



DEMA-2022-070

**Producto 2. BORRADOR DE MARCO
HABILITANTE PARA LA INTERCONECTIVIDAD
DE LAS LÍNEAS ALIMENTADORAS PARA LAS
ESTACIONES DE CARGA**

SERVICIOS DE APOYO A LOS PODERES PÚBLICOS
PARA ELABORAR EL MARCO HABILITANTE
DE LAS ESTACIONES DE CARGA
PARA LA MOVILIDAD ELÉCTRICA
EN REPÚBLICA DOMINICANA
EN EL MARCO DEL PROGRAMA EUROCLIMA+

10 de octubre de 2023

Dr. Angel López

Ing. Joan Artigas

ELECTRA MOBILITY SERVICES, S.L.



Financiado por
la Unión Europea



FIIAPP
COOPERACIÓN ESPAÑOLA



PRESENCIA DE LA
REPÚBLICA DOMINICANA
**Consejo Nacional
para el Cambio Climático**



INTRANT
INSTITUTO NACIONAL DE TRÁNSITO
Y TRANSPORTE TERRESTRE

Este informe se ha elaborado para el [Programa EUROCLIMA + de la Unión Europea](#), a solicitud de la Fundación Internacional y para Iberoamérica de Administración y Políticas Públicas.

Reproducción autorizada siempre que se cite la fuente.

“La presente publicación ha sido elaborada con la asistencia de la Unión Europea. El contenido de ésta es responsabilidad exclusiva de los autores y en ningún caso se debe considerar que refleje la opinión de la Unión Europea”.



TABLA DE CONTENIDOS

1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO	5
2. DIAGNÓSTICO	7
2.1. Caracterización del sector energético en República Dominicana	7
2.2. Caracterización del sector transporte de República Dominicana	8
2.3. Condiciones de entorno/contexto país para el marco habilitante	15
2.4. Análisis de las alternativas de modelos de carga	16
2.5. Condiciones habilitantes:	19
2.5.1. Políticas y regulatorias.....	19
2.5.2. Normativa de aplicación	20
3. MARCO CONCEPTUAL	21
3.1. Antecedentes administrativos y técnicos:	21
3.2. Responsabilidades:	22
4. DOCUMENTO BORRADOR DE TÉRMINOS DE REFERENCIA TdR.....	23
4.1. Alcance del documento	23
4.2. Localización y Emplazamientos de las instalaciones.....	24
4.3. Descripción y justificación de las soluciones	25
4.4. Especificaciones técnicas de las infraestructuras de recarga	27
4.4.1 Requisitos de los cargadores eléctricos	28
4.4.2. Instalaciones de AT.....	28
4.4.3. Marquesina.....	31
4.4.4. Instalaciones de BT	32
4.4.5. Instalación Eléctrica de Almacenamiento	39
4.5. Obra civil	39
4.5.1. Cimentación	40
4.6. Sistemas de protección contra incendios.	41
4.7. Instalación de control.....	41
4.8. Redacción de los proyectos	43
4.8.1. Proyecto de ejecución	43
4.8.2. Estudio de seguridad y salud.....	43



4.8.3. Programa de control de calidad	44
5. CONCLUSIONES: CAMBIO DE ENFOQUE	48



1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO

El objeto de este documento es detallar un diagnóstico y marco conceptual de la situación actual de República Dominicana en cuanto a la propuesta de “DE MARCO HABILITANTE PARA LA INTERCONECTIVIDAD DE LAS LÍNEAS ALIMENTADORAS PARA LAS ESTACIONES DE CARGA”, así como definir los términos de referencia TDR para llevar a cabo las soluciones de electrificación contemplados para el estudio y mencionados más adelante.

Previamente a lo indicado, sin embargo, se presenta el contexto y el plan de trabajo de este proyecto.

Por un lado, La Fundación Internacional y para Iberoamérica de Administración y Políticas Públicas F.S.P (en adelante FIIAPP) ha contratado a EVECTRA MOBILITY SERVICES, S.L. para desarrollar los “Servicios de apoyo a los poderes públicos en la elaboración del marco habilitante de las estaciones de carga para la movilidad eléctrica en República Dominicana, en el marco del programa EUROCLIMA+”.

El programa EUROCLIMA+ busca reforzar la capacidad de los países de América Latina para mitigar y adaptarse al cambio climático intensificando la cooperación, el diálogo, la gestión del conocimiento y la implementación de acciones climáticas y ambientales en sectores estratégicos como la movilidad pública.

El contrato se formalizó el día 18 de abril de 2023, (semana 16/2023) según sus referencias:
Número de Expediente: DEMA-2022-070
Número de proyecto: 220200 - Participación de la República Dominicana en EUROCLIMA+

Para el desarrollo del referido servicio, según el Pliego de Prescripciones Técnicas, se requiere, ante todo, el Diseño de un PLAN DE TRABAJO en coordinación con el Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio (CNCCMDL) y el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT) de República Dominicana.

Para la preparación del Cronograma se ha considerado que el Pliego de Prescripciones Técnicas establece los siguientes Productos que deben ser entregados en fechas definidas:

- **Producto 1.:** Plan de trabajo.
 - **Producto 4.1:** Informe bimestral (1) de avance de ejecución de actividades.
- **Producto 2.:** Borrador de marco habilitante para la instalación de estaciones de carga para las líneas alimentadoras, para la interconectividad de la movilidad eléctrica. Incluye: diagnóstico, marco conceptual y TdR para planificación de infraestructura de carga eléctrica.
 - **Producto 4.2:** Informe bimestral (2) de avance de ejecución de actividades.
 - **Producto 4.3:** Informe bimestral (3) de avance de ejecución de actividades.
- **Producto 3.:** Documento borrador hoja de ruta para la instalación de estaciones de



carga eficientes y compatibles, así como las infraestructuras de carga, en especial con el uso de energías renovables.

- **Producto 5.:** Informe final de ejecución de actividades.

Siendo el propósito de este documento desarrollar el Producto 2.



2. DIAGNÓSTICO

En este apartado se recoge el diagnóstico de la situación actual en la República Dominicana previamente realizado en los documentos anteriores al Producto 2. y en relación a los objetivos del documento.

2.1. Caracterización del sector energético en República Dominicana

En relación a este apartado, se presentan las instituciones involucradas: Consejo para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio (CNCCMDL), Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT), Ministerio de Energía y Minas, CNE (Comisión Nacional de Energía) y Distribuidoras de Electricidad.

CNCCMDL (Consejo para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio). El Consejo Nacional depende del Presidente de la República y lo integran:

- Presidente de la República
- Todos los ministros vinculados
- Sector privado a través de un Comité Consultivo

Se encargan de trazar y establecer políticas públicas y estratégicas que lleven a una transversalización del cambio climático y transición justa.

INTRANT (Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre): es el órgano nacional rector del sistema de movilidad, transporte terrestre, tránsito y seguridad vial de la República Dominicana. El INTRANT es una institución adscrita al Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones y su creación es ordenada en el artículo 7 de la Ley 63-17.

Ministerio de Energía y Minas: es el organismo de Estado encargado del desarrollo responsable del sector energético y de la minería nacional. Se preocupa por mantener una infraestructura energética confiable y preservar una adecuada explotación de los minerales del territorio nacional

CNE (Comisión Nacional de Energía): es la institución encargada de trazar la política del Estado Dominicano en el Sector Energía.

Todas ellas establecen el desarrollo del NDC-RD 2020 (Contribuciones Determinadas a nivel Nacional para República Dominicana 2020), cuya responsabilidad recae sobre el CNCCMDL. La misma representa el instrumento que guía la acción climática nacional, contribuyendo a detener el aumento de la temperatura promedio global, de aumentar la resiliencia del país y del planeta, así como de movilizar inversiones públicas y privadas en la senda de un desarrollo sostenible, que considere las variables ambientales, sociales y económicas de manera equilibrada.

Según el PLAN Compromiso de la República Dominicana en el Plan de Acción NDC-RD 2022-2025 se debe prever una reducción del 27% de las emisiones GEI respecto a BAU2010-2030.



Además, hay nuevas medidas y la implementación de acciones climáticas que conllevan a la consecución de estos objetivos. Indicamos los principales criterios tenidos en cuenta:

1. Se detectan recursos disponibles de cooperación técnica internacional y se quiere aprovechar EUROCLIMA+ Latinoamérica i/o Caribe para subvencionar PROYECTOS E INVERSIONES.
2. Se identifican acciones de apoyo con presupuesto subvencionable de unos 300.000€:
 - Acciones de apoyo a Gestión de Riesgos 150m€: por el propio Ministerio Medio Ambiente junto a Ministerio Economía, Planificación y Desarrollo MepyD
 - Acción de apoyo a la Movilidad Sostenible, gestión encargada a INTRANT.
3. Se han desarrollado diversos documentos de Acciones de soporte a la electrificación de flotas públicas:
 - Plan Nacional de la Movilidad Sostenible SYSTRAL, AFD (2019).
 - Plan de Movilidad Urbana Sostenible del Gran Santo Domingo. (2020)

Por ello, tras diversas reuniones y unión de diferentes puntos de vista con cada entidad previamente mencionada, se considera el momento energético idóneo para poder perseguir los objetivos marcados para la transición energética deseada para República Dominicana.

2.2. Caracterización del sector transporte de República Dominicana

En este proyecto, cumplen un papel muy importante las diferentes instituciones involucradas en el campo de la movilidad y el transporte. El Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT), Operadora Metropolitana de Servicio de Autobuses (OMSA), El Fideicomiso de Movilidad y Transporte (FIMOVIT), entre otros.

A continuación, presentamos las diferentes instituciones para conocer más su ámbito de actuación:

Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT): Organismo rector, nacional y sectorial, descentralizado del Estado, con personería jurídica y autonomía administrativa, financiera y técnica, encargado de cumplir y hacer cumplir esta ley y sus reglamentos.

Operadora Metropolitana de Servicio de Autobuses (OMSA) (Decreto 167-23): OMSA como una empresa pública, de capital estrictamente estatal, con el fin de prestar servicio de transporte público terrestre de pasajeros mediante autobuses.

El Fideicomiso de Movilidad y Transporte (Fideicomiso FIMOVIT) se crea con la finalidad principal de la organización, sistematización y modernización y optimización del servicio de transporte de cargas y pasajeros, a nivel local, sectorial y nacional, y coadyuvar al cumplimiento de las funciones y responsabilidades del



Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT).

Es importante tener en consideración, la Ley No. 63-17, de Movilidad, Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial de la República Dominicana. G. O. No. 10875 del 24 de febrero de 2017, la cual establece nuevos requisitos para la prestación del servicio de transporte público terrestre de pasajeros mediante autobuses. Los corredores que cumplen tales requisitos son llamados “Transformados”.

Además de los servicios de transporte masivo por corredores transformados, la ciudad de Santo Domingo tiene otros servicios de transporte público: Taxis y Sindicados Informales:

- Los Taxis y otros servicios privados tipo Uber operan sin ruta establecida y recaudo privado con tarifas reguladas o libres.
- Los “Informales” son servicios que se prestan por privados en rutas establecidas, según su licencia, con paradas definidas, pero sin horario de servicio regulado. El vehículo puede ser desde un turismo hasta un pequeño bus, pasando por todo tipo de microbuses y combis, aceptando pasaje mucho más allá de su capacidad de carga. Así, un turismo “Informal” (homologado para 5 plazas) suele llegar a transportar 6 pasajeros más el conductor.

Los corredores Transformados (según Ley 63-17) de OMSA o de privados suelen tener asignados 1 o 2 patios por cada ruta (suelen tener un patio al inicio y un patio al final de corredor). Los patios suelen estar cerca de la terminal (parada de inicio o final) de los corredores

OMSA recauda directamente 11 corredores con tecnología tradicional, mientras que FIMOVIT recauda 3 corredores transformados privados (Churchil, Núñez, De Gaulle) y 2 de OMSA (Juan Bosch y Lincon) con recaudo electrónico.

Los corredores que tienen recaudo electrónico tienen posibilidad de seguimiento remoto de la flota por satélite, aunque no disponen de un Sistema de Ayuda a la Explotación con funcionalidades completas.

