

Diseño de una estrategia y Proyecto piloto de introducción de 130 buses eléctricos en parque vehiculares de entidades públicas en la ciudad de Santo Domingo

Acción 3 Transporte y Movilidad eléctrica. Proyecto Acciones de EUROCLIMA+ en la República Dominicana



Financiado por
la Unión Europea



FIIAPP
COOPERACIÓN ESPAÑOLA



Alcance del Proyecto:

1)Análisis de las líneas de autobuses actuales de OMSA

2) Definición de recursos necesarios para su posible electrificación

3) Establecimiento de prioridades.

➤ Caracterización del Gran Santo Domingo

- Santo Domingo ~ 3,7 millones de habitantes.
- Gran Santo Domingo (GSD): 5 áreas diferenciadas: Santo Domingo de Guzmán (o Distrito Nacional), Santo Domingo Oeste, Los Alcarrizos, Santo Domingo Norte y Santo Domingo Este.
- Tasa de motorización: entre 114 y 220 vehículos cada mil habitantes, aproximadamente de 0,5 vehículos por hogar
- Red vial: configuración eminentemente radial, condicionada por los puentes que cruzan el río Ozama: cuellos de botella para el tráfico de la ciudad



➤ Transporte público en superficie

Ley 63-17: creación del INTRANT y ordenación de los servicios de transporte público

Oferta de transporte público en superficie:

Conchos: 114 líneas, ~ 16.000 carros

Oferta de bus independiente: 84 líneas, ~ 3.000 minibuses / microbuses

Operadas por diferentes sindicatos, que se organizan como operadores en forma de cooperativas o empresas.

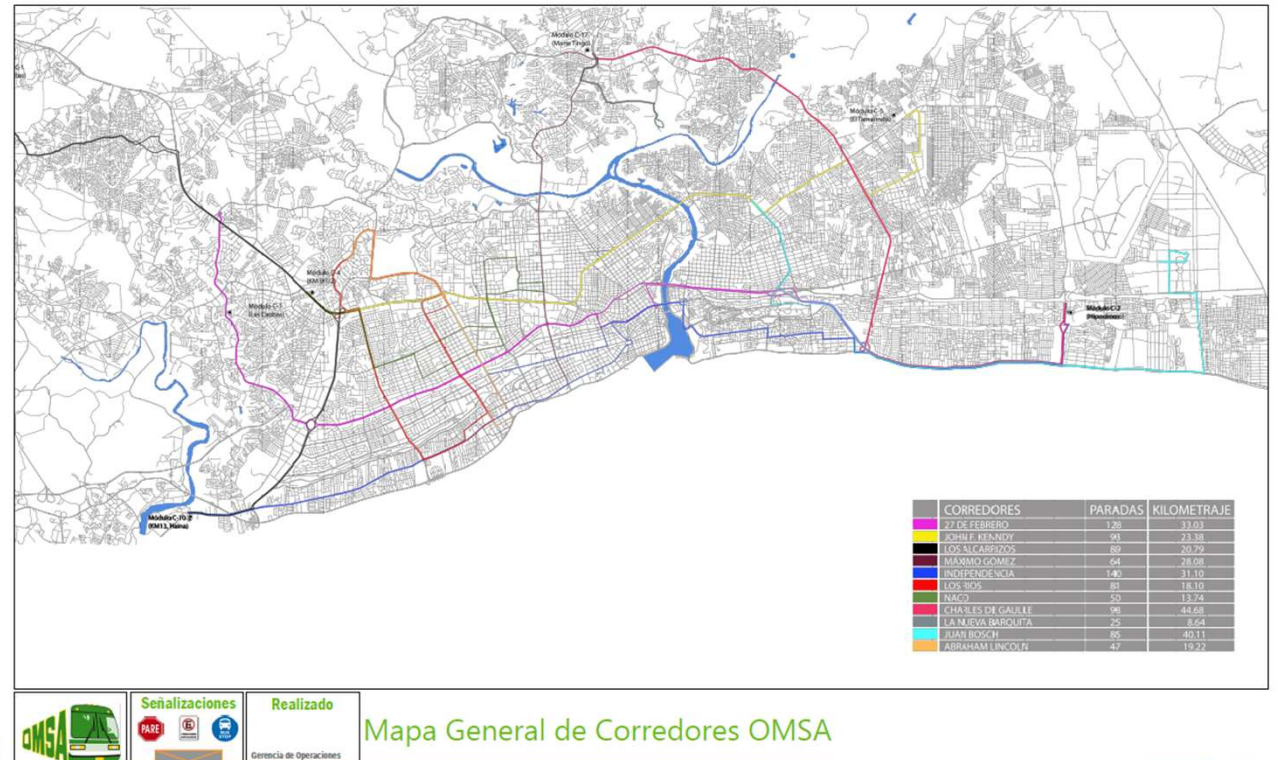
Oferta de corredores de transporte público

