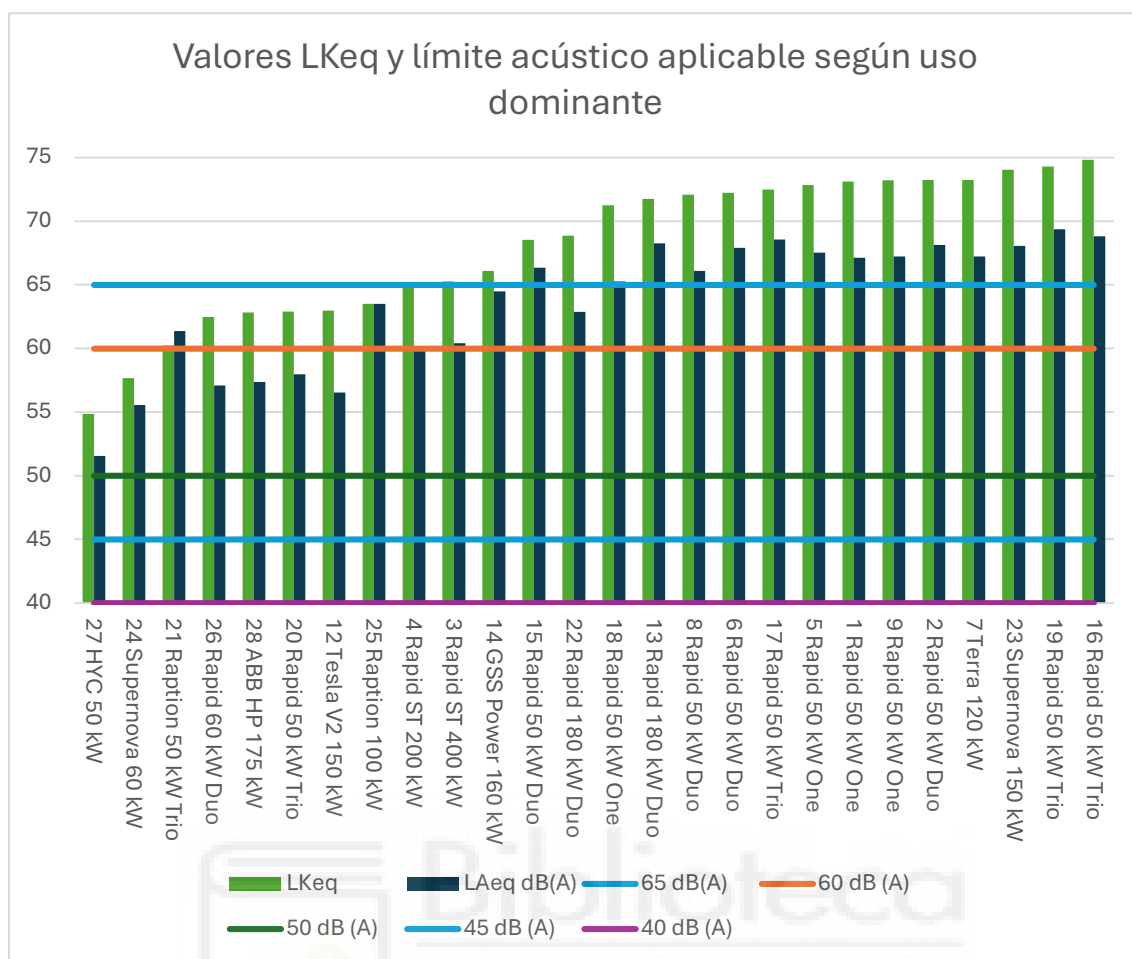


Gráfico 8: Valores LKeq y límite acústico aplicable según uso dominante, ordenado por LKeq de menor a mayor.

A partir de los valores de LKeq obtenidos, se aprecia que aproximadamente el 65,38 % de los puntos de recarga analizados no cumple el valor límite establecido por la normativa vigente para la zonificación acústica considerada, mientras que el 34,62 % restante presenta valores que cumple con los límites establecidos por uso dominante.

El análisis de los resultados evidencia que el cumplimiento del valor límite acústico no depende exclusivamente de la potencia nominal del punto de recarga. Asimismo, desde el punto de vista tipológico, no se observa un comportamiento normativo homogéneo asociado a una familia concreta de cargadores, registrándose casos de cumplimiento y de superación del valor de referencia tanto en puntos de recarga rápida como en puntos de recarga ultrarrápida. Este comportamiento confirma que el impacto acústico normativo está condicionado principalmente por el diseño del sistema de refrigeración, la

gestión térmica de la electrónica de potencia y la integración constructiva del equipo en su entorno.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten concluir que el impacto acústico de los puntos de recarga rápida y ultrarrápida analizados está determinado principalmente por el diseño acústico y el sistema de gestión térmica de cada equipo especialmente los sistemas de ventilación y refrigeración más que por su potencia nominal o por la tipología del punto de recarga. Asimismo, se constata que más del 53 % de las mediciones realizadas corresponden a equipos de 50 kW, lo que evidencia una tendencia clara de implantación de esta potencia como solución estándar en entornos urbanos. Sin embargo, el análisis de los niveles corregidos demuestra que la potencia nominal no constituye un indicador directo del impacto acústico generado, reforzando la necesidad de considerar el comportamiento acústico como criterio prioritario en la planificación de infraestructuras próximas a zonas sensibles.

7 Conclusiones

7.1 Resumen de los hallazgos

El objetivo principal de este trabajo ha sido analizar y caracterizar el impacto acústico asociado al funcionamiento de distintos puntos de recarga rápida y ultrarrápida de vehículos eléctricos, evaluando tanto su comportamiento espectral como su adecuación a la normativa vigente en materia de contaminación acústica. A partir de los resultados obtenidos, puede afirmarse que los objetivos planteados al inicio del estudio han sido alcanzados satisfactoriamente.

En relación con el objetivo de caracterizar el comportamiento acústico de los puntos de recarga en condiciones reales de funcionamiento, las mediciones realizadas in situ y el análisis en bandas de tercio de octava han permitido identificar diferencias acústicas significativas entre los distintos modelos y tipologías analizados. Los resultados muestran que los cargadores de recarga rápida en corriente continua, con potencias en torno a 50–60 kW, presentan en numerosos casos niveles sonoros comparables o superiores a los registrados en

equipos de mayor potencia nominal, lo que pone de manifiesto que la potencia instalada no constituye, por sí sola, un indicador fiable del impacto acústico.

En cuanto al objetivo de analizar el contenido espectral del ruido emitido, los espectros obtenidos evidencian la presencia de incrementos localizados del nivel sonoro en determinadas bandas de tercio de octava, concentradas principalmente en las bandas de frecuencia 800 Hz - 1 kHz/ 1,25 kHz - 1,6 kHz/ 3,15 kHz - 4 kHz. Estos incrementos se observan tanto en puntos de recarga rápida como ultrarrápida, y se asocian previsiblemente al funcionamiento de los sistemas de refrigeración y a la electrónica de potencia, sin que se identifique un patrón común dependiente exclusivamente del rango de potencia del equipo.

Respecto al objetivo de evaluar el cumplimiento de la normativa acústica vigente, la aplicación del procedimiento establecido en el Real Decreto 1367/2007, mediante el uso del nivel corregido $L_{K_{eq}}$, ha permitido determinar de forma objetiva el grado de adecuación de los distintos puntos de recarga analizados a los valores límite aplicables. Los resultados muestran que una parte significativa de los equipos supera el valor límite correspondiente a la zonificación acústica considerada, mientras que otros cumplen dicho límite. El análisis conjunto de los valores de $L_{A_{eq}}$, $L_{K_{eq}}$ y del límite normativo confirma la relevancia de las correcciones acústicas aplicadas, cuya influencia resulta determinante en el resultado final de la evaluación.

En relación con el objetivo de analizar la influencia de la potencia nominal y de la tipología del equipo en el impacto acústico, los resultados obtenidos demuestran que no existe una relación directa y unívoca entre la potencia instalada del punto de recarga y su nivel de emisión acústica evaluado normativamente. Se identifican casos de incumplimiento y de cumplimiento tanto en cargadores de baja como de alta potencia, lo que evidencia que factores de carácter técnico y constructivo, como el diseño del sistema de refrigeración, el tipo y régimen de funcionamiento de los ventiladores, la gestión térmica de la electrónica de potencia y el grado de encapsulado, desempeñan un papel determinante en el comportamiento acústico de los equipos.

Finalmente, el objetivo de contextualizar los resultados en el entorno urbano real de implantación se ha abordado mediante el uso de la información de los mapas de ruido de la ciudades de Elche y Alicante. Esta contextualización ha permitido interpretar adecuadamente los niveles de ruido de fondo medidos y justificar la zonificación acústica aplicada, junto con los índices de ruido de tarde L_e , poniendo de manifiesto que el impacto acústico de los puntos de recarga depende no solo del propio equipo, sino también del entorno acústico preexistente.

7.2 Recomendaciones para minimizar el impacto sonoro

A partir del cumplimiento de los objetivos planteados y de los resultados obtenidos, se proponen una serie de recomendaciones orientadas a minimizar el impacto acústico asociado al despliegue de infraestructuras de recarga rápida y ultrarrápida de vehículos eléctricos.

En primer lugar, se recomienda incorporar criterios acústicos en la selección de los puntos de recarga, junto con los criterios eléctricos y funcionales habituales. La elección de modelos con un diseño acústico optimizado, especialmente en lo relativo al sistema de refrigeración y al encapsulado de la electrónica de potencia, puede resultar determinante para garantizar el cumplimiento normativo en entornos urbanos y próximos a zonas sensibles.

En segundo lugar, se recomienda prestar especial atención al diseño de los sistemas de ventilación, priorizando soluciones que reduzcan la emisión sonora en las bandas de frecuencia donde se han identificado incrementos espectrales relevantes. La adecuada selección del tipo de ventiladores, su régimen de funcionamiento y su integración constructiva puede contribuir de manera significativa a la reducción del nivel sonoro global del equipo.

Desde el punto de vista de la planificación territorial, se considera recomendable tener en cuenta el contexto acústico previo del emplazamiento, utilizando la información proporcionada por los planes acústicos municipales como herramienta de apoyo en la toma de decisiones. En entornos con elevados niveles de ruido ambiental, la implantación de puntos de recarga puede resultar más compatible desde el punto de vista acústico, mientras que en zonas con

menor ruido de fondo resulta especialmente relevante la selección de equipos con bajas emisiones sonoras.

Por último, se recomienda que en futuros despliegues de infraestructura de recarga se integren los aspectos acústicos desde las fases iniciales de diseño constructivo (elementos para la insonorización como son los silenciadores) y planificación, de forma análoga a otros criterios técnicos, ambientales y urbanísticos. Esta integración temprana permitiría reducir conflictos acústicos, facilitar el cumplimiento normativo y favorecer una implantación más sostenible de la movilidad eléctrica.



8 Bibliografía

1. Organización Mundial de la Salud, <https://www.who.int/es>
2. Agencia Medioambiental Europea, <https://www.eea.europa.eu/>
3. EEA Signals 2020 — Towards zero pollution in Europe
4. Iberdrola, <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad>
5. Dirección General de Tráfico, www.dgt.es
6. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, <https://www.miteco.gob.es/>
7. Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, <https://www.boe.es/eli/es/l/2003/11/17/37/con>
8. Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2005/12/16/1513/con>
9. Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/10/19/1367/con>
10. Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2002-81289>
11. Ley 7/2002, <https://dogv.gva.es/es/eli/es-vc/l/2002/12/03/7>
12. Conselleria de Medio Ambiente, Infraestructuras y Territorio, <https://mediambient.gva.es/es/web/calidad-ambiental/contaminacion-acustica.-ruido>
13. Decreto 19/2004, <https://dogv.gva.es/es/eli/es-vc/d/2004/02/13/19>
14. Decreto 266/2004, <https://dogv.gva.es/es/eli/es-vc/d/2004/12/03/266>
15. Decreto 104/2006, <https://dogv.gva.es/va/eli/es-vc/d/2004/12/03/266>
16. Ordenanza de Protección contra la Contaminación Acústica de Elche (BOP N° 48 de 08/03/2018) <https://www.elche.es/download/ordenanza-de-proteccion-contra-la-contaminacion-acustica-por-ruidos-y-vibraciones-en-el-municipio-de-elche>

17. Reglamento (UE) 2023/1804 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de septiembre de 2023 relativo a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos y por el que se deroga la Directiva 2014/94/UE.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-81310>
18. Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de octubre de 2014, relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2014-83154>
19. [ITC-BT-52. Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos, https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/bt/guia_bt_52_nov17R1.pdf
20. Directiva 2007/46/CE, <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2007-81851>
21. Norma IEC-62196, estándar internacional que define los estándares para los conectores de carga de VE, <https://www.une.org>
22. UNE 20315-1-2, norma española que establece los requisitos dimensionales para las bases de enchufe y clavijas destinadas a usos domésticos y similares
23. UNE-EN 62196-2, norma española que adopta la IEC 62196-2.
24. UNE-EN 62196-3, norma española que adopta la IEC 62196-3.
25. Cucó Pardillos, S. (2022). Infraestructura para la recarga del vehículo eléctrico: (1 ed.)
26. UNE-ISO 1996:2016, define las magnitudes básicas utilizadas para describir el ruido y los procedimientos de evaluación fundamentales de éste.
27. Orden ITC/2845/2007, control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos, <https://www.boe.es/eli/es/o/2007/09/25/itc2845/con>
28. IEC 61672-1, norma internacional que especifica los criterios de rendimiento de los sonómetros profesionales.
29. IEC 60942, norma internacional que especifica los criterios de rendimiento de los calibradores acústicos profesionales.