Como dato importante para el objeto de este proyecto: Según el Decreto 167-23, que desarrolla la Ley 63-17, y conforme lo indicado en el Artículo 356.- Reforma de la Oficina Metropolitana de Servicios de Autobuses (OMSA) y la Oficina para el Reordenamiento del Transporte (OPRET) de la Ley 63-17: “A partir de seis (6) meses de la entrada en vigencia de esta ley, la Oficina Metropolitana de Autobuses (OMSA) y la Oficina para el Reordenamiento del Transporte (OPRET) pasan a ser reformadas en empresas públicas o mixtas públicas-privadas prestadoras de servicios nacionales de transporte de autobuses y ferroviario, respectivamente. El Poder Ejecutivo emitirá los decretos para la transformación institucional, administrativa, técnica y operativa.” Por lo tanto, OMSA se deberá constituir como empresa pública bajo la denominación de Operadora Metropolitana de Servicios de Autobuses (OMSA).

Actualmente OMSA recibe una aportación anual del estado, con la que opera como una empresa pública de capital estrictamente estatal. Aproximadamente, reciben del estado



unos 2.400M\$RD/año mientras que generan para el estado tan solo 360M\$RD/año de ingreso por boletos. La previsión es que debe transformarse en una empresa “convencional”, financiada según contrato programa por el estado, pero gestionada bajo criterios de eficiencia como si de empresa privada se tratara. El objetivo final es atraer la inversión privada que se interese por la explotación de los corredores de líneas alimentadoras que sean rentables.

Información de los corredores de OMSA:

Buses en servicio para cada corredor

Corredor	Línea	Cantidad Bus	Padrón	Articulado
27 de Febrero	Normal	50		x
	27 – B	15	x	
	Olímpico	3		x
Kennedy	Normal	25	x	
Los Alcarrizos	Normal	20	x	
Independencia	Normal	25	x	
Naco	Normal	5	x	
La Nueva Barquita	Normal	8	x	
Juan Bosch	Expresa	15	x	
	Normal	20	x	
Lincoln	Ruta A	10	x	
	Ruta B	10	x	
Bolívar	Normal	15	x	
TOTAL		226		

Fuente: OMSA

Características del servicio de OMSA:

- Parque vehicular TOTAL, aproximado: 500 buses. En disposición de circular tan solo 226 (Por antigüedad y dificultad para mantenimiento). Se considera que para dar una buena oferta que respondiera a la demanda actual serían necesarios unos 400 buses.
- En el futuro próximo se estima que OMSA-transformada requerirá de 400 buses para servir los 12 corredores.
- Estado de los autobuses por antigüedad:
 - 2002 no en servicio, pendientes de descargo al estado para liberar.
 - 2012 con problemas de mantenimiento, obsoletos.
 - 2014-2016 algunos operativos (cercaos al final de su vida útil, según criterio de OMSA) con un buen mantenimiento podrían llegar a funcionar aproximadamente 200 buses de estas series.
 - 2019 pueden funcionar aproximadamente 200 buses.
- En los corredores de OMSA el tiempo de regulación (al inicio de ruta) es varias veces el del intervalo de salida (frecuencia). Los autobuses (3-5) se acumulan



a inicio de línea esperando su orden de salida, normalmente por horario.

- Sin confirmar el número de patios situados cerca de las terminales de los buses. “Estiman” que son 9 patios.
- Se estima un consumo medio Gasoil de 6 km/gal, o sea unos 65l/100km.
- La velocidad comercial media para la flota de autobuses es de 13-15km/h. Por ejemplo, en una de las líneas monitoreadas por el sistema de recaudo de FIMOVIT se registran tiempos de recorrido de 2h30' aprox. para una distancia de 37km, equivalente a 14,8km/h.
- Se intentó realizar el servicio con autobuses de gas natural, pero no hubo interés en proseguir con la iniciativa por dificultades en mantener una tecnología diferente. No hay línea de trabajo con Biocombustibles.

Adicionalmente a lo indicado anteriormente y, mediante la información de referencia disponible sobre los corredores de Santo Domingo, República Dominicana, así como a partir de una búsqueda de información, se han podido desarrollar las siguientes tablas para poder disponer de una guía del alcance del transporte público de autobuses, destacando que se trata de una aproximación y debería ser revisado y perfeccionado por los gestores del servicio de transporte:

Corredores (Santo Domingo):

Ubicaciones	Coordenadas	Dirección	Plus Code (Google Maps)	PATIO (Módulo /OMSA)
C-1- Las Caboas	18.4802882354699, -69.9965016822227	F2J3+6CG, Calle 1ra 3, Santo Domingo, República Dominicana	F2J3+6CG, Calle 1ra 3, Santo Domingo, República Dominicana	M01
C-2 Las hipodromas	18.481560178212323, -69.77693471342299	F6JF+F54, Av. Hipódromo, Santo Domingo Este, República Dominicana	F6JF+F54, Av. Hipódromo, Santo Domingo Este, República Dominicana	M02
C-4 Aut. Duarte	18.48466580681018, -69.97459257176357	-	F2MF+PX Santo Domingo, República Dominicana	M04
C-5 Tamarindo	18.530585099242316, -69.82061046374002	Carr. Ramón Matías Mella, Santo Domingo Este, República Dominicana	G5JH+5R Santo Domingo Este, República Dominicana	M05
C-6 Alcarrizo (1)	18.535851924358816, -70.06141609279888	Carretera De Hato Nuevo Antes De Calle San Rafael, Santo Domingo	GWPQ+89 La Guayiga, República Dominicana	M06
C-10 / C-7 La Haina (2)	18.426035420086638, -70.00684610028958	CXGV+M8F, Santo Domingo, República Dominicana	CXGV+M8F, Santo Domingo, República Dominicana	M10
C-12 Los Rios	18.49314969928042, -69.96575219652046	F2VM+5MW, Santo Domingo, República Dominicana	F2VM+7H Santo Domingo, República Dominicana	M12
C-17 Mama Tingo (8)	18.547440535388404, -69.90319013641967	C/penetración, local 5A, entrada Buena Vista, Primera, República Dominicana	G3WW+XPF Santo Domingo Este, República Dominicana	M17



Ubicaciones	Coordenadas	Dirección	Plus Code (Google Maps)	PATIO (Módulo /OMSA)
C-11 (3)	18.469281155044843, -69.83288986022836	C. 11, Santo Domingo Este, República Dominicana	F598+PR9 Santo Domingo Este, República Dominicana	M11
C-14 (4)	18.484632737017662, -69.97456843188058	-	F2MF+PX Santo Domingo, República Dominicana	M04
C-15 (5)	18.547440535388404, -69.90319013641967	C/penetración, local 5A, entrada Buena Vista, Primera, República Dominicana	G3WW+XP Santo Domingo Este, República Dominicana	M17
C-16 (6)	18.481560178212323, -69.77693471342299	F6JF+F54, Av. Hipódromo, Santo Domingo Este, República Dominicana	F6JF+F54, Av. Hipódromo, Santo Domingo Este, República Dominicana	M02
C-18	18.484972751453395, -69.75086796138453	F6MX+XP6, Santo Domingo Este, República Dominicana	F6MX+XP6, Santo Domingo Este, República Dominicana	M18
C-19 (7)	18.49314969928042, -69.96575219652046	F2VM+5MW, Santo Domingo, República Dominicana	F2VM+7H Santo Domingo, República Dominicana	M12

Los corredores, tal y como se indica en la tabla, parecen relacionarse con la siguiente nomenclatura: "C" y "número de corredor", así como el nombre adicional que los distinga.

Por otro lado, recordar que cada uno de los corredores dispone de una o dos terminales cerca de algún patio/módulo en el cual los autobuses suelen descansar luego del servicio diario. Los patios/módulos se clasifican con la siguiente nomenclatura: "M" y "Número de patio/módulo".

Patios/Módulos:

PATIO (Módulo /OMSA)	Coordenadas	Dirección	Plus Code (Google Maps)	Corredores
M01	18.4802882354699, - 69.9965016822227	F2J3+6CG, Calle 1ra 3, Santo Domingo, República Dominicana	F2J3+6CG, Calle 1ra 3, Santo Domingo, República Dominicana	C-1- Las Caboas
M02 M02	18.481560178212323, -69.77693471342299	F6JF+F54, Av. Hipódromo, Santo Domingo Este, República Dominicana	F6JF+F54, Av. Hipódromo, Santo Domingo Este, República Dominicana	C-2 Las hipodromas C-16 (6)
M04 M04	18.48466580681018, -69.97459257176357	-	F2MF+PX Santo Domingo, República Dominicana	C-4 Aut. Duarte C-14 (4)
M05	18.530585099242316, -69.82061046374002	Carr. Ramón Matías Mella, Santo Domingo Este, República Dominicana	G5JH+5R Santo Domingo Este, República Dominicana	C-5 Tamarindo
M06	18.535851924358816, -70.06141609279888	Carretera De Hato Nuevo Antes De Calle San Rafael, Santo Domingo	GWVQ+89 La Guayiga, República Dominicana	C-6 Alcarrizo (1)
M10	18.426035420086638, -70.00684610028958	CXGV+M8F, Santo Domingo, República Dominicana	CXGV+M8F, Santo Domingo, República Dominicana	C-10 / C-7 La Haina (2)



PATIO (Módulo /OMSA)	Coordenadas	Dirección	Plus Code (Google Maps)	Corredores
M11	18.469281155044843, -69.83288986022836	C. 11, Santo Domingo Este, República Dominicana	F598+PR9 Santo Domingo Este, República Dominicana	C-11 (3)
M12 M12	18.49314969928042, -69.96575219652046	F2VM+5MW, Santo Domingo, República Dominicana	F2VM+7H Santo Domingo, República Dominicana	C-12 Los Rios C-19 (7)
M17 M17	18.547440535388404, -69.90319013641967	C/penetración, local 5A, entrada Buena Vista, Primera, República Dominicana	G3WW+XPF Santo Domingo Este, República Dominicana	C-17 Mama Tingo (8) C-15 (5)
M18	18.484972751453395, -69.75086796138453	F6MX+XP6, Santo Domingo Este, República Dominicana	F6MX+XP6, Santo Domingo Este, República Dominicana	C-18

Como se observa en las tablas anteriores, en algunos casos varios corredores coinciden con un patio/módulo en concreto, posiblemente dado su capacidad para abarcar una flota de vehículo mayor a la que se utiliza en un único corredor.

Por otro lado, mediante la información disponible, también ha sido posible estimar un consumo energético diario (kWh) de algunos de los corredores de los que se dispone de todos los datos necesarios.

Cabe destacar que esta aproximación se ha desarrollado en base a la información disponible en archivos .kmz (las rutas de los autobuses en formato .kmz) con el trazado de las rutas de los corredores y, paralelamente, con la información facilitada por INTRANT como referencia. Dado que ambas informaciones no coincidían se pudo llegar a suponer que la información obtenida por los archivos .kmz correspondía a los kilómetros recorridos en una vuelta (ida+vuelta), mientras que la información el resto de información correspondía a los kilómetros recorridos en un trayecto (ida o vuelta).