Corredores transformados:

- Winston Churchill
- Núñez de Cáceres
- Charles de Gaulle

Corredores operados por OMSA:

- 1) Corredor 27 de Febrero
- 2) Corredor Norte – Kennedy
- 3) Corredor Sur – Independencia
- 4) Corredor Naco
- 5) Corredor Juan Bosch
- 6) Corredor Los Alcarrazos
- 7) Corredor La Barquita
- 8) Corredor Lincoln



➤ Infraestructuras de OMSA:



Módulo C-01 Las Caobas
36.800 m²



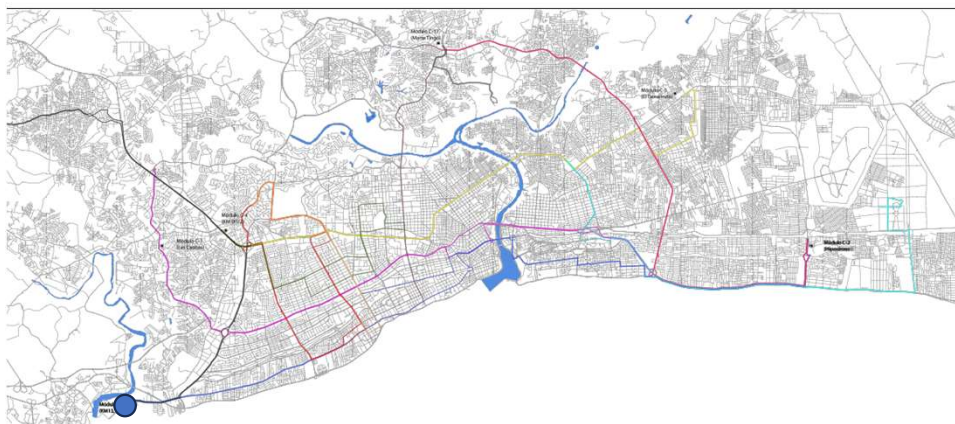
Módulo C-02 Hipódromo
32.800 m²



➤ Infraestructuras de OMSA:

Módulo C-07 Haina
6.600 m²

Módulos C-12 y C-17 ubicados en zona de vía pública



➤ Relación entre líneas / corredores y Módulos

Corredor	Línea	Sentido	Módulo	
27 de febrero	27 A	C1C2_Hipodromo	C1	
		C2C1_27 de febrero	C2	
	Teleférico- huacalito	ANILLO	C1	
		OLIMPICO	C30_C1	C1
		C1_C2	C1	
		C2_C1	C2	
Kennedy	Normal	C4C5_Tamarindo	C4	
		C5C4_Duarte	C5	
Los Alcarizos	Normal	C6C7_Ind.	C7	
		C7C6_Hato Nuevo	C7	
Independencia	Normal	C10C11_Hipodromo	C2	
		C11C10_Ind.	C7	
Naco	Normal	C14. anillo	C4	
La nueva barquita	Normal	C17.anillo	C17	
Juan Bosch	Marginal	Marginal. Anillo	C2	
	Ecológica	Ecologica. Anillo	C2	
	Transfer	Transfer. Anillo	C2	
Lincoln	Ruta A	Ruta A. anillo	C12	
	Ruta B	Ruta B. anillo	C12	

Módulo	Sentido
C1	27A - C1C2_Hipodromo
	Teleférico- huacalito
	Olímpico - C30_C1
	Olímpico - C1_C2
C2	27A - C2C1_27 de febrero
	Olímpico - C2_C1
	Independencia - C10C11_Hipodromo
	Juan Bosch - Marginal
	Juan Bosch - Ecológica
C4	Juan Bosch - Transfer
	Kennedy - C4C5_Tamarindo
C5	Naco
C7	Kennedy - C5C4_Duarte
	Los Alcarizos - C6C7_Ind.
	Los Alcarizos - C7C6_Hato Nuevo
C12	Independencia - C11C10_Ind.
	Lincoln - Ruta A
C17	Lincoln - Ruta B
	La Nueva Barquita