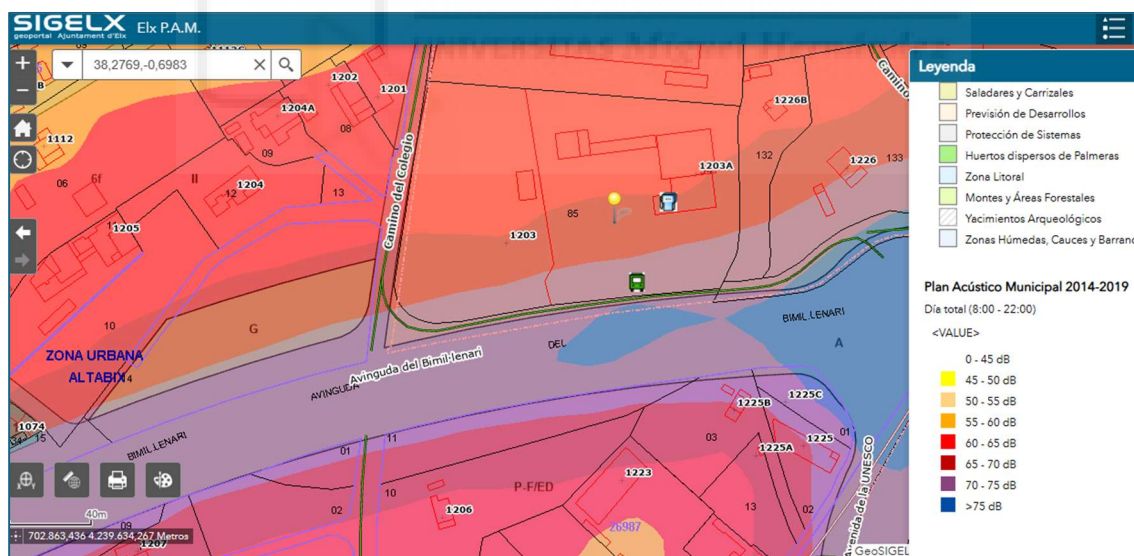
9 Anexos

9.1 Anexo 1: Imágenes del estudio acústico de los puntos de recarga de vehículos eléctricos.

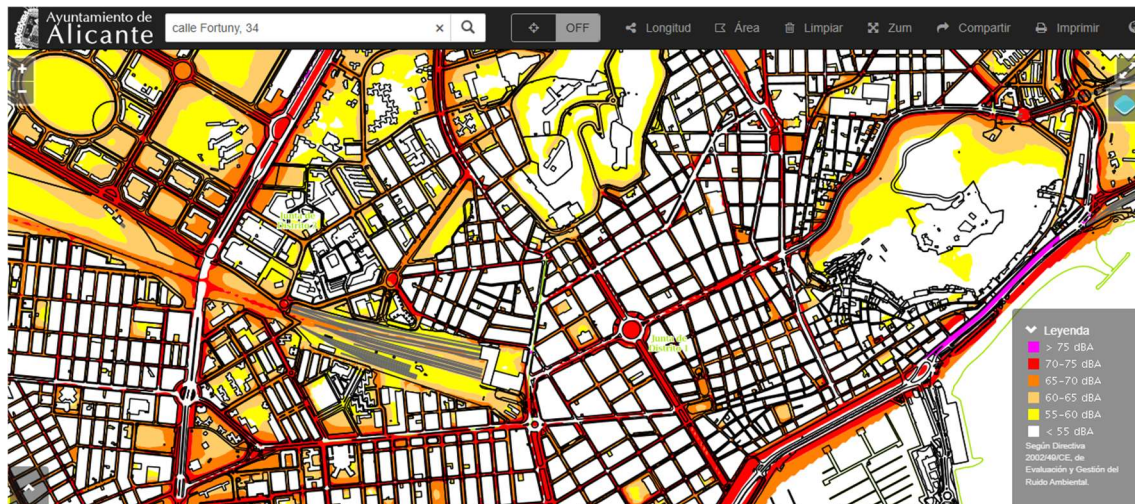
El presente anexo recoge, a modo de información complementaria, las imágenes procedentes del mapa de ruido de las ciudades de Elche y Alicante correspondientes a los entornos en los que se ubican los puntos de recarga analizados. La información incluida tiene carácter orientativo y se emplea exclusivamente para contextualizar el entorno acústico previo a la implantación de los puntos de recarga y justificar la zonificación acústica considerada en la evaluación normativa. En ningún caso estos valores se utilizan como criterio de cumplimiento normativo, que se evalúa conforme a los niveles corregidos $L_{K_{eq}}$ descritos en el apartado 6.2.

Mapas de ruido de las ciudades de Elche y Alicante:

<https://geoportal.elche.es/elixapps/web/elixpam/>



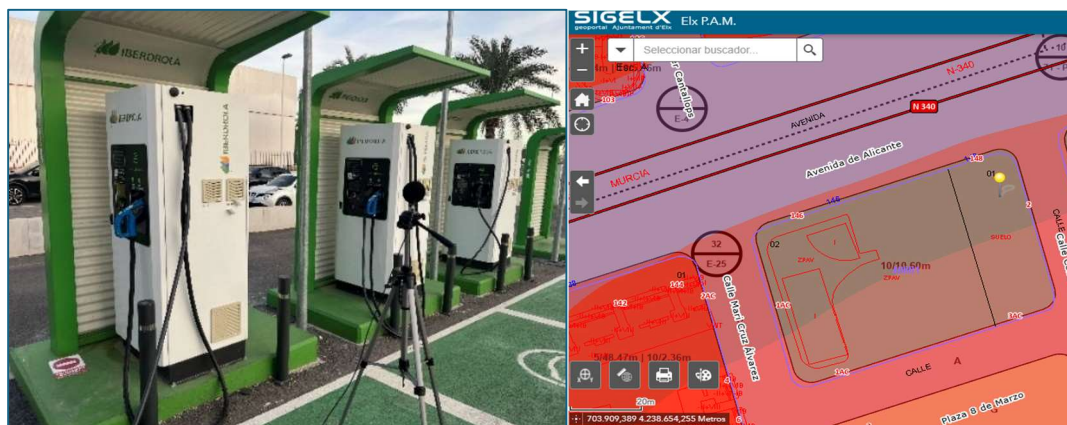
<https://mapas.alicante.es/ruido/>



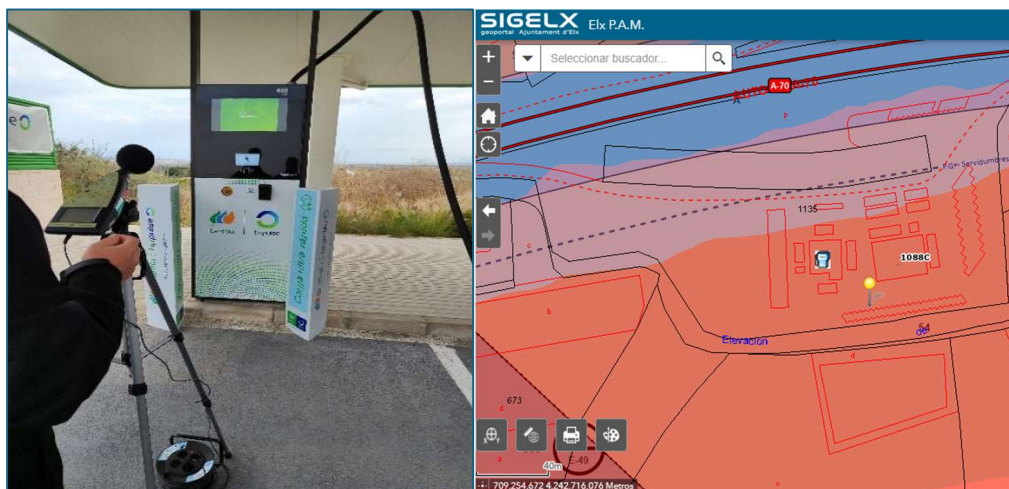
Medición: 1, Modelo: Rapid 50 kW One - Ingeteam, Identificación: ES La Galia, Ubicación: Av. Bimilenario, s/n, La Galia. Elche



Medición: 2, Modelo: Rapid 50 kW Duo - Ingeteam, Identificación: Mc Donald's Hotel Ibis, Ubicación: c. Celia Lozano Campello, 5. Elche



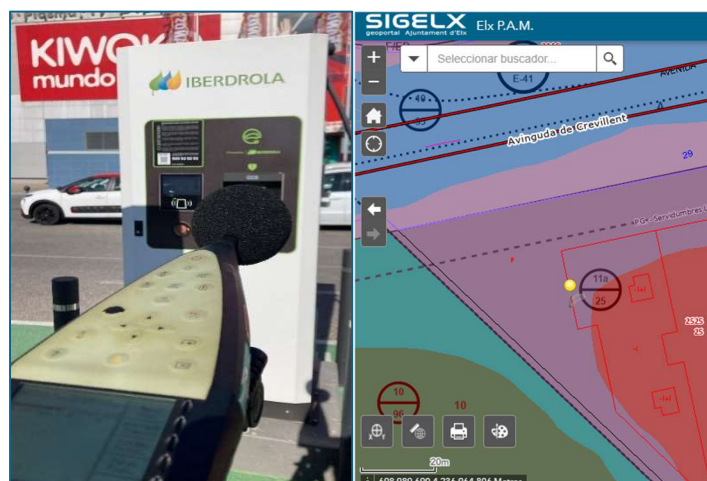
Medición: 3, Modelo: Rapid ST 400 kW - Ingeteam, Identificación: ES Galp Iberdrola A-7, Ubicación: Autovía A-7, km 25. Torrellano



Medición: 4, Modelo: Rapid ST 200 kW - Ingeteam, Identificación: ES Galp Iberdrola A-7, Ubicación: Autovía A-7, km 25. Torrellano



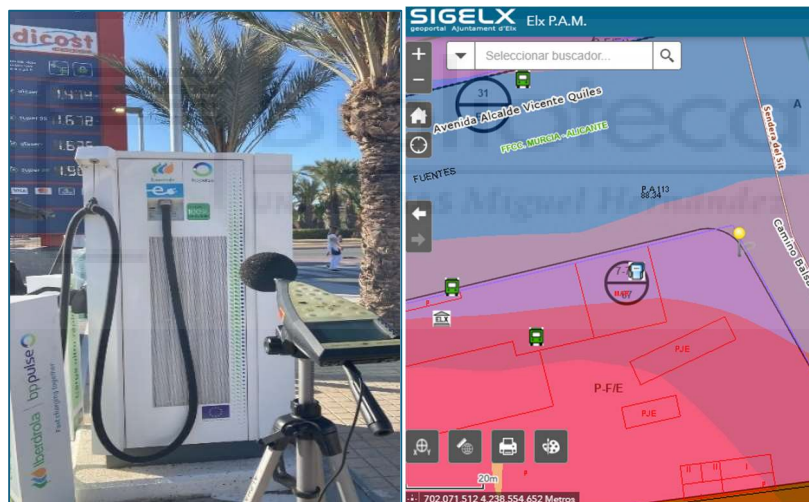
Medición: 5, Modelo: Rapid 50 kW One - Ingeteam, Identificación: Media Markt CC El Sauce, Ubicación: Av. Crevillente, 29. Elche