Archivos .kmz:

Cálculo del consumo energético por autobús eléctrico en función de los datos extraídos de los archivos .kmz sobre las rutas					
Corredores	Consumo energético por autobús de diésel (kWh)	Energía útil (kWh)	Consumo energético por autobús eléctrico (kWh)	Coefficiente (kWh/km)	Demanda energética diaria total por ruta (kWh)
27 de Febrero	1.251,5	375,5	395,2	1,98	19.761,3
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
Kennedy	1.812,3	543,7	572,3	1,98	14.308,0
Duarte- Los Alcarrazos	1.656,5	496,9	523,1	1,98	10.461,9
Independencia	1.937,5	581,3	611,9	1,98	15.296,4
Naco	1.224,1	367,2	386,5	1,98	1.932,7



Cálculo del consumo energético por autobús eléctrico en función de los datos extraídos de los archivos .kmz sobre las rutas

Corredores	Consumo energético por autobús de diésel (kWh)	Energía útil (kWh)	Consumo energético por autobús eléctrico (kWh)	Coefficiente (kWh/km)	Demanda energética diaria total por ruta (kWh)
La nueva barquita	873,7	262,1	275,9	1,98	2.207,3
Juan Bosch	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
	-	-	-	-	-
Lincoln	1.442,4	432,7	455,5	1,98	4.554,8
	-	-	-	-	-
Bolívar	1.134,4	340,3	358,2	1,98	5.373,3
Ecológica	-	-	-	-	-
Máximo Gómez	0,0	0,0	0,0		0,0
Los Ríos	0,0	0,0	0,0		0,0
					73.895,7 kWh

Datos INTRANT:

Cálculo del consumo energético por autobús eléctrico en función de los datos aportados por INTRANT

Corredores	Consumo energético por autobús de diésel (kWh)	Energía útil (kWh)	Consumo energético por autobús eléctrico (kWh)	Coefficiente (kWh/km)	Demanda energética diaria total por ruta (kWh)
27 de Febrero	620,3	186,1	195,9	1,98	9.794,6
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
Kennedy	731,8	219,5	231,1	1,98	5.777,5
Duarte- Los Alcarrazos	780,9	234,3	246,6	1,98	4.932,0
Independencia	973,5	292,0	307,4	1,98	7.685,3
Naco	688,1	206,4	217,3	1,98	1.086,5
La nueva barquita	919,5	275,9	290,4	1,98	2.323,0
Juan Bosch	2.008,8	602,6	634,4	1,98	9.515,3
	-	-	-	-	-
Lincoln	1.082,9	324,9	342,0	1,98	3.419,7
	-	-	-	-	-
Bolívar	-	-	-	-	-
Ecológica	-	-	-	-	-
Máximo Gómez	0,0	0,0	0,0		0,0
Los Ríos	0,0	0,0	0,0		0,0
					44.533,9 kWh



Cabe destacar que los resultados únicamente se muestran de los corredores en los que se disponía de la información mínima para realizar al menos una estimación aproximada del consumo energético. Del resto no se han podido desarrollar los cálculos dada la limitación de datos.

Los cálculos se han desarrollado, además, bajo los siguientes criterios:

Consumo medio autobús	6,47	km/Gls
Galón USA	3,7854	Litros
Consumo medio autobús en litros	1,709198499	km/l
Consumo Motor Diesel Euro 3	0,55	l/km
Valor energético diésel	10,7	kWh/l
Rendimiento motor de combustión	0,3	
Rendimiento motor eléctrico	0,95	

La demanda energética diaria resultante será la que la propuesta del modelo de carga mencionado en los términos de referencia deberá poder cumplir.

2.3. Condiciones de entorno/contexto país para el marco habilitante

Se deben tener en cuenta las condiciones de este país para el marco habilitante que permita realizar los trabajos de acuerdo a la normativa vigente y la situación actual del sistema eléctrico de República Dominicana.

Es importante, el Acuerdo de Política de Compras Verdes que deriva en una reforma de la Ley de Compra y Contrataciones, cuya elaboración está en proceso de aprobación. Por este motivo, resulta importante, en caso de la necesidad de incorporación de autobuses eléctricos, la definición de los TdR que justifiquen explícitamente el aumento de costes de la adquisición de esta tipología de autobuses. Así como la definición explícita de los costes totales del ciclo de vida de esta tipología de vehículos para la institución adquirente y los costes asociados a las externalidades.

La Situación actual del Sistema Eléctrico de la República Dominicana:

a. En el ámbito de la generación:

- Generación Aislada, no hay interconexiones, ni tan siquiera con Haití.
- Generación Hidráulica y Reversibles desarrollada al 90%.
- Generación Eólica únicamente diurna(?) por las condiciones geográficas.
- Generación Solar potencialmente muy importante, poco desarrollada.

b. En el ámbito de la demanda:

- Puntas de consumo entre 7-11pm.
- Aire acondicionado de noche, consumo alto cuando no hay generación.



El alto consumo nocturno vs baja generación nocturna puede ser un obstáculo importante de cara a plantear la carga nocturna masiva de las flotas de autobuses eléctricos, lo que implica una estrategia de generación de energía renovable ligada al **almacenamiento**. O, en otro caso, contemplar la carga en horario diurno coincidiendo con la capacidad de generación de energía renovable.

Aspectos relevantes del mercado eléctrico en la situación actual:

- Existe un subsidio estatal del 13% al consumo de energía eléctrica. Un mayor desarrollo de la movilidad eléctrica supone dedicar un presupuesto del estado todavía mayor para la electrificación, a la vez que se reducen los ingresos por impuestos a los carburantes fósiles. Será necesario un cambio estructural.
- No existen tarifas por franjas horarias, lo que impide estrategias de ajustes del desequilibrio entre oferta y demanda y desincentiva el almacenamiento de energía para la venta o consumo de energía en los picos y valles.

Todo esto se ve enfocado al **Plan Estratégico del Sector Energético Nacional 2022-2036**.

Destacar que existe una alta probabilidad de que se den cortes de suministro eléctrico durante el día, de hasta 3-4h habitualmente, por lo que en todas las empresas existe una tendencia generalizada al uso de grupos electrógenos de respaldo con circuitos de garantía 24/7. Sobre este punto débil, se intenta dar solución y establecer diferentes alternativas que se desarrollan a lo largo de este proyecto.

2.4. Análisis de las alternativas de modelos de carga

Para el desarrollo del borrador de marco habilitante para la instalación de estaciones de carga para las líneas alimentadoras y la interconectividad de la movilidad eléctrica, se exploraron las siguientes soluciones que permitían un cambio del servicio de transporte público terrestre de pasajeros mediante autobuses hacia una movilidad sostenible:

1. **Almacenamiento de energía en los patios cerca de las terminales de los corredores para la carga nocturna de los vehículos.** En este caso será necesaria una estimación del consumo actual de la flota de autobuses, un análisis de los principales organismos de la red eléctrica de República Dominicana y el estudio del sistema de almacenamiento y generación de energía. En base a estas conclusiones sobre la situación actual de la red eléctrica, se podía considerar opciones de almacenamiento como el bombeo reversible, entre otras.
2. **Carga de alta potencia de los vehículos en los terminales/patios en horario diurno,** mediante pantógrafo o conectores estándar.
3. **Trolebuses con batería** (de baja capacidad). En este caso habría que tener en cuenta la reciente propuesta de enterrar los cables en RD.
4. **Intercambio de Baterías.** La tipología de autobuses y la tecnología todavía en



desarrollo serían dos aspectos a contemplar a la hora de decantarse por esta solución.

5. **Hidrógeno y Pila de Combustible.** La propuesta en este caso consistiría en la generación diurna de hidrógeno local, en los patios cerca de las terminales de los corredores, con una planta fotovoltaica y almacenarlo para su posterior consumo en recargas antes de iniciar el servicio. El tiempo corto para la carga y la autonomía limitada de esta tecnología serían aspectos a considerar.
6. **Autobuses híbridos no enchufables como solución transitoria,** si no es posible garantizar el suministro suficiente de energía de la red de distribución. Considerar incluso una posible solución de “retrofit” de los autobuses más modernos.

Previamente a profundizar en cada una de estas soluciones, fue necesario un estudio pormenorizado de la demanda energética actual por parte de la flota de autobuses y disponibilidad de suministro energético en las localizaciones de los patios.

Condiciones de operación que fueron consideradas:

- Los autobuses operan 18h/día, desde las 5am a las 11am aproximadamente, solo se dispone de 6h nocturnas para revisiones, limpieza y recarga, en su caso.
- Los tiempos de regulación en terminales (finales de ruta) suelen ser altos, por lo que se dispone de unos 30' de espera hasta reiniciar el servicio de vuelta, que puede ser empleado para una recarga rápida (“de oportunidad”)
- El kilometraje de las rutas de los corredores es muy diverso, entre los 15km hasta 35km, con alguna ruta de 8km y otras de 40-45km. Sin embargo, las rutas más largas circulan por vías con más tramos interurbanos, donde la ratio consumo/km puede ser menor.
- Los actuales vehículos de OMSA no disponen de aire acondicionado, mientras que los nuevos vehículos circulando en corredores transformados incorporan un sistema de climatización, aunque no siempre es exigido. Éste será un aspecto crucial para dimensionar el consumo final de energía.

Para una primera estimación, preliminar, de las necesidades energéticas se consideraron autobuses con una capacidad útil de batería de unos 600kWh y patios donde pueden aparcarse hasta 50 buses.

- La energía total consumida diariamente por los buses de un patio sería de 30MWh.
- Para producir toda esa energía con paneles FV serían necesarios 60.000m² (estimando 0,5kWh/día/m²) y su pack de baterías correspondiente.
- Si se opta por la recarga nocturna en patios, durante 5 horas disponibles, se requiere, al menos, una potencia nominal asegurada de 6MW.
- Si se opta por recargas rápidas en terminales/patios se necesitan 8-10 cargadores de 200-300kW, o su equivalente de cargadores con una potencia total de 2-3 MW.

A la espera de poder dimensionar cada patio y cada corredor, esta demanda potencial estimada se trasladó al CUED, Consejo Unificado de las empresas de distribución de energía eléctrica de República Dominicana, para que indicaran las posibilidades reales de tal nivel



de electrificación en las localizaciones que INTRANT ha identificado.

Con todo ello, paralelamente, EMT MADRID, realizó varias conclusiones sobre la modalidad de carga eléctrica para la flota de autobuses de los corredores de OMSA en Santo Domingo, en base a lo demandado en su proyecto:

“La propuesta inicial consistía en que la flota de autobuses eléctricos recargara principalmente durante la noche en los patios situados cerca de las cabeceras de línea hasta recarga del 100% de las baterías.” Adicionalmente, contemplaban una planificación de recargas diurnas parciales y de manera intermitente en los patios con el fin de poder garantizar la disponibilidad de autonomía suficiente para completar el servicio previsto por los autobuses. Se consideraba más realista y oportuna, la implementación de un único sistema de recarga más lenta en los patios tanto por la previsible disponibilidad limitada de potencia, como por la mayor durabilidad de las baterías de los vehículos, dado que al utilizar recarga de alta potencia la degradación de las baterías se acelera. Destacan, que electrificar la flota supondría incrementar la dotación actual en un porcentaje entre el 10% al 20% según el corredor.

En resumen, EMT Madrid propuso una recarga lenta durante un horario nocturno en los patios situados cerca de las cabeceras de las líneas.

Por otro lado, dentro del panorama energético actual, se han analizado diversas propuestas y métodos para optimizar la carga de vehículos eléctricos. Como conclusión, la propuesta inicial de un modelo de carga nocturna lenta ha mostrado desafíos evidentes, especialmente en cuanto al suministro de energía renovable y la necesidad de almacenamiento, que trae consigo ciertas limitaciones. La propuesta de generación autónoma de energía para su posterior almacenamiento y reinserción en la red de distribución no es una opción que se esté considerando en este momento. Aunque no se descarta la idea de una Planta Fotovoltaica (PFV) que funcione bajo un modelo de producción e inyección directa al distribuidor, con posterior retorno al consumidor para su almacenamiento o uso. Además, en términos de implementación, se enfrentan desafíos en cuanto a espacio, especialmente en las terminales de los corredores, cuando se considera un sistema combinado de PFV, almacenamiento de baterías y carga nocturna.

Las dificultades en el almacenamiento de la energía renovable para uso nocturno apuntan hacia soluciones alternativas.

Por lo tanto, se dejarían abiertas las siguientes alternativas:

- Producción, almacenamiento y consumo por parte únicamente del consumidor.
- Producción, inyección y posterior consumo/almacenamiento por parte del consumidor de la energía eléctrica.

En resumen, aunque la recarga nocturna presenta ventajas, los desafíos asociados al espacio y almacenamiento de energía la hacen menos viable. Por lo tanto, se sugiere también dirigir la atención hacia el “swap” de baterías u otras alternativas, que puedan “eliminar” la necesidad de grandes sistemas de almacenamiento.



2.5. Condiciones habilitantes:

2.5.1. Políticas y regulatorias

Para el marco regulatorio de estas actuaciones se está teniendo en cuenta la Ley 63-17 como documento esencial para entender las claves de operación actual y futura a corto/medio plazo.