➤ Variables recogidas para cada línea: necesarias para el dimensionamiento

- Longitud
- Nº paradas
- Intervalo de servicio OBJETIVO
- Flota actual (descartada)
- Tiempo de recorrido por franja horaria

Corredor	Línea	Longitud (km.)	Flota disponible	Intervalo de servicio (min.)
27 de febrero	27 A	33,03	40	13
	Teleferico- huacalito	40	15	12
	OLIMPICO		4	15
Kennedy	Normal	23,38	15	15
Los Alcarrizos	Normal	20,79	9	20
Independencia	Normal	31,10	13	10
Naco	Normal	13,74	2	30
La nueva barquita	Normal	8,64	4	8
Juan Bosch	Marginal	42	11	10
	Ecológica	47	8	10
	Transfer	12	3	10
Lincoln	Ruta A	19,22	4	20
	Ruta B	19,22	4	20

Corredor	Linea	Sentido	Hora inicio	Hora final	Inic. Serv. - 07:00	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21:00 - Final servicio	
27 de febrero	27 A	C1C2_Hipodromo	5:30	21:50	1:10	2:52	2:06	1:53	2:22	1:55	1:42	2:00	1:50	1:55	2:05	2:25	2:00	1:50	1:50	1:20	
		C2C1_27 de febrero	5:30	21:50	1:08	2:20	2:11	2:00	2:22	1:40	1:38	1:57	2:00	1:53	1:57	2:30	2:10	1:40	2:50	1:30	
	Teleferico-huacalito	ANILLO	5:30	20:10	1:31	2:57	3:25	3:20	3:14	3:07	2:23	2:56	2:50	2:44	3:05	3:50	3:31	2:00	1:35	1:30	
	OLIMPICO	C30_C1	5:30	09:00	0:45	1:05	1:15	1:10													
		C1_C2	5:30	12:00	1:06	2:52	2:06	1:53	2:22	1:55	1:42										
		C2_C1	5:30	12:00	1:31	2:20	2:11	2:00	2:22	1:40	1:38										
Kennedy	Normal	C4C5_Tamarindo	5:50	21:45	0:56	2:05	2:05	1:50	1:22	1:38	1:30	1:19	1:48	1:43	2:08	2:16	1:50	1:30	1:12	0:57	
		C5C4_Duarte	5:50	21:45	0:52	2:13	2:00	1:48	1:52	1:35	1:00	1:20	1:30	1:35	2:00	2:20	2:08	1:25	1:00	0:55	
Los Alcarizos	Normal	C6C7_Ind.	5:50	21:40	0:47	2:05	2:20	1:50	1:18	1:32	1:25	1:15	1:30	1:25	1:33	2:17	2:10	1:40	1:00	0:50	
		C7C6_Hato Nuevo	5:50	21:40	1:12	2:00	2:10	1:47	1:14	1:15	1:20	1:10	1:45	1:32	1:20	2:00	1:47	1:37	1:25	1:17	
Independencia	Normal	C10C11_Hipodromo	5:50	22:00	1:13	2:03	1:53	1:37	1:39	1:46	1:47	1:50	1:48	1:38	1:45	2:10	2:13	1:46	1:20	1:10	
		C11C10_Ind.	5:50	22:00	1:11	2:09	1:41	1:23	1:47	1:35	1:39	1:40	2:00	2:00	2:08	2:13	2:10	1:50	1:20	1:09	
Naco	Normal	C14. anillo	5:50	19:00	1:06	1:55	1:57	1:25	1:26	1:15	1:36	1:20	2:04	2:00	2:18	2:20	2:15	1:56	1:12	1:06	
La nueva barquita	Normal	C17. anillo	5:50	20:30	0:32	0:45	0:46	0:42	0:42	0:44	0:44	0:39	0:38	0:45	0:39	0:48	0:42	0:38	0:30	0:30	
Juan Bosch	Marginal	Marginal. Anillo	5:30	22:00	1:22	2:30	2:33	2:05	1:33	2:01	2:15	1:54	1:21	1:45	2:37	2:48	2:09	1:44	1:51	1:26	
	Ecologica	Ecologica. Anillo	5:30	21:30	1:17	2:26	2:01	2:13	2:02	1:33	1:49	1:47	1:57	2:09	2:49	2:55	1:49	1:38	1:25	1:16	
	Tranfer	Tranfer. Anillo	5:30	22:30	0:25	1:17	1:08	1:16	1:05	1:00	0:50	0:40	1:09	1:04	1:07	1:45	1:30	1:15	1:16	0:45	
Lincoln	Ruta A	Ruta A. anillo	5:50	21:20	0:41	2:00	2:05	1:53	1:37	1:16	1:06	1:01	1:16	1:37	2:16	2:37	1:37	1:27	0:58	0:54	
	Ruta B	Ruta B. anillo	5:50	21:20	0:40	1:42	2:14	1:49	1:45	1:15	1:36	1:49	1:25	1:56	2:00	2:20	2:10	1:40	1:00	0:57	