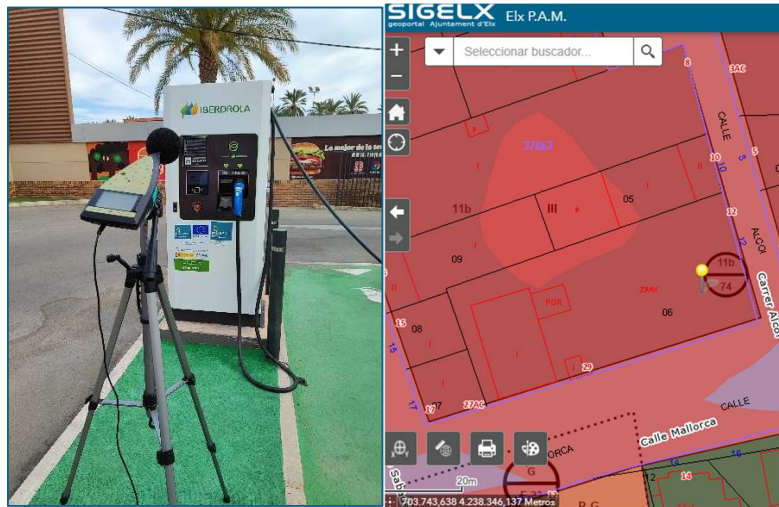
Medición: 6, Modelo: Rapid 50 kW Duo - Ingeteam, Identificación: Media Markt
CC El Sauce, Ubicación: Av. Crevillente, 29. Elche



Medición: 7, Modelo: Terra 120 kW - ABB, Identificación: ES Estación Autobuses,
Ubicación: Cami de la Bassa dels Moros, 7. Elche



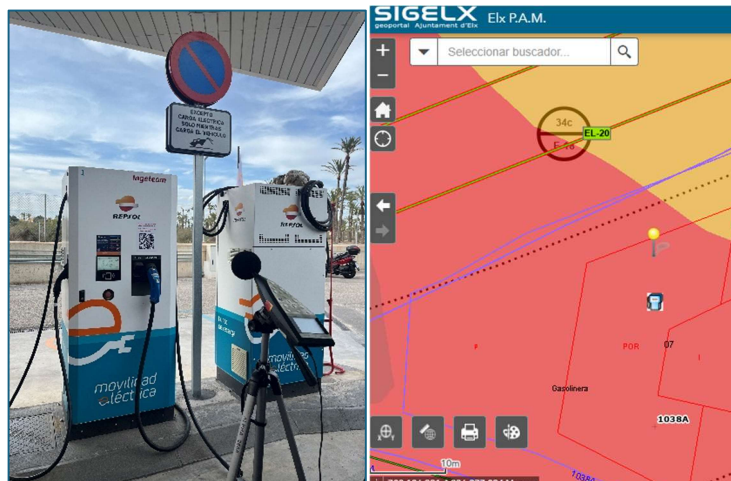
Medición: 8, Modelo: Rapid 50 kW Duo - Ingeteam, Identificación: Burgerking Audi, Ubicación: c.Alcoi, 12. Elche



Medición: 9, Modelo: Rapid 50 kW One - Ingeteam, Identificación: Burgerking Audi, Ubicación: c.Alcoi, 12. Elche



Medición: 10, Modelo: Rapid 50 kW Trio - Ingeteam, Identificación: ES Repsol Glenda, Ubicación: Partida Alzabares Alto, 11. Elche



Medición: 11, Modelo: Rapid 50 kW Trio - Ingeteam, Identificación: ES Repsol Glenda, Ubicación: Partida Alzabares Alto, 11. Elche



Medición: 12, Modelo: Tesla V2 150 kW - Tesla, Identificación: Tesla Supercharger Murcia, Ubicación: Autovía A-7, CC Nueva Condomina. Murcia



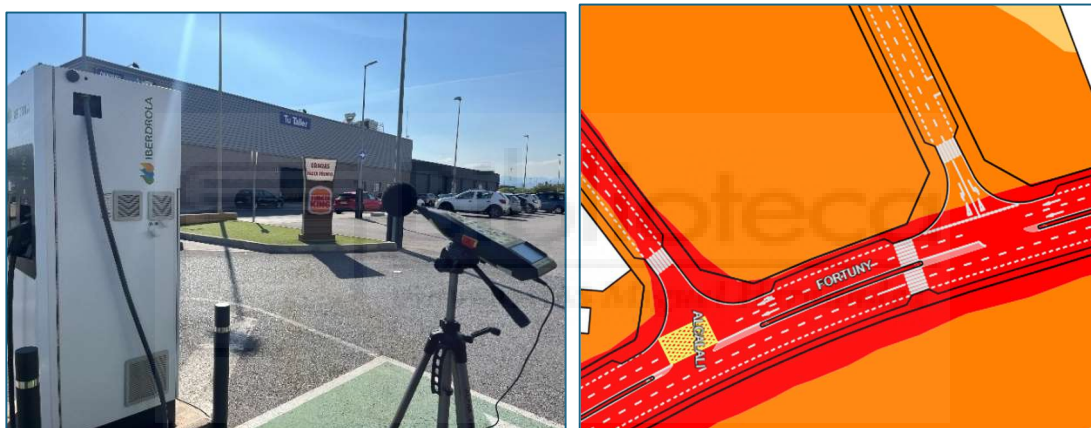
Medición: 13, Modelo: Rapid 180 kW Duo - Ingeteam, Identificación: Repsol San Isidro, Ubicación: c/ Bélgica, 1. San Isidro



Medición: 14, Modelo: GSS Power 160 kW - GSS Power, Identificación: GSS Power Bazarandia, Ubicación: Avinguda de Crevillente, 15. Elche



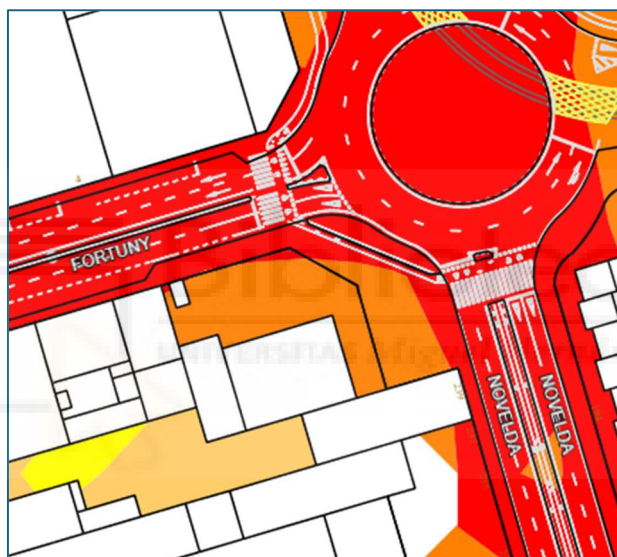
Medición: 15, Modelo: Rapid 50 kW Duo - Ingeteam, Identificación: Burger King Decathlon, Ubicación: c/ Fortuny, 34. Alicante



Medición: 16, Modelo: Rapid 50 kW Trio - Ingeteam, Identificación: ES Repsol Supercor, Ubicación: Avinguda Novelda, 169. Alicante



Medición: 17, Modelo: Rapid 50 kW Trio - Ingeteam, Identificación: ES Repsol
av. Novelda, Ubicación: Avinguda Novelda, 241. Alicante



Medición: 18, Modelo: Rapid 50 kW One - Ingeteam, Identificación: ES Avanza
Villafranca, Ubicación: c/ Músico José Torregrosa, 33. Alicante



Medición: 19, Modelo: Rapid 50 kW Trio - Ingeteam, Identificación: ES Repsol
Sol y Luz, Ubicación: Calle Cottolengo, 2. San Vicente del Raspeig



Medición: 20, Modelo: Rapid 50 kW Trio - Ingeteam, Identificación: Larraskitu nº 1, Ubicación: Entrada complejo. Larraskitu



Medición: 21, Modelo: Raption 50 kW Trio - Circutor, Identificación: Larraskitu nº 2, Ubicación: Entrada complejo. Larraskitu



Medición: 22, Modelo: Rapid 180 kW Duo - Ingeteam, Identificación: Larraskitu nº 3, Ubicación: Smart Mobility Lab Iberdrola. Larraskitu



Medición: 23, Modelo: Supernova 150 kW - Wall Box, Identificación: Larraskitu nº 4, Ubicación: Smart Mobility Lab Iberdrola. Larraskitu



Medición: 24, Modelo: Supernova 60 kW - Wall Box, Identificación: Larraskitu nº 5, Ubicación: Smart Mobility Lab Iberdrola. Larraskitu



Medición: 25, Modelo: Raption 100 kW - Circutor, Identificación: Larraskitu nº 6, Ubicación: Smart Mobility Lab Iberdrola. Larraskitu



Medición: 26, Modelo: Rapid 60 kW Duo - Ingeteam, Identificación: Larraskitu nº 7, Ubicación: Smart Mobility Lab Iberdrola. Larraskitu



Medición: 27, Modelo: HYC 50 kW - Alpitronic, Identificación: Larraskitu nº 8, Ubicación: Smart Mobility Lab Iberdrola. Larraskitu



Medición: 28, Modelo: ABB HP 175 kW - ABB, Identificación: Larraskitu nº 9,
Ubicación: Smart Mobility Lab Iberdrola. Larraskitu



9.2 Anexo 2: Imágenes representativas y referencias a las especificaciones técnicas de cada equipo, con el fin de facilitar su identificación.

Fabricante ABB:

- Modelo ABB HP 175 kW Ultrarrápida CC [26], número de puntos de recarga analizados: 1.

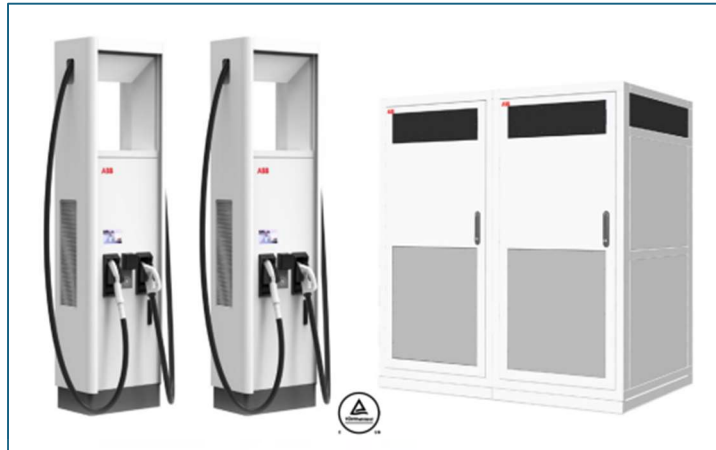


Ilustración 21: ABB HP 175 kW Ultrarrápida CC

- Modelo Terra 120 kW rápida CC [26], número de puntos de recarga analizados: 1.



Ilustración 22: Terra 120 kW rápida CC

GSS Power:

- Modelo GSS Power 160 kW Ultrarrápida CC [27], número de puntos de recarga analizados: 1.



Ilustración 23: GSS Power 160 kW Ultrarrápida CC

Alpitronic:

- Modelo HYC 50 kW rápida CC [28], número de puntos de recarga analizados: 1.



Ilustración 24: HYC 50 kW rápida CC

Ingeteam:

- Modelo Rapid 50 kW One rápida CC [29], número de puntos de recarga analizados: 4.
- Modelo Rapid 50 kW Duo rápida CC [29], número de puntos de recarga analizados: 4.
- Modelo Rapid 50 kW Trio rápida CC [29], número de puntos de recarga analizados: 6.



	Trio	Duo	One
CCS	✓	✓	✓
CHAdeMO	✓	✓	
AC 43 kW	✓		

Ilustración 25: Rapid 50 Kw One-Duo-Trio rápida CC

- Modelo Rapid 60 kW Duo rápida CC [30], número de puntos de recarga analizados: 1.
- Modelo Rapid 180 kW Duo ultrarrápida CC [31], número de puntos de recarga analizados: 2.
- Modelo Rapid ST 200 kW ultrarrápida CC [32], número de puntos de recarga analizados: 1.

- Modelo Rapid ST 400 kW ultrarrápida CC [32], número de puntos de recarga analizados: 1.



Ilustración 26: Rapid 60-180kW, ST 200-400Kw ultrarrápida CC

Fabricante Circuitor:

- Modelo Raption 100 kW rápida CC [33], número de puntos de recarga analizados: 1.



Ilustración 27: Raption 100 kW rápida CC

- Modelo Raption 50 kW Trio rápida CC [34], número de puntos de recarga analizados: 1.



Ilustración 28: Raption 50 kW Trio rápida CC

Fabricante Wall Box:

- Modelo Supernova 150 kW ultrarrápida CC [35], número de puntos de recarga analizados: 1.
- Modelo Supernova 60 kW rápida CC [35], número de puntos de recarga analizados: 1.



Ilustración 29: Supernova 60-150 kW rápida-ultrarrápida CC

Fabricante Tesla:

- Modelo Tesla V2 150 kW ultrarrápida CC [36], número de puntos de recarga analizados: 1.