Pasamos a sintetizar algunos de los puntos más destacados a tener en cuenta:

Según **Artículo 43 de la Ley 63-17**, Licencia de operación: “Las rutas del transporte público de pasajeros son propiedad del Estado. La prestación del servicio del transporte público de pasajeros será autorizada por medio de la emisión de **licencias de operación**, expedidas por el INTRANT y los ayuntamientos en su jurisdicción a favor de operadores públicos o privados, de conformidad con la presente ley y sin vulnerar los derechos o las prerrogativas previamente establecidas”.

Según **Artículo 347 de la Ley 63-17** Cronograma de reemplazo de las unidades del servicio público de transporte: “El INTRANT establecerá el cronograma de retiro paulatino de las unidades de transporte terrestre chatarras o en mal estado en sus distintas modalidades, en un plazo que no podrá exceder de diez (10) años, que se encuentren laborando a la fecha de la promulgación de esta ley, hasta que alcancen la vida útil máxima establecida en el Artículo 40 de esta ley.”

Según **Artículo 41 de la Ley 63-17** Vida útil de los vehículos: “Los vehículos de motor para la prestación del servicio público de transporte de pasajeros y de carga deberán cumplir con la inspección técnica vehicular y, a partir del año de su fabricación, no podrán exceder en servicio los plazos siguientes:

1. Vehículos livianos hasta cuatro (4) pasajeros, quince (15) años.
2. Microbuses desde cinco (5) hasta veinte (20) pasajeros, diecisiete (17) años.
3. Minibuses desde veintiuno (21) hasta treinta y seis (36) pasajeros, veinte (20) años.
4. Autobuses desde treinta y siete (37) pasajeros en adelante, veinte y cinco (25) años.
5. Vehículos pesados de carga, treinta (30) años.
6. Motocicletas de un (1) pasajero, diez (10) años.”

Así, se tiene en cuenta que la flota de autobuses de los corredores transformados es bien moderna (2019-2021), mientras que autobuses de otros corredores no transformados son muy antiguos (2004-2012).

Las diferentes instituciones que forman parte de este proyecto ayudan a dar un punto de vista más real y en situación de todos estos aspectos sobre las líneas actuales y el nuevo enfoque hacia una nueva transición.



2.5.2. Normativa de aplicación (Documentación adicional)

Además de los acuerdos y normativas de República Dominicana, referidos a la puesta en marcha de las actuaciones que garanticen el cumplimiento de los objetivos de la interconectividad de la movilidad eléctrica, son vinculantes los siguientes puntos a tener en cuenta, siempre que sean se deban tener en cuenta en la situación actual regulatoria de República Dominicana:

- Documentación necesaria
- Gestión de residuos
- Medio ambiente
- Licencias, permisos, autorizaciones, tasas, ...
- Elaboración de documentación urbanística
- Planes de riesgos laborales
- Comprobación de altas de los trabajadores
- Cualquier otra documentación
- Certificados y homologaciones

Toda esta documentación es sobre todo información comúnmente necesaria para conseguir un total grado de eficacia en el desarrollo de toda la electrificación.



3. MARCO CONCEPTUAL

3.1. Antecedentes administrativos y técnicos:

Por un lado, existe una alta predisposición para la reducción de las emisiones GEI en República Dominicana, así como una serie de acciones llevadas a cabo para impulsar la movilidad sostenible. Sin embargo, también existen una serie de obstáculos que pueden llegar a impedir esta transición, sobre todo con relación al transporte público de pasajeros con autobuses:

- Situación actual de Compras Públicas a la adquisición más ventajosa económicamente, es decir, licitación al más barato, sin tener en cuenta otros factores técnicos o sostenibles.
- Alto consumo nocturno vs baja generación nocturna. Lo que implica una estrategia de generación de energía renovable ligada al almacenamiento. O, en otro caso, contemplar una carga en horario diurno con generación de energía renovable.
- Existe un subsidio del 13% para la energía eléctrica, que supone un mayor presupuesto del estado para la electrificación.
- No existen tarifas por franjas horarias, lo que impide estrategias de almacenamiento para la venta o consumo de energía en los picos y valles.

Por otro lado, la mayor parte de la gestión de los corredores corresponde a OMSA (11 corredores). Además, con la Ley No. 63-17, de Movilidad, Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial de la República Dominicana. G. O. No. 10875 del 24 de febrero de 2017, que establece nuevos requisitos para la prestación del servicio de transporte público terrestre de pasajeros mediante autobuses, OMSA deberá transformar los corredores para cumplir con las especificaciones de esta ley. Eso supone una oportunidad para impulsar la movilidad sostenible en estos corredores.





Otros operadores privados, como los 3 corredores transformados que recauda FIMOVIT, ya disponen de vehículos relativamente nuevos para los que será difícil justificar su renovación hasta que hayan sido amortizados, o significará un sobrecoste importante.

Una gran parte de la flota actual asignada a OMSA no está en disposición de circular, resultando que únicamente 226 vehículos son operativos para dar el servicio. Es de esperar un cambio en la empresa que impulse una renovación de la flota, que sería una oportunidad excelente para avanzar hacia la incorporación de vehículos descarbonizados.

3.2. Responsabilidades:

En este apartado se identifican los diferentes players que podrían intervenir en el objeto del proyecto y cuáles son sus roles:

- **CNCCMDL:** Se encargarían mayoritariamente de la gestión y control sobre las políticas públicas y estratégicas que lleven a cabo en el proyecto.
- **INTRANT:** Rector del sistema de movilidad. Se encargaría de la regulación del servicio, pudiendo asumir la titularidad de las infraestructuras de recarga, en su caso.
- **Ministerio de Energía y Minas:** como organismo de Estado. Siendo encargado del desarrollo responsable del sector energético y de la minería nacional. Se preocupa por mantener una infraestructura energética confiable y preservar una adecuada explotación de los minerales del territorio nacional
- **CNE:** Comisión Nacional de Energía. Es la institución encargada de trazar la política del Estado Dominicano en el Sector Energía.
- **Operadora Metropolitana de Servicio de Autobuses (OMSA) (Decreto 167-23):** OMSA como una empresa pública, llevaría la gestión y prestación el servicio de transporte público de autobuses.
- **El Fideicomiso de Movilidad y Transporte (Fideicomiso FIMOVIT):** organización, sistematización y modernización y optimización del servicio de transporte de autobuses. Rol similar a OMSA.

Se establece la posibilidad de que las empresas Distribuidoras de Energía operen más como contratistas que como proveedores de energía.



4. DOCUMENTO BORRADOR DE TÉRMINOS DE REFERENCIA TdR

4.1. Alcance del documento

El objeto de este documento es establecer los parámetros y especificaciones generales para la instalación de una infraestructura de recarga para vehículos eléctricos.

Inicialmente la propuesta consistía en una recarga lenta de tipo (Overnight), es decir durante un horario nocturno, mediante pantógrafos tipo “down” instalados en una marquesina. Además de la proyección de una planta de paneles fotovoltaicos para generar la energía demandada y una planta de baterías para almacenarla. Las actuaciones a considerar en base a esta propuesta se enumeran a continuación:

- Ejecución de cimentaciones, zanjas y arquetas.
- Suministro e instalación de cuadros eléctricos de baja tensión (BT) con sistemas de medida y protección.
- Instalación de un parque de baterías y equipamiento asociado.
- Suministro, instalación y puesta en marcha de equipos de recarga.
- Suministro, adecuación e instalación del sistema de iluminación en la zona.
- Implementación de sistemas de protección contra incendios.
- Instalación de sistemas de control y comunicación.
- Certificación del cableado de control y comunicaciones.
- Marquesina para la ubicación de equipos y paneles solares.
- Implementación de sistemas de puesta a tierra.
- Instalación de sistemas auxiliares, incluyendo iluminación.
- Proceso de legalización de las instalaciones eléctricas y fotovoltaicas.
- Si fuera necesario para obtener una seguridad en el suministro de energía, implementación de un centro de distribución de alta tensión / media tensión (MT/AT).

Sin embargo, en las reuniones presenciales realizadas en agosto de 2023 en República Dominicana, por parte de las diferentes entidades (ELECTRA, OMSA, INTRANT, CNCCMDL, CNE, Empresas Distribuidoras, entre otras), se estudiaron los problemas que podría enfrentar tal propuesta de electrificación, entre ellas:

- Dificultad de interactuar con la red de distribución de energía eléctrica para el suministro y almacenamiento.
- Inconvenientes de espacio en las ubicaciones para la instalación de todos los elementos.

Por ese motivo, surgió la necesidad de proponer nuevas alternativas más eficientes para la electrificación del servicio de autobuses. Destacando la propuesta de “swap” de baterías, que permite realizar una carga diaria de estas, aprovechando la energía producida por la



planta fotovoltaica, así como realizar una “recarga” de los autobuses mediante el “swap” de baterías de manera más rápida que una carga lenta.

Dado que en el desarrollo del proyecto inicialmente se contempló la alternativa de recarga lenta mediante pantógrafo, justificada en parte por EMT, a continuación, se desarrollan las especificaciones técnicas, de manera superficial, de esta alternativa. Y finalmente, se desarrollarán las a pautas a seguir para el desarrollo de los TDR pertinentes a la solución de “swap de baterías” o similar, cuyo uso se considera más eficiente.

Destacar que el modelo de carga mencionado en este pliego se deberá adaptar a las especificaciones de cada ubicación.

4.2. Localización y Emplazamientos de las instalaciones

Las instalaciones mencionadas en este pliego serán desarrolladas en las ubicaciones especificadas en la tabla siguiente, que quedan pendientes de ajustarse a las características reales del servicio y por lo tanto son meramente orientativas. Es esencial que cada instalación se adapte según las características particulares de estas ubicaciones, teniendo en cuenta aspectos como la superficie disponible, el número de autobuses eléctricos en servicio, entre otros factores relevantes. La flexibilidad y adaptabilidad son cruciales para garantizar que las infraestructuras satisfagan las necesidades específicas de cada emplazamiento.

Ubicaciones	Líneas con terminal cerca	Superficie TOTAL (m2)	Superficie TOTAL no edificada (m2)	Observaciones
<i>C-1- Las Cabaos</i>	27 de Febrero	36.827,94	29.402,16	
<i>C-2 Las hipodromas</i>	27 de Febrero / Independencia / Charles de Gaulle (CCG)	32.766,54	33.190,40	
<i>C-4 Aut. Duarte</i>	Kennedy / Naco	12.125,00	8.363,29	
<i>C-5 Tamarindo</i>	Kennedy	25.751,90	25.170,13	
<i>C-6 Alcarrizo (1)</i>	Alcarrizo	854,92	854,92	Zona vía pública
<i>C-10 / C-7 La Haina (2)</i>	Alcarrizo / Bolívar / Independencia	6.638,14	5.573,42	
<i>C-12 Los Ríos</i>	Lincoln / Los Ríos	-	-	Zona vía pública



Ubicaciones	Líneas con terminal cerca	Superficie TOTAL (m2)	Superficie TOTAL no edificada (m2)	Observaciones
C-17 <i>Mama Tingó</i>	La nueva barquita / Máximo Gómez / Charles de Gaulle (CCG)	-	-	Zona vía pública
C-11 (3)	27 de Febrero / Independencia / Charles de Gaulle (CCG)	32.766,54	33.190,40	
C-14 (4)	Naco / Kennedy	12.125,00	8.363,29	
C-15 (5)	La nueva barquita / Máximo Gómez / Charles de Gaulle (CCG)	-	-	Zona vía pública
C-16 (6)	27 de Febrero / Independencia / Charles de Gaulle (CCG)	32.766,54	33.190,40	
C-18	Juan Bosch	4.198,58	4.198,58	
C-19 (7)	Lincoln / Los Ríos	-	-	Zona vía pública

- (1) C-1 según Mapa General de OMSA.
 (2) Para la línea de Alcarrizo sería la C-7 (para otra línea se le dice C-10)
 (3) La C11 con posibilidad de ser la C-2
 (4) La C14 con posibilidad de ser la C-4
 (5) La C-15 con posibilidad de ser la C-17
 (6) La C-16 con posibilidad de ser la C-2
 (7) La C-19 con posibilidad de ser la C-12

4.3. Descripción y justificación de las soluciones

En un primer momento, la instalación estaría destinada a una infraestructura de recarga para autobuses eléctricos a través de pantógrafos tipo “down”, para una recarga lenta en un horario nocturno. Se utilizará una marquesina no solo para sostener los pantógrafos a la altura adecuada para la carga de los autobuses, sino también para ofrecer una superficie potencial para la instalación de una planta fotovoltaica si se considera necesario. Los componentes eléctricos, como cargadores, inversores y otros dispositivos, se ubicarán en la parte superior y bajo la cubierta de la marquesina.