Alcance del Proyecto:

1) Análisis de las líneas de autobuses actuales de OMSA

2) Definición de recursos necesarios para su posible electrificación

3) Establecimiento de prioridades.

➤ Factores diferenciadores operación con flota convencional versus eléctrica

➤ La autonomía de los vehículos y su sistema de recarga:

Tipo de carga de los vehículos; diurna, nocturna o recarga combinada.



Si hay carga durante el periodo de operación de la línea, hay que tener en cuenta:

- El vehículo que se dispone a recargar las baterías tiene que llegar al muelle de carga desde la última parada del itinerario, al igual que, cuando retome el servicio, tendrá que desplazarse desde el muelle de carga a la primera parada de inicio del servicio. Estos tiempos en vacío hay que contemplarlos en la operación de una flota eléctrica para poder garantizar el cumplimiento del intervalo de diseño.
- El tiempo propio destinado a la recarga de la batería, el cual debe quedar definido dependiendo del tiempo estimado de carga; 2, 3 o más horas
- Se recomienda la carga lenta.

➤ La operación y características del servicio:

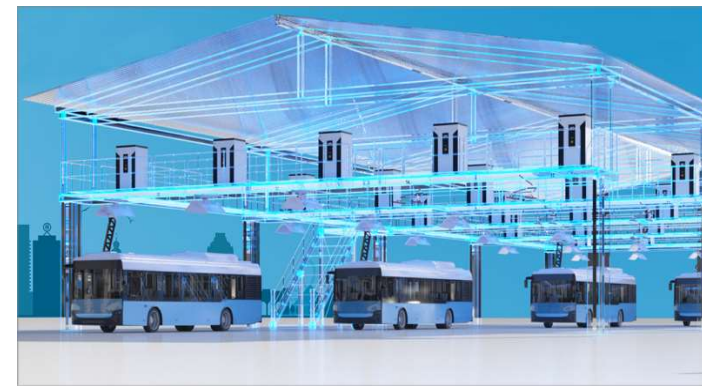
- Oferta uniforme: En caso de disponer de una misma oferta a lo largo del día, los autobuses deberán reemplazarse de manera constante, dependiendo del tiempo de carga dedicado.
- Oferta variable: En caso de precisar ajustes de dotación a lo largo del día, por motivos de intensidad de demanda o tiempos de recorrido, durante las horas valle, existe una oportunidad de recarga que puede alternarse entre los distintos vehículos para optimizar los recursos existentes.

➤ Diferentes tipologías de flota necesaria

- **Flota convencional necesaria:** número de autobuses necesarios para operar una línea y garantizar el intervalo de servicio ofertado con las condiciones de tiempo de recorrido.
- **Flota eléctrica dedicada a la operación:** número de autobuses circulando DENTRO y FUERA de línea (km en vacío volviendo/saliendo al/del Módulo)
- **Flota eléctrica TOTAL necesaria por línea:** flota que hay que destinar a la operación de cada línea para poder cumplir con la operación prevista y con las necesidades de recarga de los vehículos, siempre que la recarga se vaya a realizar durante el intervalo de servicio de la flota.

➤ Escenarios de carga

- **Nocturna:** maximiza el uso de la flota durante el periodo de servicio
- **Diurna:** permite aprovechar la energía solar para la recarga
- **Combinada**
- **Recarga de oportunidad:** se descarta por
 - Requiere más recursos tanto materiales como humanos
 - Rigidiza el sistema, ya que limita la posibilidad de desvíos o modificaciones de itinerarios



➤ Hipótesis consideradas para la carga

En el caso de carga nocturna:

- Máximo número de horas en servicio SIN recarga intermedia: 16h.