Ilustración 30: Tesla V2 150 kW ultrarrápida CC

9.3 Anexo 3: Gráficos correspondientes a todas las mediciones realizadas en los puntos de recarga sin aplicar correcciones. Estado operacional y no operacional.

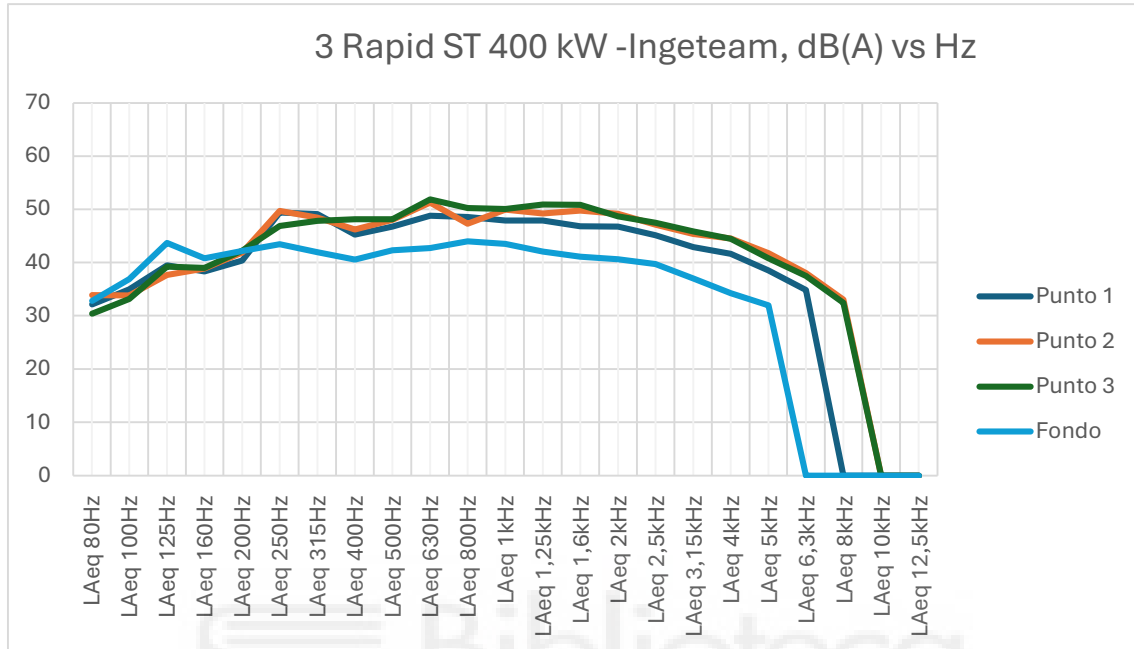


Gráfico 9: Medición: 3, Modelo cargador: Rapid ST 400 kW, Identificación: ES Galp Iberdrola A-7, Fecha: 22/4/2024

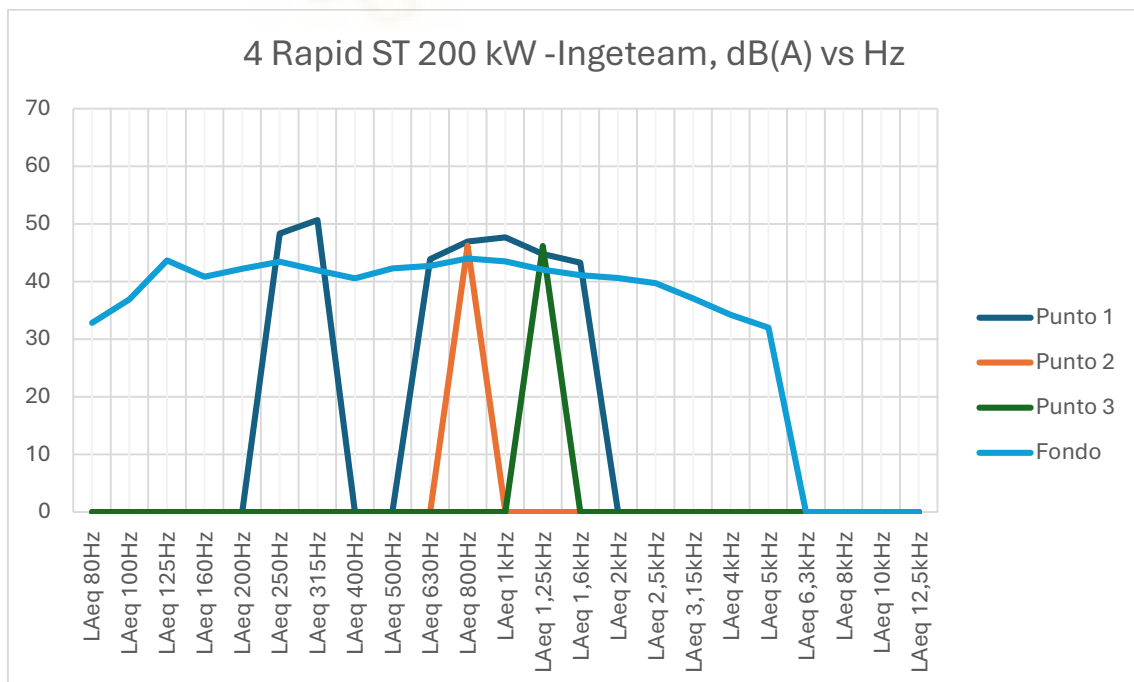


Gráfico 10: Medición: 4, Modelo cargador: Rapid ST 200 kW, Identificación: ES Galp Iberdrola A-7, Fecha: 22/4/2024

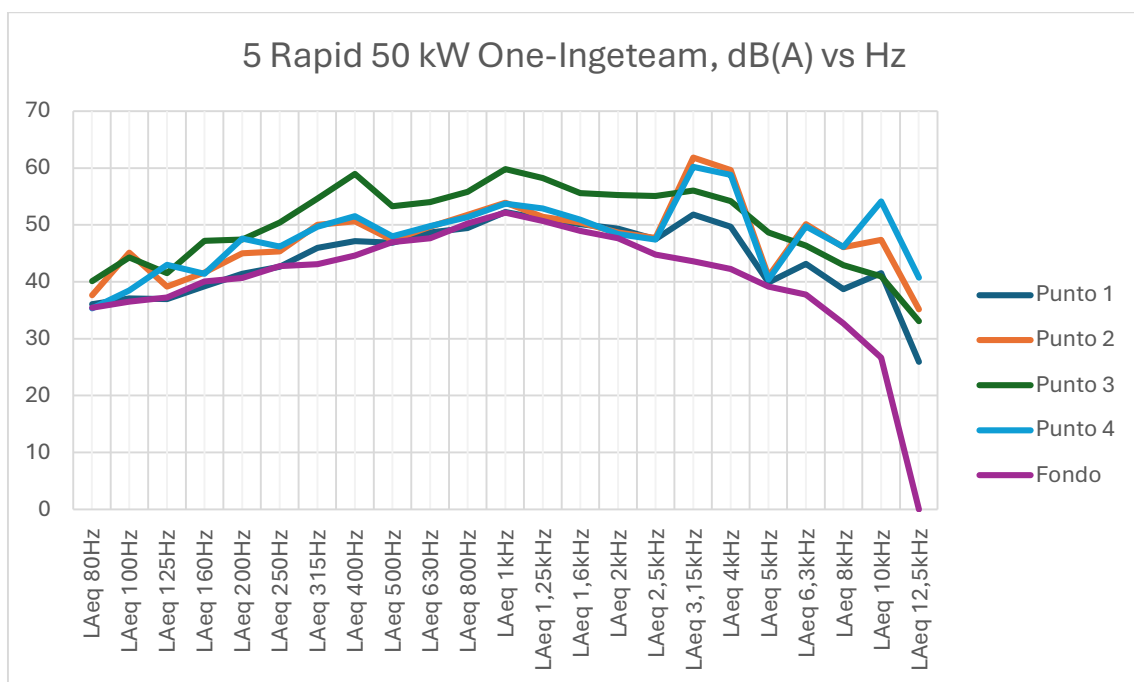


Gráfico 11: Medición: 5, Modelo cargador: Rapid 50 kW One, Identificación: Media Markt CC El Sauce, Fecha: 7/5/2024

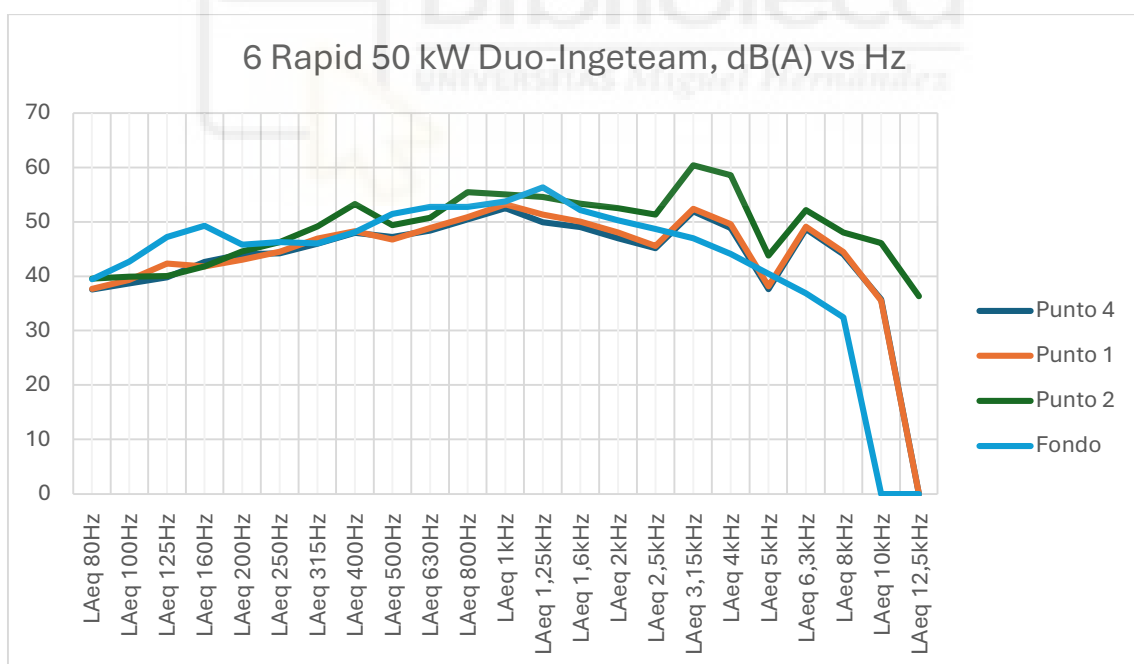


Gráfico 12: Medición: 6, Modelo cargador: Rapid 50 kW Duo, Identificación: Media Markt CC El Sauce, Fecha: 7/5/2024

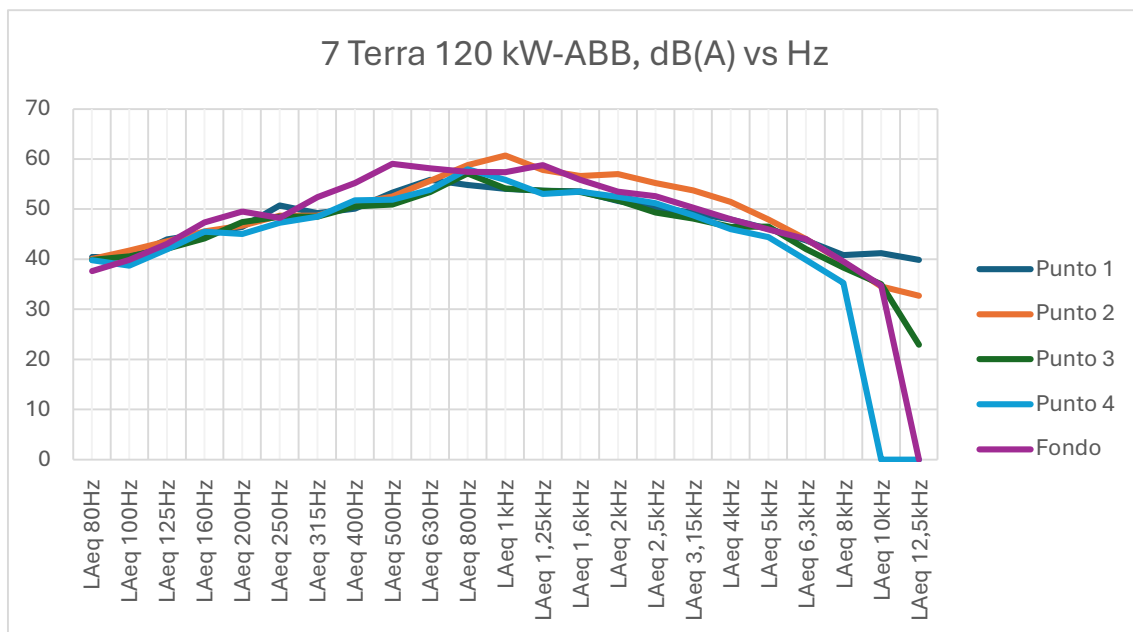


Gráfico 13: Medición: 7, Modelo cargador: Terra 120 kW, Identificación: ES Estación Autobuses, Fecha: 7/5/2024