En caso de ser necesario y conveniente, para garantizar el suministro de energía, se contará con un punto de acometida en la red eléctrica.

Adicionalmente a la estructura mencionada, se implementará un sistema de acumulación



energética mediante baterías. Estas baterías se cargarán durante las horas diurnas y alimentarán el sistema de carga de autobuses eléctricos con pantógrafo durante la noche.

Esta solución, sin embargo, compromete parte del espacio de los patios, dado que la instalación global requiere de un espacio considerable para ubicar todos los elementos. Además, requiere de una planta de paneles fotovoltaicos (PFV) de unas dimensiones considerables en cada uno de los patios para cumplir con la demanda energética de los autobuses. A continuación, se intenta cuantificar las dimensiones y el coste de la PFV de manera meramente orientativa:

Superficie aproximada de los patios/módulos:

Ubicaciones	Líneas terminal cercana	Superficie TOTAL aprox. (m2)	Superficie TOTAL no edificada aprox. (m2)
C-1- Las Caboas	27 de Febrero	36.827,94	29.402,16
C-2 Las hipodromas	27 de Febrero / Independencia / Charles de Gaulle (CCG)	32.766,54	33.190,40
C-4 Aut. Duarte	Kennedy / Naco	12.125,00	8.363,29
C-5 Tamarindo	Kennedy	25.751,90	25.170,13
C-6 Alcarrizo (1)	Alcarrizo	854,92	854,92
C-10 / C-7 La Haina (2)	Alcarrizo / Bolívar / Independencia	6.638,14	5.573,42
C-12 Los Ríos	Lincoln / Los Ríos	-	-
C-17 Mama Tingo (8)	La nueva barquita / Máximo Gómez / Charles de Gaulle (CCG)	-	-
C-11 (3)	27 de Febrero / Independencia / Charles de Gaulle (CCG)	32.766,54	33.190,40
C-14 (4)	Naco / Kennedy	12.125,00	8.363,29
C-15 (5)	La nueva barquita / Máximo Gómez / Charles de Gaulle (CCG)	-	-
C-16 (6)	27 de Febrero / Independencia / Charles de Gaulle (CCG)	32.766,54	33.190,40
C-18	Juan Bosch	4.198,58	4.198,58
C-19 (7)	Lincoln / Los Ríos	-	-

Coste instalación PFV asumiendo la totalidad de la superficie no edificada de los patios:

Ubicaciones	COSTE INSTALACIÓN PFV TOTAL SUPERFICIE (1,55 euros/Wp)			COSTE ESTRUCTURA PARA PFV		
	Coste (20º) [euros]	Coste (10º) [euros]	Coste (5º) [euros]	Coste (20º) [euros]	Coste (10º) [euros]	Coste (5º) [euros]
C-1- Las Caboas	7.853.537 €	8.759.529 €	8.759.529 €	3.474.247 €	3.875.040 €	3.875.040 €
C-2 Las hipodromas	8.865.404 €	9.888.126 €	9.888.126 €	3.921.877 €	4.374.308 €	4.374.308 €
C-4 Aut. Duarte	2.233.897 €	2.491.602 €	2.491.602 €	988.231 €	1.102.235 €	1.102.235 €
C-5 Tamarindo	6.723.130 €	7.498.717 €	7.498.717 €	2.974.178 €	3.317.282 €	3.317.282 €
C-6 Alcarrizo (1)	228.356 €	254.699 €	254.699 €	101.020 €	112.674 €	112.674 €
C-10 / C-7 La Haina (2)	1.488.702 €	1.660.440 €	1.660.440 €	658.572 €	734.545 €	734.545 €
C-12 Los Ríos	-	-	-	-	-	-
C-17 Mama Tingo (8)	-	-	-	-	-	-
C-11 (3)	8.865.404 €	9.888.126 €	9.888.126 €	3.921.877 €	4.374.308 €	4.374.308 €
C-14 (4)	2.233.897 €	2.491.602 €	2.491.602 €	988.231 €	1.102.235 €	1.102.235 €
C-15 (5)	-	-	-	-	-	-
C-16 (6)	8.865.404 €	9.888.126 €	9.888.126 €	3.921.877 €	4.374.308 €	4.374.308 €
C-18	1.121.472 €	1.250.846 €	1.250.846 €	496.117 €	553.349 €	553.349 €
C-19 (7)	-	-	-	-	-	-



Siendo:

- Coste (20°) [euros]: Coste asociado a la PFV para una inclinación de los paneles fotovoltaicos de 20°.
- Coste (10°) [euros]: Coste asociado a la PFV para una inclinación de los paneles fotovoltaicos de 10°.
- Coste (5°) [euros]: Coste asociado a la PFV para una inclinación de los paneles fotovoltaicos de 5°.

Se ha considerado un azimut del 15°.

Por otro lado, se ha querido también estimar, únicamente de manera orientativa, el coeficiente de producción de energía por metro cuadrado en Santo Domingo. Los cálculos se han utilizado mediante una herramienta profesional, asumiendo el mes en el que la irradiancia solar es menor (caso más desfavorable) y con un rendimiento común de los paneles fotovoltaicos. El resultado se muestra a continuación:

Coeficiente Energía kWh/m ² /día (20°)	Coeficiente Energía kWh/m ² /día (10°)	Coeficiente Energía kWh/m ² /día (5°)
0,66	0,69	0,65

Estos coeficientes de producción se asemejarán para todas las ubicaciones planteadas en este documento. Mediante los valores anteriormente mencionados, se ha querido estudiar cuál sería la superficie mínima (m²) de PFV para cumplir con la demanda diaria de los autobuses.

En ese caso se ha tomado la ubicación C-1 Las Caboas como ejemplo. El resultado se muestra a continuación:

Superficie de PFV mínima para cumplir la demanda diaria (m ²) (20°)	Superficie de PFV mínima para cumplir la demanda diaria (m ²) (10°)	Superficie de PFV mínima para cumplir la demanda diaria (m ²) (5°)
30.042,68	28.836,15	30.351,06

Por lo tanto, cabe destacar que la mejor opción para ahorrar espacio resulta en una inclinación de 10°. Además, se observa que para la ubicación C-1 Las Caboas la superficie a cubrir con la PFV es ligeramente inferior a la superficie no edificada estimada.

En ese sentido, **es posible que, en el caso de implementar una infraestructura de almacenamiento, el espacio de los patios sea limitante para la propuesta**, ya sea para la alternativa inicial contemplada, o para otras alternativas que requieran de una producción energética (PFV) de energía renovable, como podría ser el “swap” de baterías.

4.4. Especificaciones técnicas de las infraestructuras de recarga

En los proyectos sería recomendable incluir un estudio que permita definir cada uno de los equipamientos para la infraestructura final de carga que permitan la recarga del autobús. Para ello, se establecerían, en función de los fabricantes existentes en el mercado, alguna



de las propuestas que sean compatibles con las necesidades actuales que se dispongan por parte de los operadores de los corredores.

4.4.1 Requisitos de los cargadores eléctricos

En base a una alternativa de carga mediante pantógrafo. Los cargadores eléctricos a instalar deberán cumplir con un mínimo de exigencias técnicas tales como:

- Los puntos de recarga serán trifásicos y de carga rápida en (CC)
- La potencia máxima será en función de la demanda energética de los autobuses y el tiempo útil disponible de carga.
- Conector: Catenaria
- Modo de carga: Carga lenta (Overnight)
- Rango de tensión: 150 – 1000 V
- Pantógrafo: Tipo Down

El punto de conexión de recarga debe situarse justo encima del bus para facilitar la recarga de éste durante el descanso en los patios o terminales. Se deberán tener en cuenta las alturas mínimas y máximas en los emplazamientos para realizar el ajuste óptimo de recarga entre vehículo y pantógrafo.

4.4.2. Instalaciones de AT

Indiferentemente de la alternativa de electrificación de la flota de autobuses contemplada, puede existir la necesidad o no de acogerse a la red de distribución para consumir energía o para mantener una seguridad adicional a la instalación y garantizar que nunca habrá una escasez energética. Por ese motivo se contemplan los siguientes apartados, dejando abierta la posibilidad de interactuar la red de alta tensión o no y siendo ajustables en base a las características de cada ubicación y la normativa correspondiente.

1. Centro de distribución

La presencia y utilidad de un Centro de Distribución (CD) está fuertemente ligada a la existencia de Centros de Transformación (CT) en el lugar y a las previsiones de crecimiento de la infraestructura eléctrica. Si no existe un CT previo y no se anticipa una expansión significativa en el futuro, la implementación de un CD podría no ser necesaria y podría simplificarse el diseño con una conexión directa a un CT.

Con el propósito de mejorar y expandir las infraestructuras de recarga, se considerará la implementación de un anillo de alta/media tensión y la adición de centros de transformación, acorde a las necesidades del proyecto en República Dominicana.

La instalación contará con un centro de distribución que interactuará con posibles



infraestructuras preexistentes. Desde este centro, se derivarían líneas para alimentar tanto a los centros de transformación actuales como a los nuevos. Este centro de distribución se acomodaría en un edificio prefabricado, preferentemente de ejecución enterrada.

En cuanto al equipamiento del centro, se contemplaría la incorporación de cabinas de línea y protección, las cuales deberán ser de aislamiento integral de alta calidad, incorporando características tales como interruptores seccionadores e indicadores de presencia de tensión. Es esencial contar con un armario de control, equipado con un controlador adecuado, rectificador, batería y cajón de control.

Desde el mencionado centro, se gestionaría el tendido de líneas de alta/media tensión hacia los centros de transformación, utilizando líneas aptas para este propósito y con canalización enterrada. Adicionalmente, se tomarían en cuenta las cabinas de línea y protección necesarias para garantizar la alimentación de futuros centros de transformación.

Cabe destacar que todas las instalaciones y componentes deberían ser compatibles y cumplir con las normativas y estándares vigentes en República Dominicana, optando por materiales y equipos acorde a la disponibilidad y requerimientos locales.

2. Centro de transformación

Se realizaría un análisis para el correcto dimensionamiento de la línea de alta/media tensión y la optimización de la ubicación de los centros de transformación. La ubicación específica del centro de transformación se definiría en función de la zona designada para la recarga, conforme a los planos de las ubicaciones objeto de estudio.

Para dar servicio a la demanda energética de los autobuses, se instalaría un nuevo centro de transformación de ejecución enterrada. Dentro del centro, se alojarían transformadores adecuados para las necesidades de la instalación. Este contaría con cabinas de línea y protección apropiadas, así como con un armario de control necesario para su operación.

El centro de transformación dispondría de un sistema de ventilación forzada. Se garantizará una adecuada admisión y evacuación de aire para mantener un ambiente propicio y garantizar el correcto funcionamiento de los equipos.

En el interior del centro, se instalarían cuadros generales de BT, cuadros auxiliares y cuadros de control y comunicaciones para la operación óptima de la infraestructura.

3. Cableado/Conductores



Las líneas de alta/media tensión se efectuarían a través de cables adecuados para el servicio requerido, tomando en consideración las características técnicas y normativas aplicables. Estos cables se ubicarían dentro de los conductos previstos en las zanjas descritas en las secciones pertinentes de este documento.

4. Canalizaciones

El diseño buscaría que el punto de acometida de la instalación esté lo más próximo posible a las zonas predeterminadas para optimizar la conexión. Se requeriría una canalización desde dicho punto hasta donde se ubiquen los equipos de Alta/Media Tensión, esencial para el correcto funcionamiento del sistema.

Las canalizaciones de AT/MT se efectuarían mediante tubos adecuados enterrados en zanjas, que se desplazarán desde puntos clave hasta la zona prevista para el estacionamiento de los autobuses.