En base a la experiencia de EMT, la autonomía de los vehículos debería permitir sin dificultad este número de horas de servicio si la salida del vehículo se ha realizado con la batería completamente cargada.

En el caso de carga diurna:

- Intervalo horario para realizar la recarga diurna: 10h, desde las 9:00h a 19:00h aproximadamente (para optimizar la carga mediante energía solar)
- Recarga en patio con "toma y deje" del vehículo de 12 + 12 min
- Tiempo mínimo de recarga en patio: 180 min
- Máximo tiempo en servicio: 10h
- Cambios de bus realizados con personal interno del patio

➤ Dimensionamiento de la flota

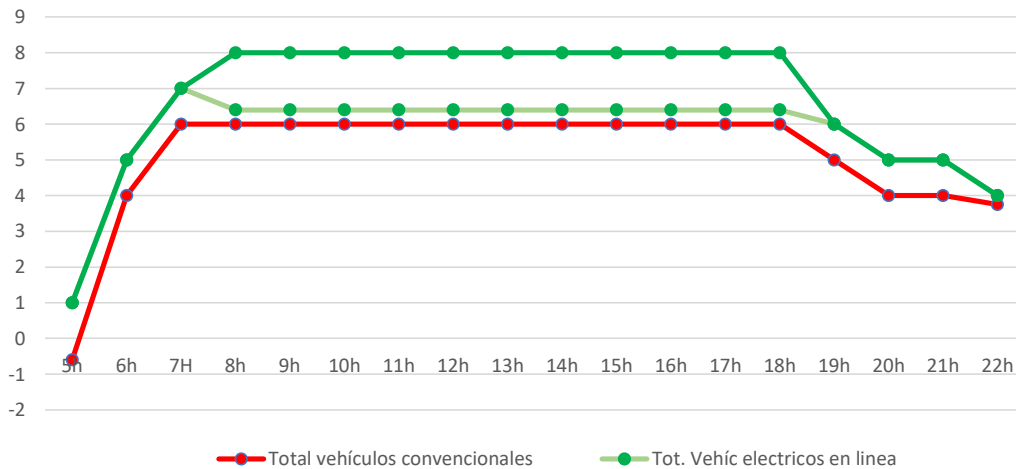
A partir de las variables de cada línea (Longitud – Tiempos de recorrido- Intervalo de servicio – Frecuencia objetivo) y de las hipótesis planteadas:

Estimación de la flota necesaria por franja horaria y línea para cada tipología de flota definida

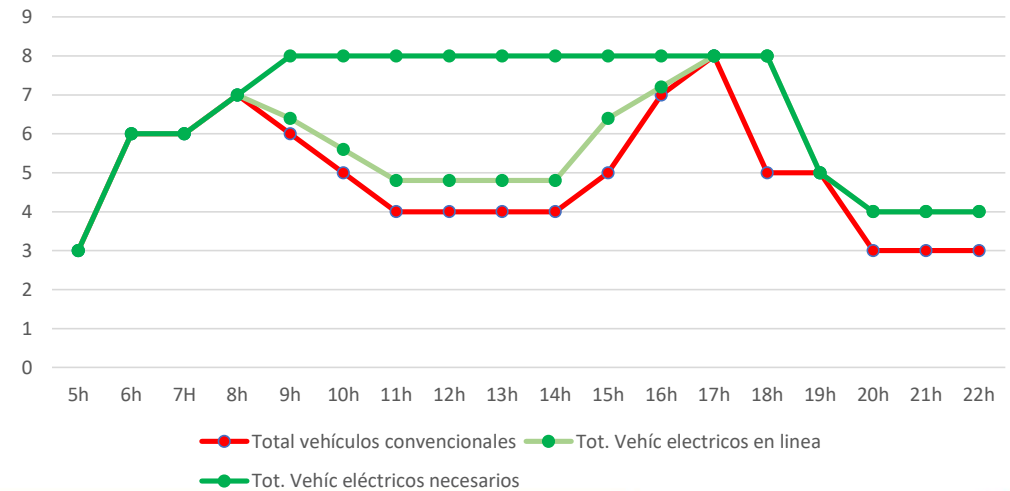
Obtención de la flota eléctrica necesaria para cada línea

FLOTA que puede permanecer cargando según franja horaria: Diferencia entre flota necesaria en línea y la flota necesaria total

Ejemplo 1: Dotación máxima vehículos convencionales / eléctricos. Oferta constante.