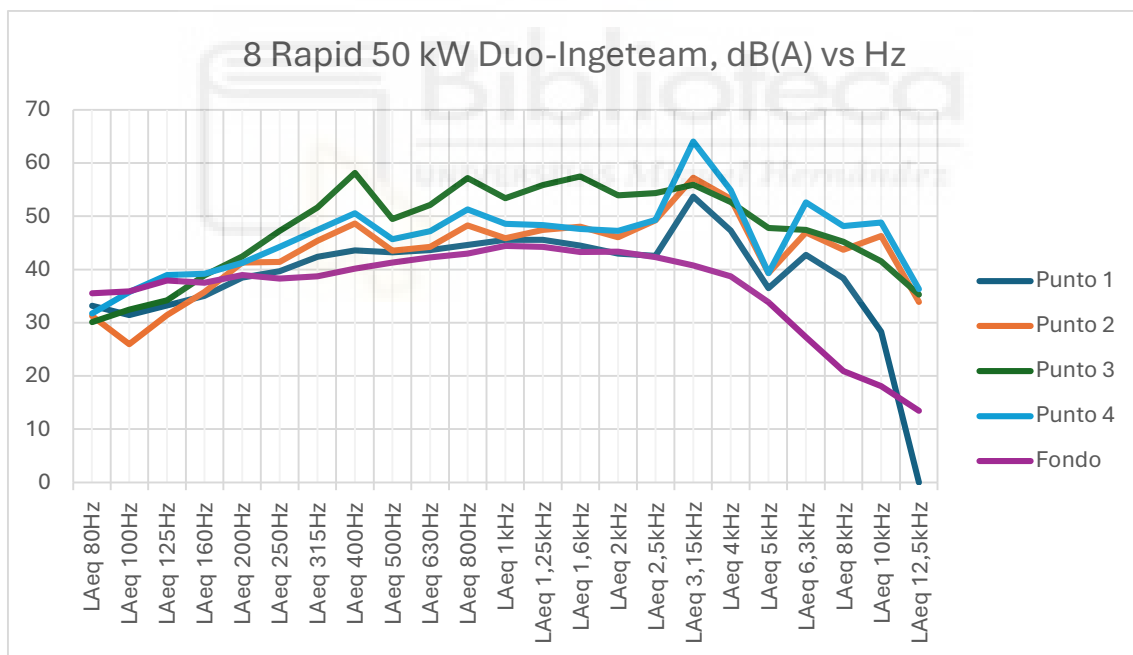


Gráfico 14: Medición: 8, Modelo cargador: Rapid 50 kW Duo, Identificación: Burgerking Audi, Fecha: 14/5/2024

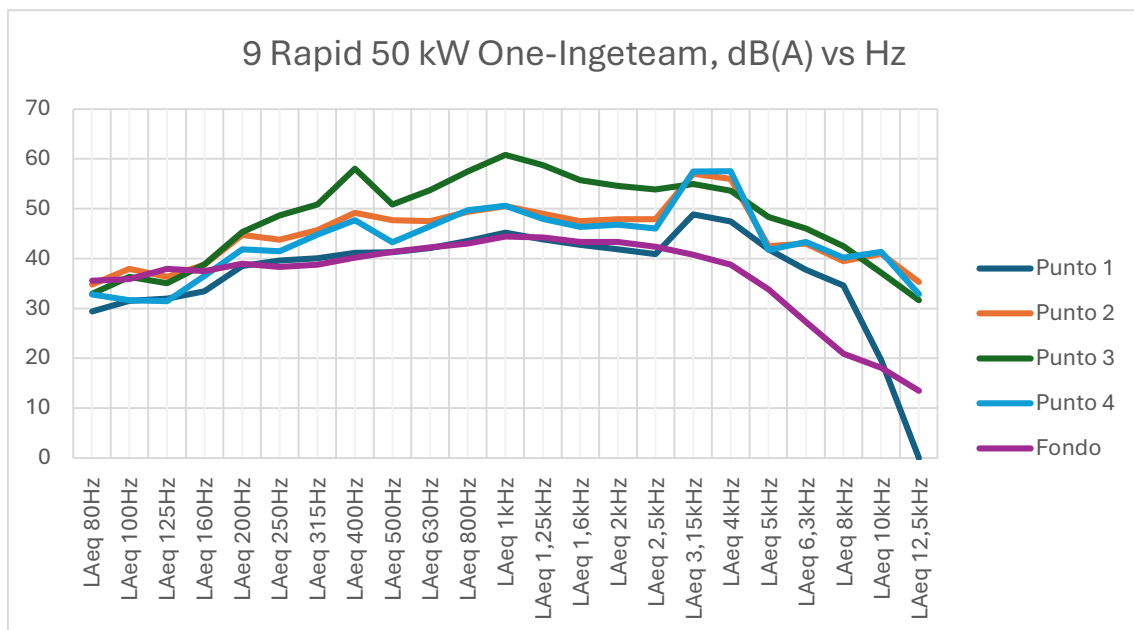


Gráfico 15: Medición: 9, Modelo cargador: Rapid 50 kW One, Identificación: Burgerking Audi, Fecha: 14/5/2024

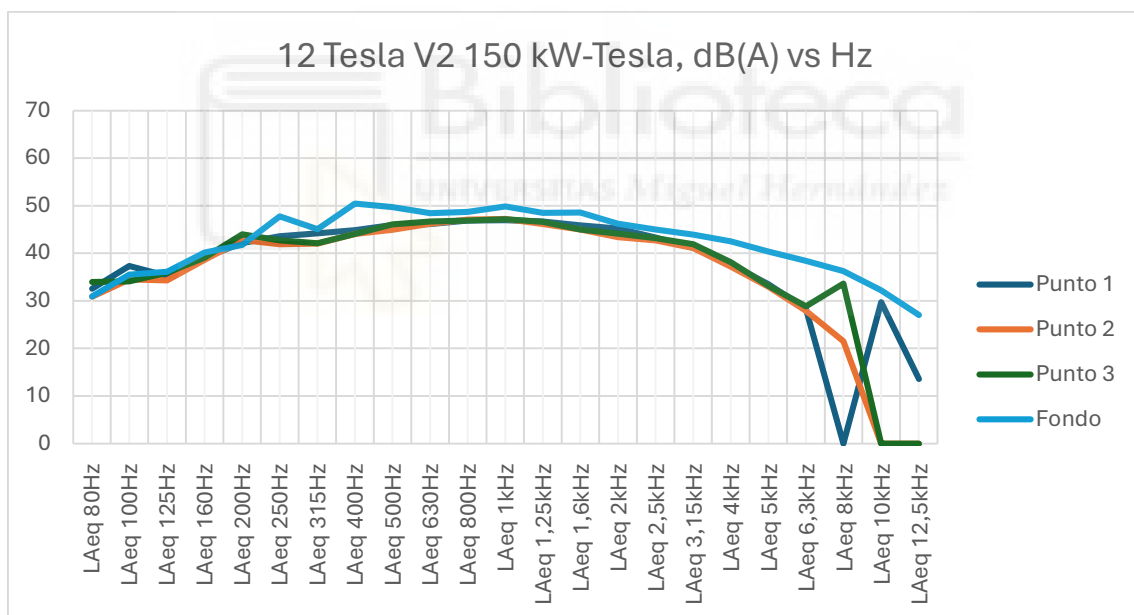


Gráfico 16: Medición: 12, Modelo cargador: Tesla V2 150 kW, Identificación: Tesla Supercharger Murcia, Fecha: 14/5/2024

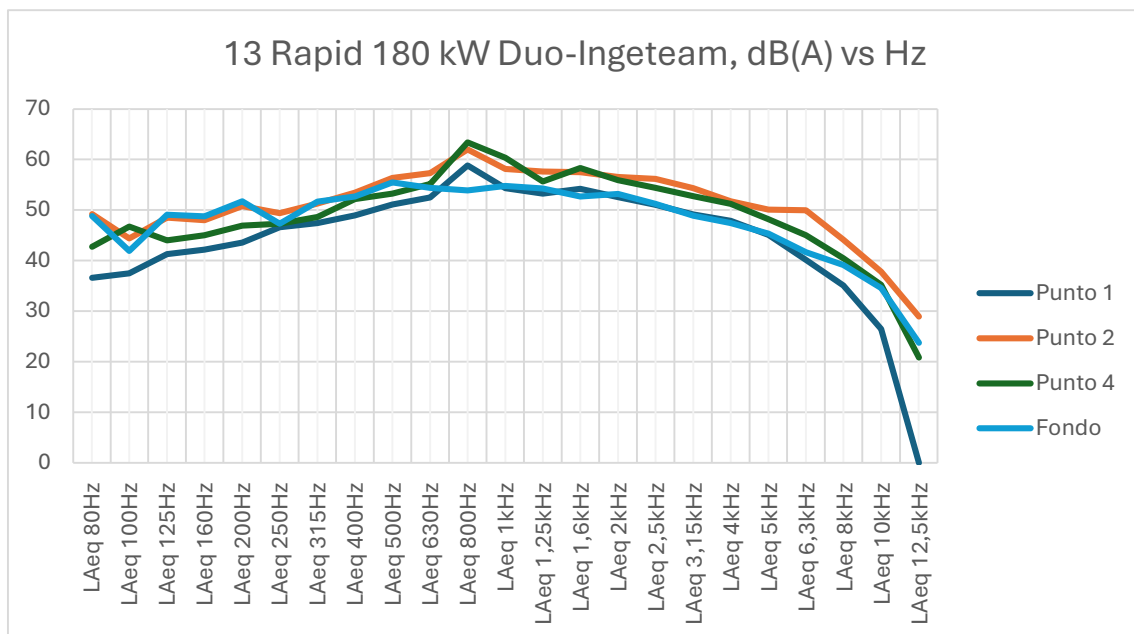


Gráfico 17: Medición: 13, Modelo cargador: Rapid 180 kW Duo, Identificación: Repsol San Isidro, Fecha: 14/5/2024

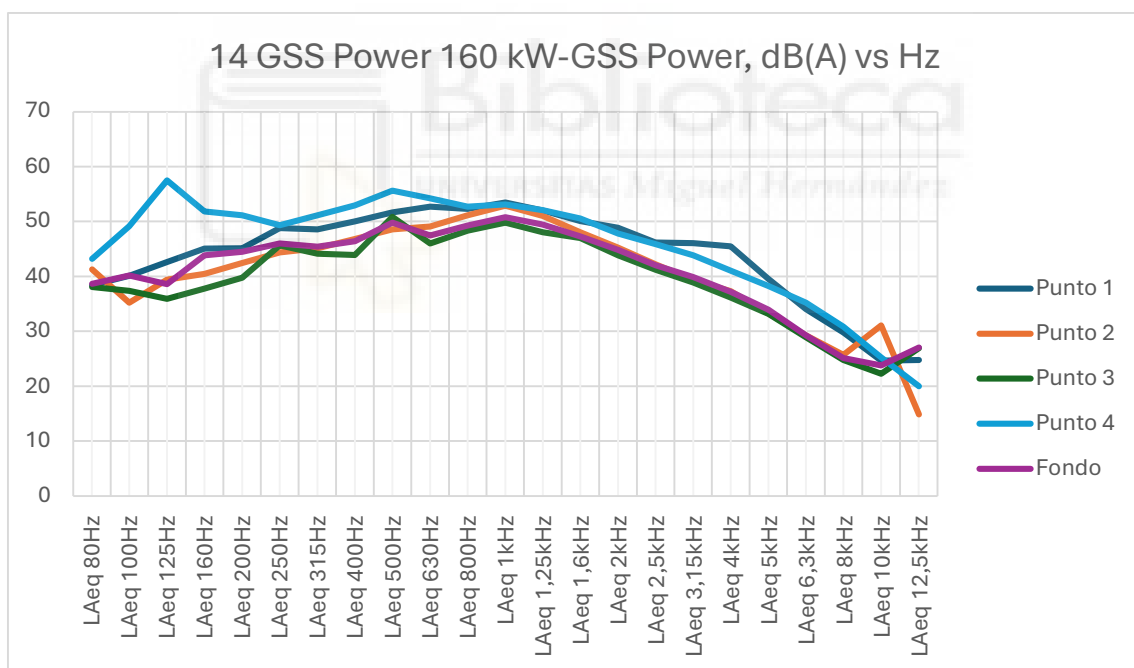


Gráfico 18: Medición: 14, Modelo cargador: GSS Power 160 kW, Identificación: GSS Power Bazarandia, Fecha: 27/5/2024