Para garantizar el acceso y mantenimiento, se incluirían arquetas de paso y registro en puntos estratégicos, como en las entradas/salidas a centros de transformación, cambios de dirección, y cruces de calzadas. Estas arquetas estarían equipadas con tapas robustas, aptas para soportar tráfico pesado.

5. Sistema de tierras AT/MT

Siendo el objeto garantizar la seguridad de la instalación mediante la conexión a tierra adecuada de todas las masas metálicas y limitar la tensión en relación con tierra en cualquier momento:

La instalación de redes o sistemas de tierra debería cumplir con las normativas y estándares técnicos locales y recomendaciones internacionales pertinentes. Es esencial asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo asociado a los materiales eléctricos.

Se propondría una red de tierras de servicio para un régimen de neutro tipo TT, en el cual un punto de la alimentación (neutro) estaría conectado a tierra y las masas de herrajes de BT también estarían conectadas a tierra con ambos sistemas separados.

Se utilizaría un diseño basado en anillos con picas adecuadas, unidas entre sí con cables de material conductor de alta calidad y sección adecuada.

Se considerarán anillos alrededor de centros de transformación y reparto, con picas equidistantes.



Las dimensiones exactas y detalles de la red de tierras para cada componente se definirían según las condiciones del terreno, la infraestructura existente y las normativas locales.

En cuanto a las medidas de seguridad:

- Se procurará evitar tensiones de contacto peligrosas.
- Se considerarán medidas físicas de separación entre zonas de equipos de AT/MT y BT para evitar contactos simultáneos.

Todos los cálculos y detalles técnicos deberían estar detallados en un documento dedicado a las Redes de tierra.

4.4.3. Marquesina

En el caso de optar para una propuesta con marquesina, ya se para ubicar una PFV, un sistema de “swap” de baterías, pantógrafos u otros elementos, los trabajos a proyectar deberían diseñar y calcular una estructura que permita el estacionamiento de todos los autobuses eléctricos previstos y, en la medida de lo posible, sin perder ninguna plaza de autobús de las actualmente existentes en la zona. La estructura se desarrollaría de tal forma que permita, mediante la presencia de una plataforma técnica, la ubicación de todos los equipamientos eléctricos como equipos de recarga (en su caso), cuadros, cableado,... así como la instalación de los elementos necesarios para la carga de los autobuses mediante esta infraestructura, garantizando el tránsito peatonal en el ámbito del aparcamiento y con las condiciones necesarias de iluminación y seguridad.

Dicha plataforma técnica sería transitable para el mantenimiento de los equipos allí instalados y accesibles para que en cualquier momento permita tanto la instalación de cualquier equipo nuevo a instalar como la sustitución de los existentes. Adicionalmente, la estructura contemplaría en la parte superior de la plataforma técnica, si fuera el caso, una pequeña estructura sobre la propia plataforma técnica que además de proteger en la medida de lo posible los equipamientos eléctricos instalados, permita alojar en su parte superior paneles solares fotovoltaicos.

La estructura contemplaría unos accesos mediante escalera metálica para poder acceder correctamente al mantenimiento de los equipos instalados.

Se definirían aquellas cuestiones relacionadas con aspectos estéticos y funcionales dentro del ámbito de la actuación como podrían ser la señalización de accesos, iluminación, emergencias y su coordinación con la situación actual del propio centro de operaciones de la zona correspondiente.

1. Estructura



La marquesina debería proporcionar una estructura que permita la ubicación adecuada de los elementos eléctricos y garantice el acceso, en su caso, del pantógrafo a la zona de carga o del sistema que se considere.

Se utilizarían perfiles de acero laminado para formar una estructura tridimensional robusta.

2. Cimentación

Los trabajos a proyectar contemplarían el dimensionamiento de las cimentaciones necesarias para sustentar correctamente toda la estructura definida en este apartado. Para ello, se deberán realizar estudios previos del terreno que permitan definir tanto el tipo de cimentación a desarrollar como el dimensionamiento necesario para la estructura.

Se consideraría una cimentación superficial a través de zapatas aisladas, pero se debería comprobar su viabilidad mediante un estudio geotécnico de la zona correspondiente. Se espera que las recomendaciones de estos informes sean consideradas en la implementación de la cimentación.

Las especificaciones técnicas relativas a la profundidad, dimensiones y características de las zapatas deberían ser determinadas en base a los informes geotécnicos y las condiciones locales del terreno.

3. Terreno

Es crucial tener una descripción detallada del terreno donde se ubicaría la marquesina. Los aspectos como la composición del terreno, niveles geotécnicos diferenciables y recomendaciones para la cimentación serán determinantes para la implementación adecuada de la estructura.

Las especificaciones relativas a la agresividad al hormigón y posibles efectos de expansividad del terreno también deberían ser consideradas en base a las recomendaciones del estudio geotécnico.

Se deberían tomar en cuenta todos los aspectos relevantes del informe geotécnico, incluyendo recomendaciones sobre tiempos entre excavación y hormigonado para minimizar riesgos.

Las especificaciones y detalles técnicos adicionales referentes a la marquesina y sus componentes deberían ser detallados en documentos complementarios.

4.4.4. Instalaciones de BT



Para la correcta distribución de toda la potencia necesaria para abastecer a los autobuses o los elementos necesarios para su carga, en el proyecto se debería incluir el dimensionamiento y cálculo de toda la aparamenta de baja tensión desde los Centros de Transformación, si es el caso, hasta el último elemento de la cadena para el suministro de energía al autobús.

Durante la fase de redacción de proyecto se estudiaría la mejor opción para la distribución de todas las líneas en función de los cuadros generales y secundarios de BT a disponer.

1. Cuadros

Cuadro General de BT (CGBT):

El CGBT debería ser un armario metálico modular.

Se sugiere una altura adecuada y dimensiones que se ajusten a las necesidades del proyecto. Las dimensiones exactas deberían ser definidas según el diseño final y los requerimientos técnicos en el lugar de instalación.

Debería contar con los siguientes elementos, siendo meramente enunciativos y no limitativos:

- Puerta de acceso por módulo.
- Espacios y equipamiento para adecuada ventilación.
- Sistema de iluminación con tecnología LED y equipamiento necesario.
- Embarrado partido adecuado a las necesidades de corriente del proyecto, con dispositivos de seccionamiento.
- Mínimo de dos entradas principales y una adicional para conexas a fuentes externas (e.g. grupo electrógeno).
- Interruptores enclavados y con capacidad de comunicación y control.
- Protecciones contra sobretensiones y sistemas de monitoreo.
- Salidas adecuadas para ramales y circuitos auxiliares.

Cuadro de Servicios Auxiliares (CSSAA):

- El CSSAA debería ser un armario metálico con dimensiones adecuadas a las necesidades de instalación y ubicación.
- Alojaría las protecciones necesarias para alimentar diversos circuitos auxiliares.
- Las protecciones deberán incluir dispositivos de señalización y control, preferentemente con capacidad de integración a sistemas PLC.

En caso de optar por una propuesta de almacenamiento con baterías, el cuadro LVDB (Low Voltage Distribution Board):



- Sería destinado principalmente para la alimentación de rectificadores y puntos de recarga o los elementos eléctricos necesarios para el suministro de energía del autobús.
- Debería contar con circuitos adecuados para interconexión a sistemas de almacenamiento, como contenedores de baterías, y para servicios exteriores.
- Debería incluir todas las protecciones pertinentes para su conexión.

Todos los cuadros y equipamientos deberían cumplir con las normativas y estándares técnicos vigentes en República Dominicana.

Sería recomendable por un lado que todos los dispositivos, equipamientos y accesorios sean de fabricantes reconocidos y de probada calidad en el mercado.

Las dimensiones y especificaciones exactas de los equipos, así como la configuración final, deberían ser determinadas en función de las condiciones y necesidades específicas del proyecto en República Dominicana.

2. Canalizaciones

Desde los equipamientos necesarios a proyectar en media/alta tensión (MT/AT) hasta los equipamientos que permitan la distribución en baja tensión a cada uno de los elementos que permitan la carga de los autobuses, será preciso disponer de las correspondientes canalizaciones que permitan el funcionamiento óptimo de toda la estación.

Canalizaciones prefabricadas:

Canalizaciones prefabricadas para los elementos eléctricos para la carga del autobús y equipos auxiliares:

- La alimentación de los elementos eléctricos para la carga del autobús y equipos auxiliares se efectuaría a través de canalizaciones prefabricadas adecuadas para tal fin.
- Sería recomendable que estas canalizaciones provengan de fabricantes reconocidos en el mercado.
- Recomendablemente, las canalizaciones deberían ser de tipo encapsulado en acero. Con protección adecuada contra factores ambientales, y aptas para ser instaladas al aire libre.
- Deberían incluir soportes adecuados para anclaje a estructuras, en caso del uso de marquesina, y garantizar un grado de protección mínimo de IP55.
- Se utilizarían canalizaciones de características específicas para alimentación de potencia, con adecuados conductores y dimensiones que se ajusten a las necesidades del proyecto.
- Deberían incluir cajas de conexión aptas para alojar protecciones de los elementos



eléctricos.

En su caso, interconexión Transformadores - Cuadro General de BT:

- Se efectuaría utilizando barras conductoras adecuadas para las corrientes y tensiones previstas.
- Las especificaciones de las barras y su ruta de instalación se definirían según las necesidades técnicas y de diseño del proyecto.

Canalizaciones para Alumbrado y Servicios Auxiliares:

- Se instalaría una canalización específica a lo largo de las estructuras definidas, anclada y protegida adecuadamente.
- Recomendablemente, deberían ser de tipo encapsulado en acero. Con conductores aptos para las corrientes y tensiones previstas y con grado de protección mínimo de IP55.
- A estas canalizaciones se aclararían dispositivos de iluminación y otros equipos.
- Se incluirían cajas de derivación con sus protecciones y puntos de conexión según sea necesario.

Todas las canalizaciones y componentes deberían cumplir con las normativas y estándares técnicos vigentes en República Dominicana.

Se recomienda que todos los dispositivos, equipamientos y accesorios sean de fabricantes reconocidos y de probada calidad en el mercado.

Las dimensiones, especificaciones exactas y configuración final de las canalizaciones serían determinadas según las condiciones y requerimientos del proyecto en República Dominicana.

Canalizaciones prefabricadas:

Material y Localización de Bandejas:

- Las bandejas en espacios interiores serían preferentemente de material plástico, libre de halógenos, perforadas y con tapa.
- Para áreas exteriores, las bandejas y sistemas de instalación deberían ser de acero galvanizado.
- Se permitiría el uso de bandejas tipo rejilla para ubicaciones específicas, como falsos suelos y techos. Para áreas específicas, como bajo las cubiertas de pérgolas, se recomienda el uso de bandejas de rejilla con tapa para proteger contra la exposición solar directa.



Instalación y Ventajas:

- Se debería tener en cuenta que las bandejas ofrecen ventajas específicas en ciertas áreas, como una mejor refrigeración bajo pérgolas.
- Las bandejas deberían proporcionar suficiente protección mecánica en zonas no accesibles.

Conexiones y Soportes:

- Cualquier componente metálico en el sistema de bandejas debería contar con una conexión equipotencial adecuada.
- Las bandejas deberían ser instaladas usando soportes adecuados, anclados en función de la ubicación, ya sea a estructuras o al suelo.

Pasos y Perforaciones:

- Cualquier perforación necesaria para la transición entre espacios exteriores e interiores debería asegurar la integridad y estanqueidad, utilizando materiales estandarizados para sellado.

Diferenciación de Canalizaciones:

- Se debería mantener una separación entre canalizaciones de potencia y de control.
- Las bandejas y tubos para cables de potencia no deberían confundirse con aquellos destinados a cables de control y comunicación.

Normativas:

- Al seleccionar los diámetros y clases de tubos, se deberían considerar las directrices locales pertinentes o estándares internacionales reconocidos.
- La instalación de conductores debería seguir las mejores prácticas y estándares pertinentes.

3. Derivaciones

Las cajas deberían ser de material aislante con alta resistencia mecánica y propiedades auto extingüibles o metálicas, según corresponda. Estas cajas deberían contar con componentes adecuados para la entrada de tubos y bornes apropiados para las secciones de los cables que se van a derivar.