Ejemplo 2: Dotación máxima vehículos convencionales / eléctricos. Oferta variable.



➤ Resumen de necesidades por línea y tipología de flota

Corredor	Línea	Sentido	Módulo	Flota convencional	Flota eléctrica dedicada en línea	Flota eléctrica TOTAL
27 de febrero	27 A	C1C2_Hipodromo	C1	14	14	15
		C2C1_27 de febrero	C2	13	14	16
	Teleférico- huacalito	ANILLO	C1	20	20	22
	OLIMPICO	C30_C1	C1	5	5	5
		C1_C2	C1	14	14	14
		C2_C1	C2	11	11	11
Kennedy	Normal	C4C5_Tamarindo	C4	10	10	11
		C5C4_Duarte	C5	10	11	11
Los Alcarizos	Normal	C6C7_Ind.	C7	7	8	8
		C7C6_Hato Nuevo	C7	7	8	8
Independecia	Normal	C10C11_Hipodromo	C2	14	15	16
		C11C10_Ind.	C7	14	14	16
Naco	Normal	C14. anillo	C4	5	5	6
La nueva barquita	Normal	C17.anillo	C17	6	7	8
Juan Bosch	Marginal	Marginal. Anillo	C2	17	18	18
	Ecológica	Ecologica. Anillo	C2	18	19	19
	Transfer	Transfer. Anillo	C2	11	11	11
Lincoln	Ruta A	Ruta A. anillo	C12	8	8	8
	Ruta B	Ruta B. anillo	C12	7	7	8
TOTAL			--	211	219	231

Alcance del Proyecto:

- 1) Análisis de las líneas de autobuses actuales de OMSA
- 2) Definición de recursos necesarios para su posible electrificación

3) Establecimiento de prioridades

➤ Criterios

- Información recopilada durante el viaje de EMT a Santo Domingo: Independencia, primer corredor a electrificar
- Operativa de la línea y optimización de kilómetros en vehículo eléctrico

Módulo	Flota convencional	Flota eléctrica dedicada en línea	Flota eléctrica TOTAL	Información facilitada por OMSA
C1 Las Caobas	53	53	56	
C2 El Hipódromo	84	88	91	Corredor Independencia: primera línea a electrificar
C4	15	15	17	
C5 El Tamarindo	10	11	11	
C7 Haina	28	30	32	Corredor Independencia: primera línea a electrificar
C12	15	15	16	
C17 Mamá Tingo	6	7	8	
--	211	219	231	

➤ Propuesta

Fase	Corredor	Línea	Sentido	Módulo	Flota convencional	Flota eléctrica dedicada en línea	Flota eléctrica TOTAL
FASE 1	Independecia	Normal	C10C11_Hipodromo	C2	131	135	141
			C11C10_Ind.	C7			
	27 de febrero	27 A	C1C2_Hipodromo	C1			
			C2C1_27 de febrero	C2			
		Olímpico	C30_C1	C1			
			C1_C2	C1 (14)			
	Juan Bosch	Marginal	C2_C1	C2 (11)			
			Ecología	C2			
			Tranfer	C2			
	FASE 2	27 de febrero	Teleférico- huacalito	C1			
Los Alcarrizos		C6C7_Ind.	C7				
		C7C6_Hato Nuevo	C7				
FASE 3	Kennedy		C4C5_Tamarindo	C4	46	48	52
			C5C4_Duarte	C5			
	Naco			C4			
			La nueva barquita	C17			
	Lincoln		Ruta A	C12			
			Ruta B	C12			

➤ Conclusiones

- La recarga diurna supone un incremento del 10% de la flota necesaria
- El consumo de energía: muy sensible a la velocidad y al consumo de aire acondicionado
- Primeramente se debe **garantizar la posibilidad de obtención de energía eléctrica**
- Dicha obtención influirá en el tipo de recarga a realizar
- El proceso de electrificación debe ir acompañado de un proceso de **formación y cualificación del personal** para **mantener** esta nueva tipología de **flota** y **garantizar**:
 - **La optimización de la recarga**
 - **La vida útil de las baterías**

**MUCHAS GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**