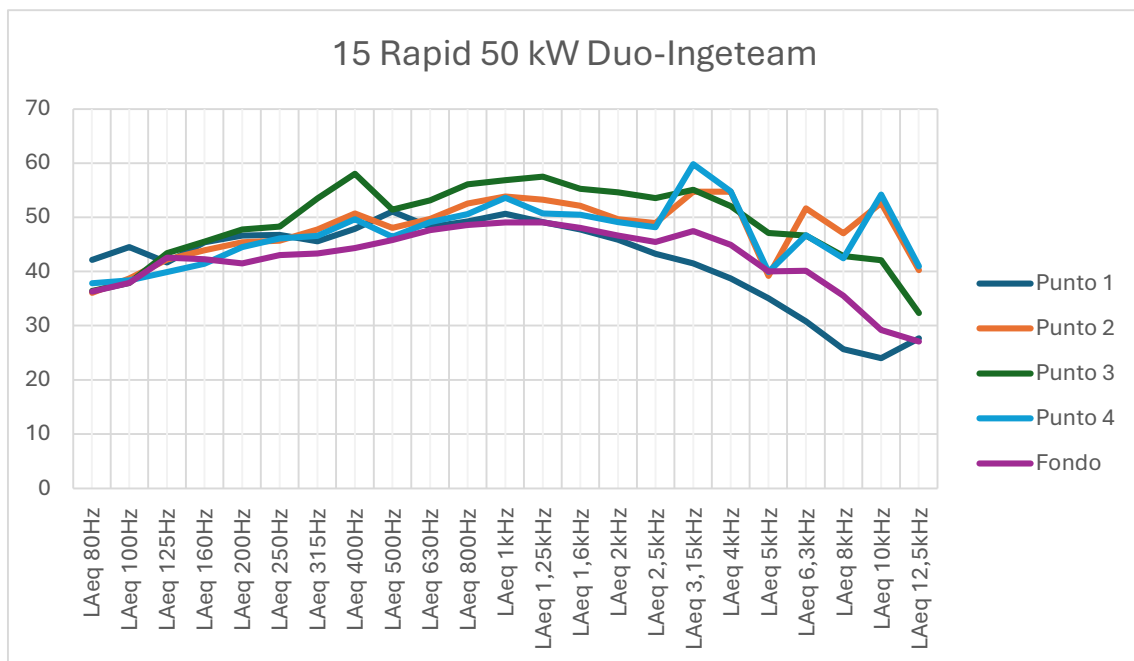


Gráfico 19: Medición: 15, Modelo cargador: Rapid 50 kW Duo, Identificación: Burger King Decathlon, Fecha: 27/5/2024

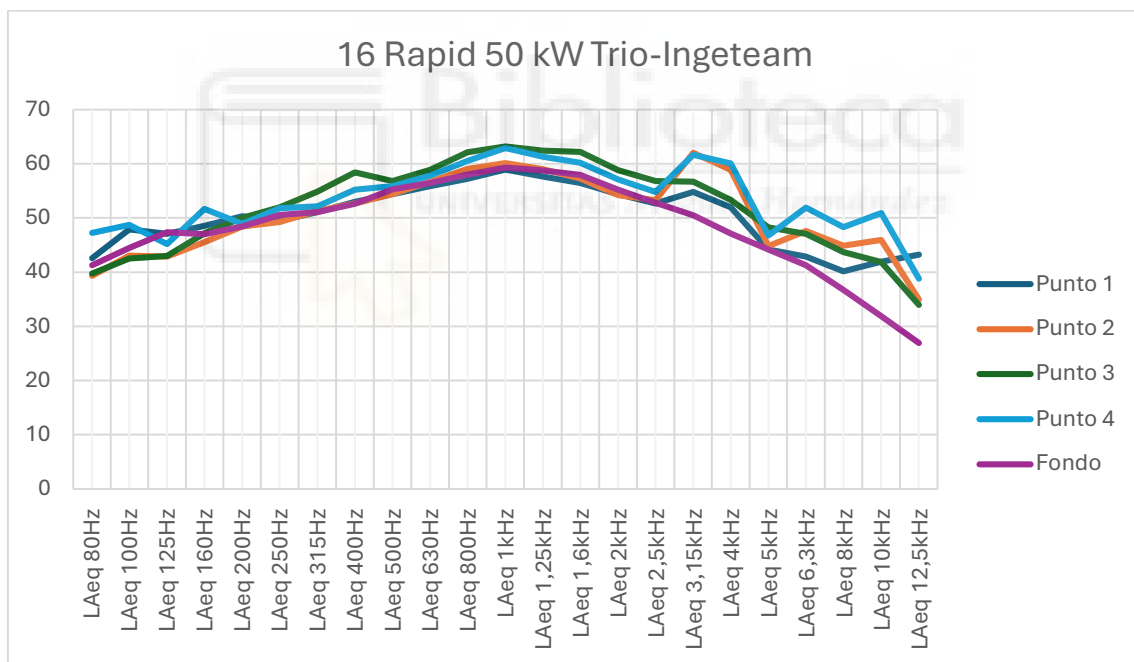


Gráfico 20: Medición: 16, Modelo cargador: Rapid 50 kW Trio, Identificación: ES Repsol Supercor, Fecha: 27/5/2024

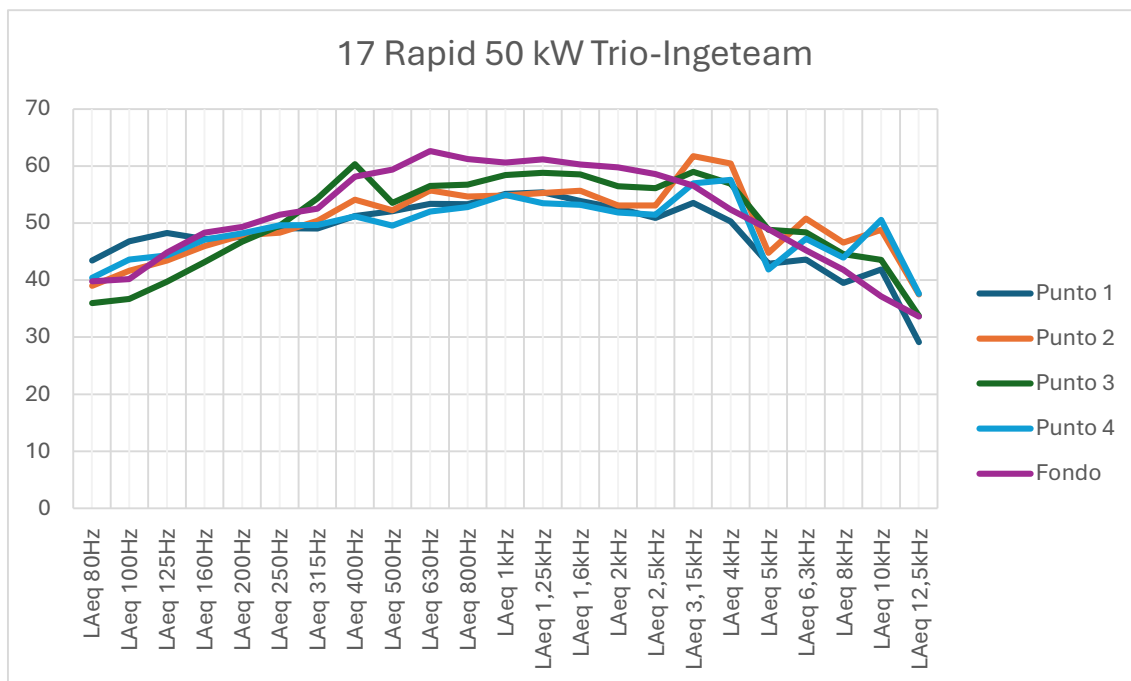


Gráfico 21: Medición: 17, Modelo cargador: Rapid 50 kW Trio, Identificación: ES Repsol av. Novelda, Fecha: 13/6/2024

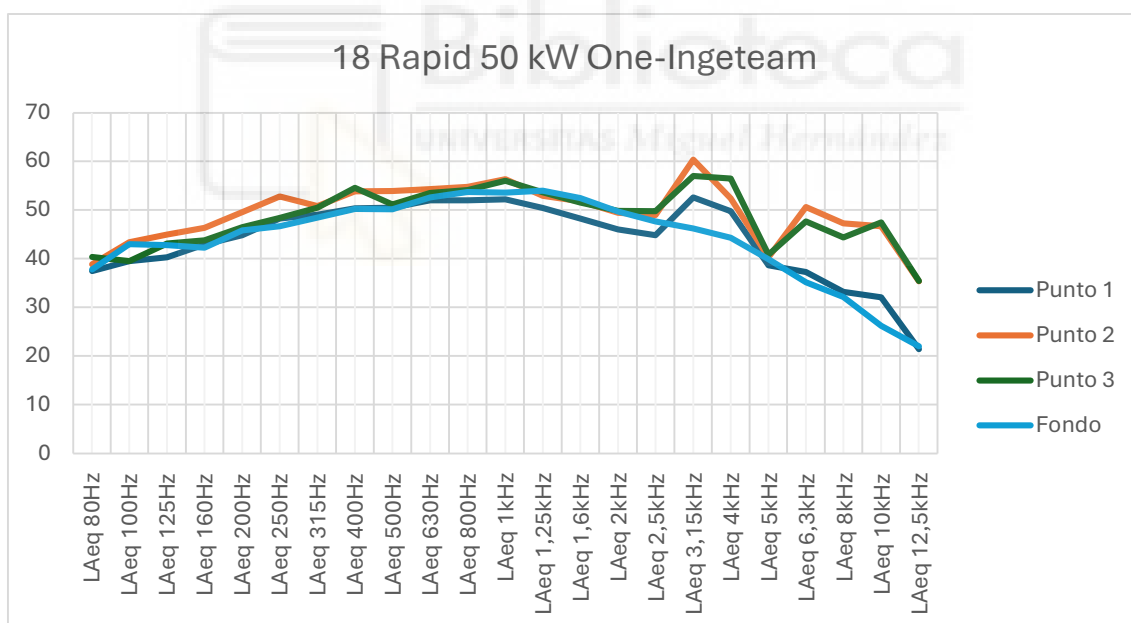


Gráfico 22: Medición: 18, Modelo cargador: Rapid 50 kW One, Identificación: ES Avanza Villafranca, Fecha: 13/6/2024

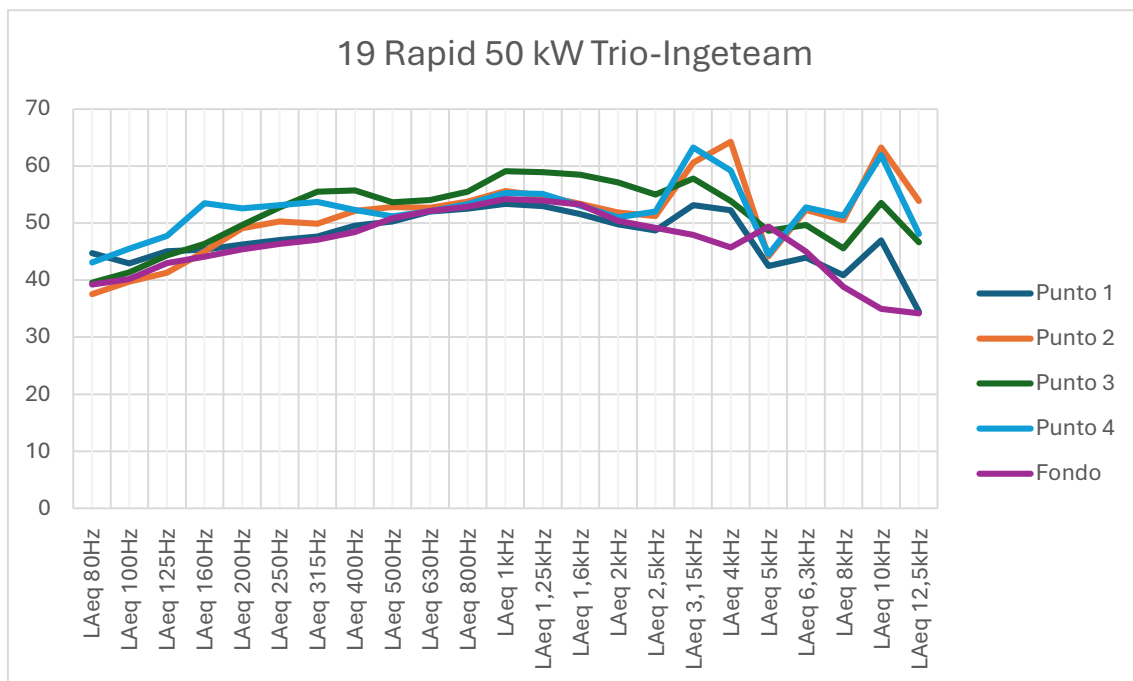


Gráfico 23: Medición: 19, Modelo cargador: Rapid 50 kW Trio, Identificación: ES Repsol Sol y Luz, Fecha: 13/6/2024