Las derivaciones internas dentro de edificios deberían realizarse utilizando tubos, ya sean rígidos o flexibles, de material plástico libre de halógenos. Para las derivaciones externas,



se deberían emplear tubos metálicos de acero galvanizado.

4. Cableado/conductores

Los cables auxiliares de Baja Tensión pueden ser multipolares o unipolares, con conductores de cobre. Estos cables serían del tipo RZ1-K (AS) con aislamiento adecuado, y se dispondrían tanto en el interior de tubos como en bandejas.

El cableado de potencia debería cumplir con estándares relevantes o reconocidos internacionalmente en cuanto a su clasificación de reacción al fuego. Estos cables deberían ser de tipo RZ1-K, no propagadores de la llama, y con características como baja emisión de humos y opacidad reducida.

La clasificación de los conductores utilizados debería ajustarse a estándares relevantes, teniendo en cuenta propiedades específicas como la resistencia al fuego y otras propiedades de seguridad.

5. Sistema de tierras BT

Con el objeto de establecer las prescripciones técnicas para un sistema de tierras de BT que limite la tensión que puedan presentar las masas metálicas con respecto a tierra, garantice la actuación de las protecciones y mitigue los riesgos asociados con fallos en los materiales eléctricos:

Se deberían instalar redes de tierra acordes a las regulaciones y normativas locales de República Dominicana, con el propósito de proporcionar un régimen de neutro tipo TT (Régimen de Neutro TT: Se caracteriza por tener un punto de la alimentación (neutro) conectado a tierra y las masas de herrajes de BT también conectadas a tierra, con ambos sistemas operando de forma separada.

Se contemplarían dos sistemas de tierra de BT:

- Tierra de protección de herrajes para el sistema de BT.
- Tierra de protección de herrajes para sistemas de protección contra rayos.

Para la instalación de herrajes, se consideraría utilizar canales existentes, como los de Comunicación. Se debería garantizar una separación segura entre componentes para evitar interferencias.

Para la puesta a tierra, el diseño debería asegurar una tensión de contacto máxima permitida según regulaciones locales. La resistencia de tierra debería ser lo más baja posible, y se tomarían medidas para confirmar su eficiencia. Si es necesario, se evaluaría la adición de más electrodos o el uso de materiales para mejorar la conductividad del terreno.

Las conexiones entre el electrodo y la red de tierras externa deberían realizarse mediante



materiales conductores adecuados que garantizaran una correcta transmisión de la corriente hasta el sistema de almacenamiento de energía.

En caso de optar por un sistema de almacenamiento como un Contenedor de Baterías: Las conexiones que enlazarían eléctricamente el conjunto de un electrodo y la red de tierras exterior al cuadro LVDB, se realizaría mediante cable de cobre electrolítico desnudo unifilar hasta llegar al interior del Contenedor.

6. Instalación de alumbrado y tomas de corriente

El objetivo de este apartado es indicar las prescripciones técnicas para proveer una iluminación adecuada para facilitar las tareas de mantenimiento en caso de optar por la utilización de una marquesina.

Niveles de Iluminación:

- En la pasarela de los elementos de potencia, se requeriría un nivel de iluminación medio de 200 lux. Este nivel se basa en estándares internacionales para recintos con equipos eléctricos y similares.
- En la zona peatonal de la marquesina, se debería conseguir un nivel de iluminación promedio de 60 lux, no descendiendo en ningún punto por debajo de 50 lux.
- En la pista, se tendría en cuenta una iluminación de 30 lux de media, sin que se reduzca en ningún punto por debajo de 25 lux.
- Para los autobuses, se precisaría de 1 luminaria por autobús.

Tipo de Luminarias:

- Luminarias LED de alta eficiencia, adecuadas para la iluminación de espacios industriales y luminarias de emergencia con batería Ni-Cd, autonomía mínima de 1 hora y grado IP65, que proporcionarían un flujo luminoso de al menos 325 lm.

Instalación y Conexión:

- Las luminarias se conectarían a una canalización prefabricada adecuada.
- Se contemplaría la desinstalación y reutilización de columnas de iluminación existentes, adaptando los circuitos actuales para la nueva infraestructura.
- La ejecución debería ser coordinada con la empresa encargada del mantenimiento de las instalaciones actuales.

Tomas de Corriente y Mecanismos:

- Se suministrarían cajas de tomas de corriente adecuadas para ser ancladas a los cerramientos de la pasarela. Estas cajas deberían ofrecer conexiones versátiles, incluyendo tomas tipo CETAC y tomas trifásicas, junto con sus respectivas



protecciones.

- Se incluirían mecanismos de accionamiento para el encendido y apagado de la iluminación en función de las necesidades.

El sistema de iluminación implementado debería cumplir con las regulaciones y normas vigentes en República Dominicana relativas a iluminación de espacios industriales y públicos. Para el posterior desarrollo del proyecto, sería necesario realizar todos los cálculos lumínicos necesarios para garantizar que se cumplan los niveles de iluminación especificados.

4.4.5. Instalación Eléctrica de Almacenamiento

En caso de optar por la instalación de un Parque de Contenedores de Baterías (Battery Pack o BESS), estándar, estaría ubicado, en la medida de lo posible, cerca de la zona de BT, con la siguiente configuración:

- Conjunto de baterías (compuesto por un número de baterías en función de las necesidades de la instalación).
- Cuadro general de baja tensión de corriente continua.
- Rectificador/s bidireccional/es.
- Transformador de aislamiento (necesario si la configuración dispone de más de 400 kW en baterías).
- Cuadro e interruptor general de baja tensión de corriente alterna (estaría dotado de equipo de control y medida).

El concepto básico de funcionamiento sería que las baterías ubicadas en el Parque de Baterías cercano a la sala de baja tensión, pueden actuar como almacenamiento de energía o bien como soporte a la red, inyectando corriente desde las mismas hacia los armarios rectificadores. Estos dos sistemas de funcionamiento se ven facilitados por el rectificador bidireccional. Sin embargo, esta última posibilidad, queda fuera de discusión dado lo indicado los apartados iniciales de este documento. Por lo tanto, no se contemplaría en ningún momento la posibilidad de verte energía a la red después de haber sido almacenada.

Los Contenedores de Baterías deberían disponer de todos los servicios auxiliares necesarios (alumbrado, aire acondicionado, sistema de protección contra incendios, etc).

Cabe indicar que sería recomendable estudiar la posibilidad de instalar un pulsador de manera que se pueda desconectar la instalación eléctrica, en caso de producirse algún problema o accidente en la instalación de recarga.

4.5. Obra civil



4.5.1. Cimentación

En caso de optar por la instalación de una marquesina, ésta debería estar ubicada en una plataforma de aparcamiento. Ésta infraestructura debería tener capacidad para al menos el número de plazas de autobuses eléctricos de servicio y, adicionalmente, al menos 2 plazas para pruebas o testeo.

La estructura principal de la marquesina debería ser tridimensional, siendo preferible el uso de perfiles de acero laminado.

En cuanto a la alimentación eléctrica, si se da el caso de una conexión a la red, se tendría en cuenta en cuanto un Centro de Distribución (CD) y un Centro de Transformación (CT). Para ambos centros, sería esencial contemplar edificios prefabricados de hormigón, con la particularidad de que deberán ser enterrados. Para garantizar la correcta instalación de estos edificios, se realizarían excavaciones adecuadas a las dimensiones propuestas por el fabricante. Durante dichas excavaciones, sería necesario contar con mecanismos de bombeo en caso de acumulación de agua. Posteriormente, se llevaría a cabo una losa de cimentación adecuadamente reforzada para manejar posibles subpresiones. La impermeabilización entre la losa y la pared del edificio prefabricado es esencial.

Una vez que se haya completado la instalación de los edificios prefabricados, se procedería al relleno y compactación de cada excavación. Es esencial restituir cualquier pavimento o señalización que haya sido afectada durante el proceso.

Ambos recintos, el CT y el CD, deberían contar con sistemas de ventilación. Se debería considerar la instalación de rejillas normalizadas a nivel de pavimento para la admisión y evacuación de aire.

En relación con el Parque de Baterías, si es el caso, este debería situarse lo más cerca posible de la zona de baja tensión. Se recomendaría el uso de casetas metálicas, con una disposición que permitiera su fácil instalación y eventual traslado. El área seleccionada debería estar libre de acumulaciones de agua y contar con una superficie adecuadamente nivelada.

Finalmente, en la zona de baja tensión cercana al Parque de Baterías, se instalarían cajas de distribución que se conectarían con los elementos de potencia, rectificadores y contenedores de baterías. La preferencia sería realizar estas conexiones mediante zanjas, siempre que sea viable.

Los detalles técnicos específicos, marcas y regulaciones deberían adaptarse a las especificaciones y normativas vigentes en República Dominicana.

4.5.2. Zanjas y canalizaciones enterradas

Se realizarían tramos de canalización enterrada en la zona determinada entre el CT, si se



da el caso, y la prevista ubicación de la marquesina.

Para la ejecución de las canalizaciones, se llevaría a cabo la excavación necesaria para alcanzar la profundidad adecuada, seguida del tendido de tubos, hormigonado y relleno hasta alcanzar la cota de pavimento. Los tubos utilizados serían preferiblemente de polietileno, curvables, de doble capa, con interior liso y exterior corrugado, aptos para canalizaciones subterráneas.

Sería esencial incluir arquetas de paso y registro, idealmente cada 40 m de recorrido, en puntos estratégicos como entradas/salidas a centros de transformación o recintos eléctricos, en cambios de dirección, y en ambos lados de los cruces de calzadas. Las tapas de estas arquetas deberían ser de fundición, aptas para tráfico pesado.

Posterior a la construcción de las zanjas y canalizaciones, se procedería a la restitución del pavimento y la señalización que haya sido afectada, incluyendo la delimitación y numeración de las plazas de estacionamiento y zonas peatonales. También se llevaría a cabo el fresado y asfaltado en caliente de las zonas afectadas.

Todos los residuos resultantes de estos trabajos deberían ser gestionados de manera responsable y depositados en lugares autorizados.

Los detalles técnicos específicos y regulaciones deberían adaptarse a las especificaciones y normativas vigentes en República Dominicana.

4.6. Sistemas de protección contra incendios.

Para garantizar la seguridad y la integridad de las instalaciones, éstas deberían estar equipadas con sistemas de protección contra incendios adecuados. Estos sistemas se diseñarían e instalarán conforme a la normativa vigente en República Dominicana y las mejores prácticas internacionales.

Es esencial que estos sistemas sean de alta calidad, garantizando una respuesta rápida y eficiente en caso de emergencia. Además, se deberían realizar pruebas periódicas y mantenimientos preventivos para asegurar su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo.

Se esperaría que previamente a la redacción del proyecto se realizara un estudio en el que se incluyeran las propuestas específicas para cada una de las áreas mencionadas, detallando los tipos de sistemas recomendados, su capacidad y las características técnicas. También se valoraría la inclusión de planes de formación para el personal en cuanto al uso y mantenimiento de estos sistemas.

4.7. Instalación de control



Sería necesario realizar un estudio con la mejor propuesta de arquitectura de control donde se plasme tanto los equipos de Control, Comunicaciones y Supervisión de toda la infraestructura eléctrica, incluyendo las redes y buses de comunicación de tal forma que a través de dichos equipos se pudieran realizar todas las tareas del proceso de recarga de forma automática.

Si se trabajara en una hipotética propuesta de una infraestructura de carga de vehículos eléctricos con pantógrafo en República Dominicana, a pesar de las limitaciones, la comunicación de esta infraestructura podría basarse en un anillo de fibra óptica que se originara desde el Centro de Datos del Centro de Operaciones, utilizando para ello un cable de fibra óptica de 24 hilos para exteriores OM4 con armadura metálica de 50/125 μm .

En la pasarela de la estructura, será esencial instalar un rack de comunicaciones, destinado a alojar al menos dos switches de 48 puertos junto con un organizador de cables. Estos switches deberían integrarse al anillo de comunicaciones del Centro de Operaciones a través de una conexión directa a la caja de parcheo de fibra óptica.

La comunicación desde estos switches se extendería mediante cables de categoría 6a, apantallados, tipo F/FTP, que se dirigirían hacia cada uno de los cargadores o rectificadores de la infraestructura.