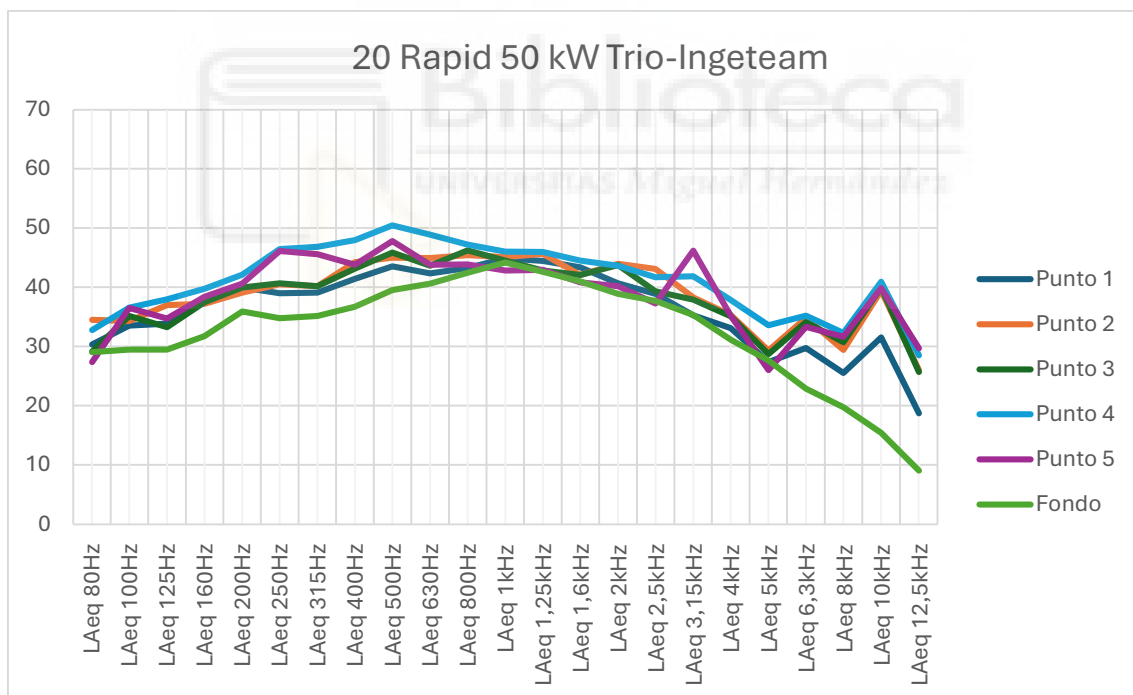


Gráfico 24: Medición: 20, Modelo cargador: Rapid 50 kW Trio, Identificación: Larraskitu nº 1, Fecha: 13/6/2024

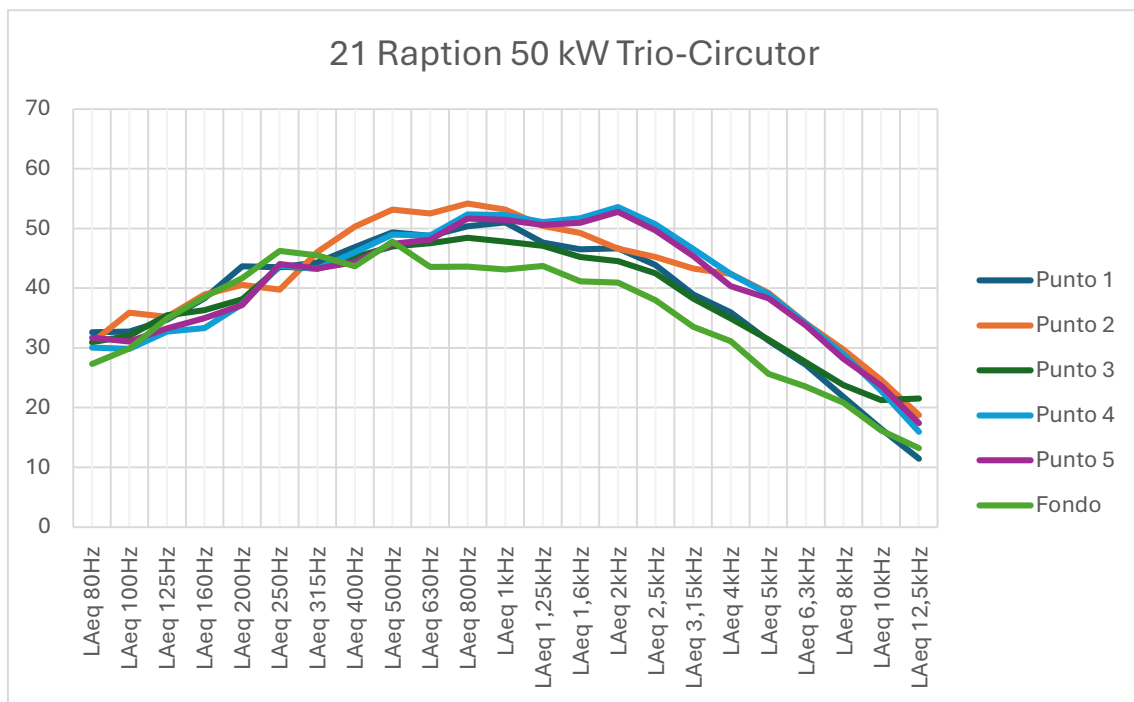


Gráfico 25: Medición: 21, Modelo cargador: Raption 50 kW Trio, Identificación: Larraskitu nº 2, Fecha: 13/6/2024

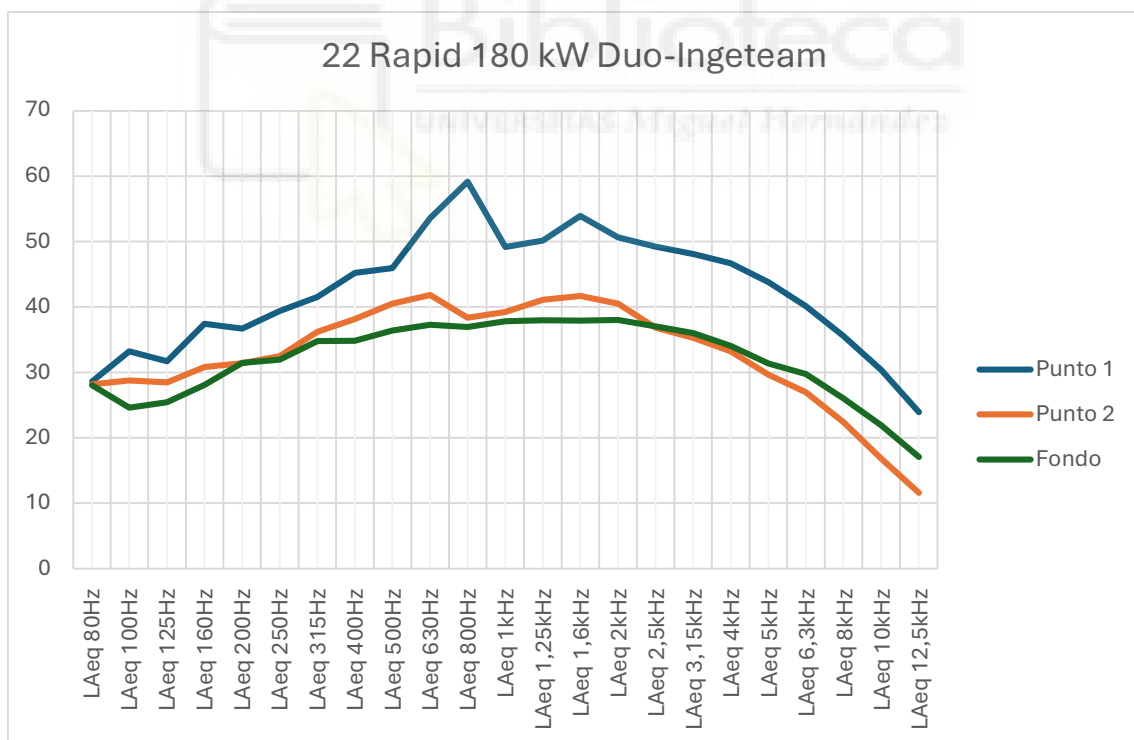


Gráfico 26: Medición: 22, Modelo cargador: Rapid 180 kW Duo, Identificación: Larraskitu nº 3, Fecha: 10/7/2024

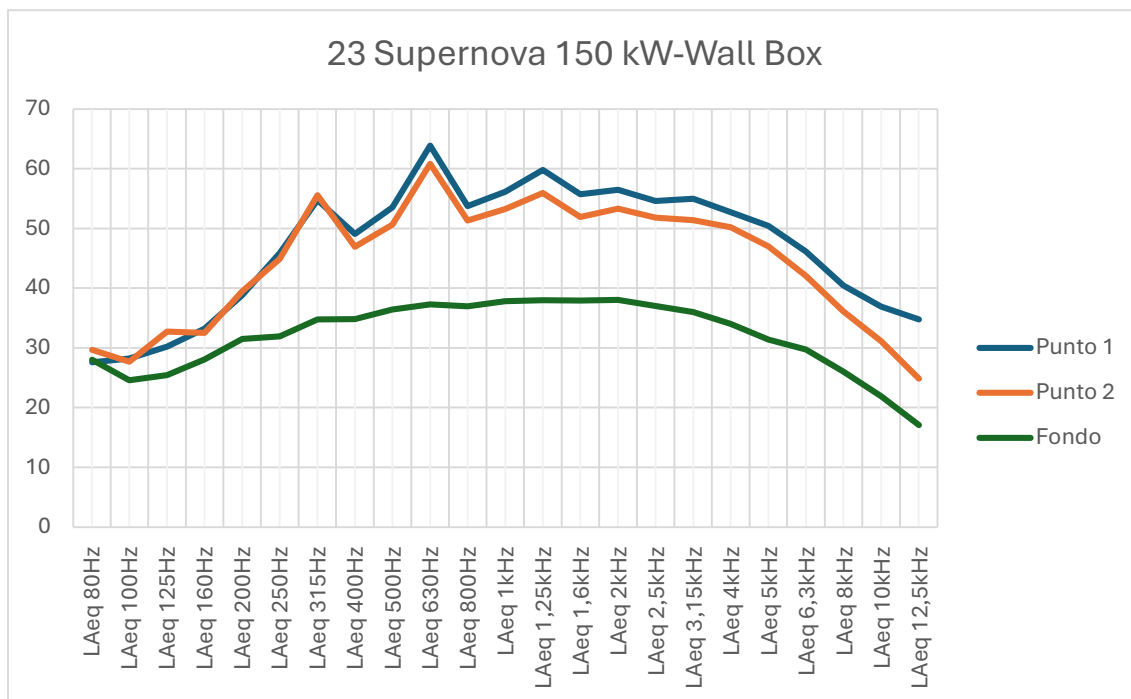


Gráfico 27: Medición: 23, Modelo cargador: Supernova 150 kW, Identificación: Larraskitu nº 4, Fecha: 10/7/2024

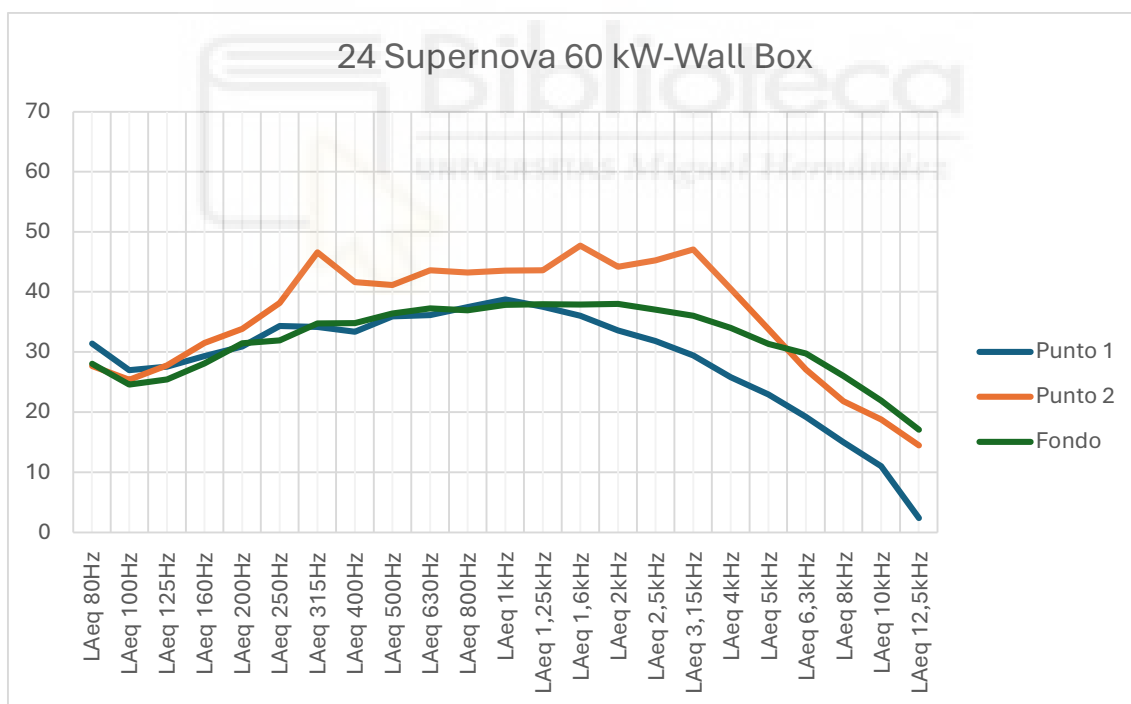


Gráfico 28: Medición: 24, Modelo cargador: Supernova 60 kW, Identificación: Larraskitu nº 5, Fecha: 10/7/2024

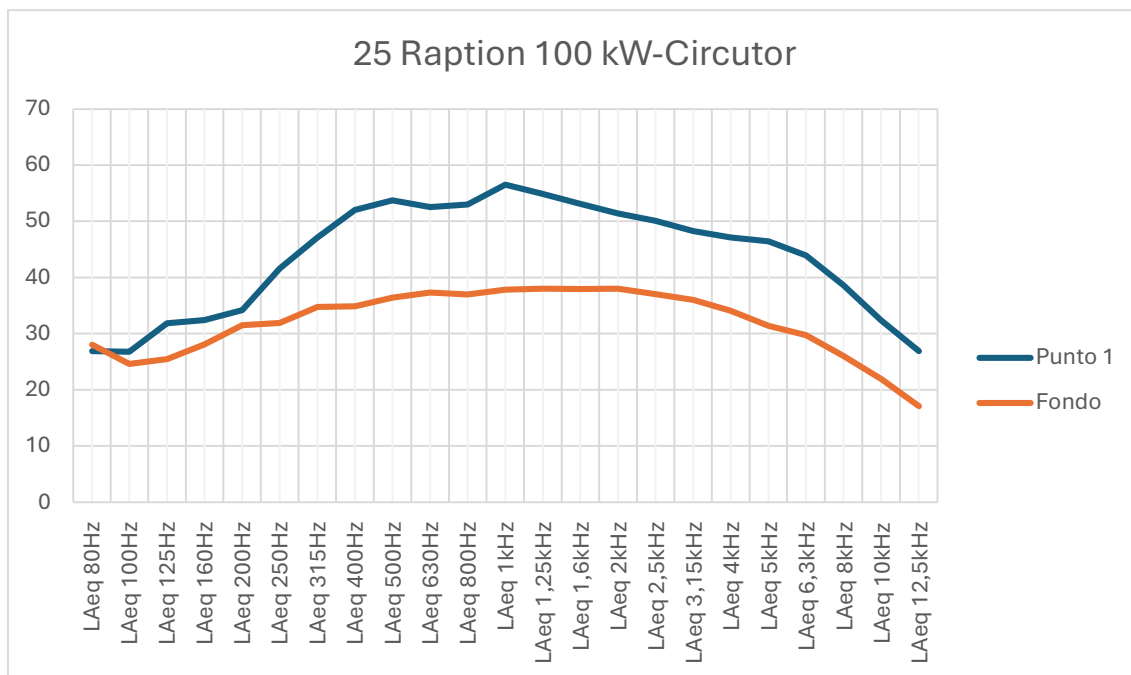


Gráfico 29: Medición: 25, Modelo cargador: Raption 100 kW, Identificación: Larraskitu nº 6, Fecha: 10/7/2024

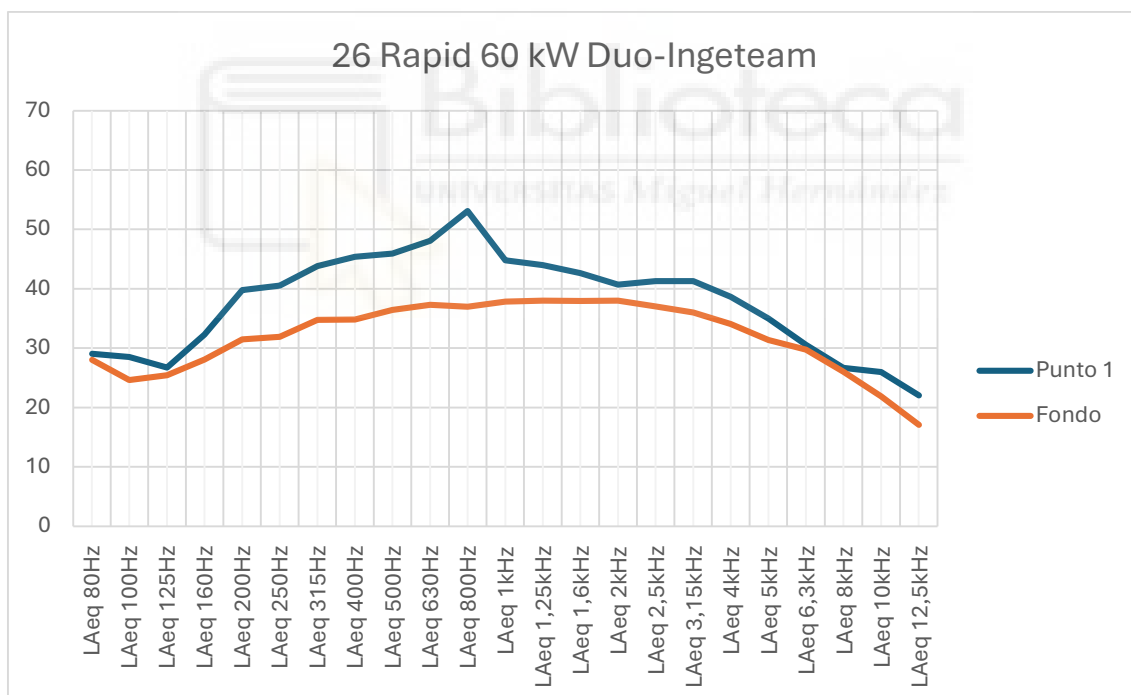


Gráfico 30: Medición: 26, Modelo cargador: Rapid 60 kW Duo, Identificación: Larraskitu nº 7, Fecha: 10/7/2024

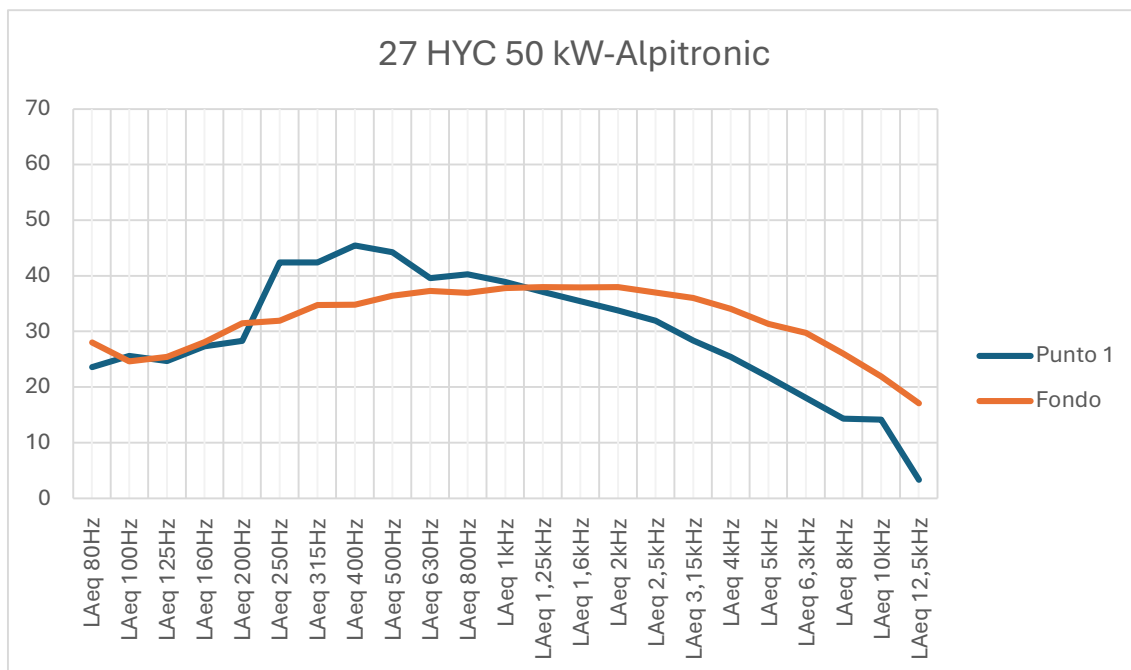


Gráfico 31: Medición: 27, Modelo cargador: HYC 50 kW, Identificación: Larraskitu nº 8, Fecha: 10/7/2024

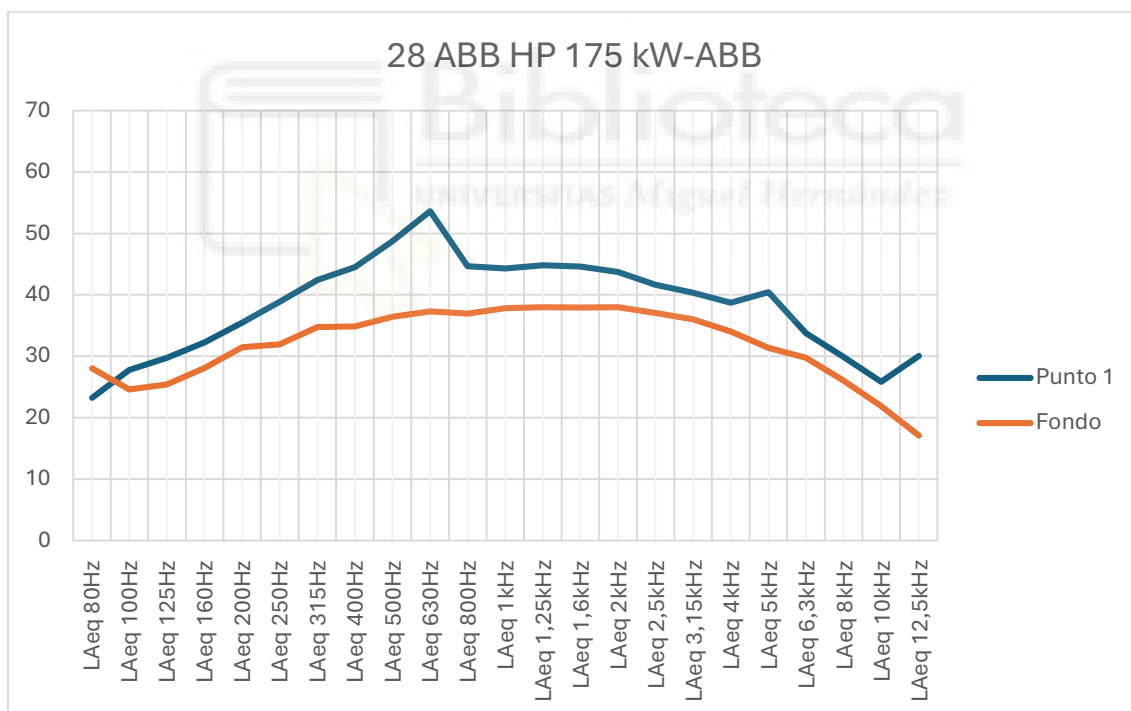


Gráfico 32: Medición: 28, Modelo cargador: ABB HP 175 kW, Identificación: Larraskitu nº 9, Fecha: 10/7/2024