Se debería contar con un armario de control robusto de acero, de dimensiones mínimas de 800 x 800 mm (Ancho x Profundidad). Este armario, que se situaría cerca del rack de comunicaciones, albergaría el hardware, equipos y protecciones de la instalación de control. Debería incluir características esenciales como iluminación LED, ventilación forzada, calefacción y, por supuesto, un espacio de reserva de al menos un 30%.

El control y monitorización de la infraestructura se llevaría a cabo a través de un PLC equipado con su fuente de alimentación y un conjunto de tarjetas de entrada/salida necesarias para gestionar las señales correspondientes. Este PLC contaría con una tarjeta de comunicaciones ModBus RS485, permitiendo la conexión de los inversores y unidades de control de interruptores automáticos.

Para la supervisión local, sería esencial la inclusión de un panel HMI que estaría conectado a los switches del rack de comunicaciones mediante un cable ethernet. Asimismo, los analizadores de red estarían equipados con comunicaciones y se conectarían directamente a los switches.

Finalmente, la alimentación del hardware de control sería respaldada por un SAI de entrada y salida monofásica, con una capacidad de 3 kVA. Este SAI ofrecería una autonomía de al menos 30 minutos y contará con una tarjeta de comunicaciones SNMP para una gestión eficiente.

Todas las implementaciones y trabajos deberían adherirse a las regulaciones y normativas locales de la República Dominicana, asegurando así un funcionamiento óptimo y seguro de la infraestructura.



4.8. Redacción de los proyectos

4.8.1. Proyecto de ejecución

Proyecto:

Indiferentemente de la propuesta a considerar para la electrificación de la flota de autobuses, es imperativo señalar que sería necesaria la ejecución de un proyecto sujeto a la normativa eléctrica vigente en República Dominicana. Únicamente, sin embargo, se procedería con la elaboración y presentación de un proyecto técnico detallado, si la normativa actual estipulara dicha necesidad para este tipo de infraestructura.

Inspección:

Es esencial asegurar que todas las instalaciones cumplan con los más altos estándares de seguridad y eficiencia. Por ello, una vez completada la instalación, sería recomendable llevar a cabo una inspección inicial exhaustiva. Esta inspección tendría como objetivo validar que la infraestructura de recarga para vehículos eléctricos cumpla con todas las especificaciones técnicas y normativas aplicables.

La realización de dicha inspección estaría igualmente condicionada a lo que estipule la normativa vigente en República Dominicana. En caso de que las regulaciones actuales demanden la inspección de este tipo de instalaciones, se garantizaría la intervención de profesionales capacitados para asegurar la correcta implementación y funcionamiento del sistema de recarga.

4.8.2. Estudio de seguridad y salud

Aunque en algunos territorios no sea estrictamente obligatorio un estudio formal de Seguridad y Salud, es esencial reconocer la importancia de garantizar un ambiente laboral seguro y saludable para todos los trabajadores involucrados en el proyecto. En muchos países se reconoce que la prevención y gestión de riesgos laborales no sólo es una responsabilidad ética y moral, sino que también puede tener implicaciones legales.

Es vital abordar el proceso constructivo de cualquier obra o proyecto, comprendiendo las secuencias de trabajo y los riesgos asociados, con el fin de prevenir accidentes laborales y enfermedades profesionales. Además, considerar los riesgos durante las fases de reparación, conservación, mantenimiento y entretenimiento puede garantizar una seguridad prolongada más allá de la finalización del proyecto.

La finalidad de cualquier documento o estudio relacionado con la seguridad y salud debería ser:



- Establecer previsiones claras en cuanto a la prevención de riesgos.
- Definir espacios y recursos para la higiene y bienestar de los trabajadores.
- Proveer directrices a las empresas contratistas y subcontratistas para que se adecuen a estándares de seguridad, incluso en la ausencia de regulaciones específicas.

Es siempre recomendable que se elabore y mantenga un Plan de Seguridad y Salud en el lugar de trabajo. Este plan debería analizar, estudiar y desarrollar las previsiones de seguridad, adaptándolas a su sistema específico de ejecución. Mantener el Plan de Seguridad y Salud al alcance en el lugar de trabajo es una práctica recomendada, facilitando su revisión tanto por la dirección del proyecto como por cualquier entidad supervisora o inspectoría que pueda requerirlo.

Esta adaptación es genérica y sugiere prácticas estándar de prevención y gestión de riesgos laborales. Se recomienda una revisión adicional considerando las particularidades del proyecto y las posibles regulaciones o directrices locales en la República Dominicana.

4.8.3. Programa de control de calidad

Se recomienda que el contratista asignado para las obras elabore un Plan de Control de Calidad y lo presente para su consideración y revisión. Este Plan de Control de Calidad debería especificar los procesos, pruebas y ensayos sugeridos, de manera que, con base en los resultados, se puedan tomar decisiones informadas y documentadas respecto a la calidad de los materiales, la calidad de los métodos constructivos y la calidad de los resultados obtenidos.

Control de Calidad de la Estructura:

Para la estructura, se sugiere como mínimo realizar los siguientes controles de calidad:

En movimiento de tierras:

- Determinación de la densidad in situ.
- Ensayo proctor modificado, para suelos.

En cimentación:

- Toma de muestras de hormigón fresco.
- Medida de la consistencia.
- Conservación y análisis de probetas de 30 cm x 15 cm a compresión.

En barras:

- Revisión de las características geométricas de barras, alambres y alambazón.



- Ensayos de tracción.
- Pruebas de doblado-desdoblado para el hormigón armado.
- Ensayo de cortante en una intersección soldada para mallas electrosoldadas.

Para los ensayos del acero laminado en la estructura, se propone realizar pruebas de tracción de los perfiles y ensayos no destructivos de las soldaduras, utilizando métodos como líquidos penetrantes y/o partículas magnéticas.

Finalmente, sería recomendable proporcionar certificados del acero utilizado en los armados del hormigón, de los hormigones empleados y del acero laminado de los perfiles.

Será necesaria una revisión más a fondo con base en las necesidades específicas del proyecto y las prácticas estándar de construcción en República Dominicana.

Control de Calidad BT:

La revisión de las instalaciones eléctricas antes de su puesta en marcha podría dividirse en dos etapas. Una inicial, conocida como verificación por examen, que no requiere mediciones y, posteriormente, una fase que implica la utilización de equipos de medición y la certificación del cableado de potencia.

El alcance de esta verificación, según se sugiere basado en normativas internacionales y mejores prácticas, podría comprender tanto la verificación por examen como la verificación a través de mediciones eléctricas. Se recomienda también considerar revisiones en las conexiones a tierra.

Verificación por Examen:

Este proceso debe llevarse a cabo antes de realizar cualquier prueba o medición, preferiblemente con la instalación sin corriente.

El objetivo principal de esta verificación es:

- Confirmar que el material eléctrico instalado permanentemente cumple con las especificaciones detalladas en el proyecto o en la memoria técnica de diseño.
- Asegurarse de que el material haya sido seleccionado e instalado adecuadamente siguiendo las recomendaciones generales y las del fabricante.
- Verificar que no existan daños visibles en el material que puedan comprometer la seguridad.

Entre los aspectos cualitativos a considerar durante esta verificación se sugiere:

- Verificar las medidas de protección contra descargas eléctricas, ya sean directas o por contacto con partes en tensión.
- Evaluar las medidas de protección contra descargas eléctricas derivadas de fallos



en el aislamiento, como la presencia de dispositivos de corte automático y otros sistemas de protección.

- Confirmar la presencia y correcto calibrado de dispositivos de protección y señalización.
- Inspeccionar las barreras y sistemas para prevenir la propagación del fuego, así como protecciones contra efectos térmicos.
- Validar el uso de materiales y medidas de protección adecuadas contra influencias externas.
- Asegurar la existencia y legibilidad de esquemas, advertencias e información relevante.
- Verificar la adecuada identificación de circuitos, fusibles, interruptores, bornes, etc.
- Inspeccionar la correcta conexión de los conductores.
- Evaluar la accesibilidad de los sistemas para garantizar un funcionamiento y mantenimiento óptimo.

Verificaciones mediante medidas o ensayos:

Las verificaciones mediante medidas o ensayos tienen como objetivo principal garantizar la integridad y funcionalidad de las instalaciones eléctricas. Se recomienda considerar las siguientes medidas:

- Medida de continuidad de los conductores de protección.
- Medida de la resistencia de puesta a tierra.
- Medida de la resistencia de aislamiento de los conductores.
- Medida de la resistencia de aislamiento de suelos y paredes, cuando se utilice este sistema de protección.
- Medida de la rigidez dieléctrica.

Adicionalmente, para asegurar la protección contra descargas eléctricas, se sugiere:

- Medida de las corrientes de fuga.
- Medida de la impedancia de bucle.
- Comprobación de la intensidad de disparo de los diferenciales.
- Comprobación de la secuencia de fases.

Control de calidad AT/MT (Alta/Media Tensión):

Las verificaciones antes de poner en marcha las instalaciones eléctricas de alta/media tensión son esenciales para garantizar la seguridad y funcionalidad. Se recomienda que estas verificaciones sean realizadas por personal competente o empresas especializadas.

Algunas verificaciones recomendadas son:

- Medidas de las tensiones de paso y contacto.
- Verificación de las distancias mínimas de aislamiento.



- Ensayos y comprobaciones visuales del equipo eléctrico y partes de la instalación.
- Pruebas funcionales de relés de protección.
- Confirmación de esquemas unifilares y manuales operativos.
- Medidas de aislamiento.
- Comprobación de resistencia de tierras.
- Ensayo de acoplamiento de tierras.

Control de calidad de control y comunicaciones:

Para asegurar la integridad y eficacia de los sistemas de control y comunicaciones, se recomienda considerar:

- Certificación del cableado de comunicaciones (FO, UTP, MODBUS...) previo a su puesta en marcha.
- Revisión del estado e instalación de componentes clave (CPU, Remotas, Tarjetas E/S, switches...).
- Comprobación de las alimentaciones y conexiones.
- Verificación del sistema y software, incluyendo pruebas de señales E/S.

Se recomendaría una revisión adicional basada en las especificaciones exactas del proyecto y las normativas locales de República Dominicana.



5. CONCLUSIONES: CAMBIO DE ENFOQUE

En este documento, se han establecido términos de referencia (TDR) adecuados para la elaboración de los modelos de carga propuestos inicialmente, en sintonía con el criterio de EMT Madrid: carga lenta (Overnight) en patios próximos a los terminales de los corredores utilizando pantógrafos. Se ha considerado, además, la inclusión de una marquesina para sostener los pantógrafos, ubicar los componentes de potencia y posiblemente alojar una planta fotovoltaica (PFV). También se ha contemplado un banco de baterías destinado al almacenamiento de energía renovable, dada la intensa demanda energética de los autobuses.

No obstante, durante la elaboración del diagnóstico, el establecimiento del marco conceptual y tras las visitas realizadas en agosto a República Dominicana, se identificaron potenciales obstáculos para la ejecución de las propuestas inicialmente planteadas. Estos desafíos incluyen la limitación de espacios y, principalmente, la imposibilidad de inyectar energía almacenada en un banco de baterías a la red, junto con otras dificultades relacionadas con la red de distribución.

Por lo tanto, aunque los términos de referencia delineados en este documento no se restringen únicamente a la propuesta inicial, es palpable la necesidad de replantear la dirección de los trabajos. Dadas las dificultades detectadas y la complejidad inherente a ciertos sistemas de carga y almacenamiento, **se sugiere reorientar el enfoque del proyecto hacia la investigación de alternativas, como el "swap" de baterías, entre otras posibilidades.** Este reajuste no solo permitirá enfrentar los retos identificados, sino también alinear nuestras investigaciones y esfuerzos con soluciones más factibles y coherentes con la situación presente.



Financiado por
la Unión Europea



FIIAPP
COOPERACIÓN ESPAÑOLA




PRESIDENCIA DE LA
REPÚBLICA DOMINICANA
Consejo Nacional
para el Cambio Climático


INTRANT
INSTITUTO NACIONAL DE TRÁNSITO
Y TRANSPORTE TERRESTRE