

Tabla. Operacionalización de Variables (Actualizada según OE.2 y OE.3 – CityLearn v2 con EV)

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores ítem	Método	Técnica
Variables Independiente  Diseño de la infraestructura de carga inteligente.	La gestión sistema de infraestructura de carga inteligente de vehículos eléctricos (VE) es un mecanismo que emplea cargadores que son capaces de interactuar con la red eléctrica, almacenamiento de energía y paneles fotovoltaicos mediante sistemas de gestión inteligente. Estos equipos permiten la eficiente integración de vehículos eléctricos manteniendo sin variar las condiciones de la red a conectarse [20].	Para el desarrollo de esta investigación, se determinará la ubicación estratégica, se dimensionará la capacidad de generación solar, almacenamiento y cargadores de motos y mototaxis, y se seleccionará el algoritmo de gestión de carga mediante simulación CityLearn v2 (EV) para la reducción cuantificable de emisiones de CO <sub>2</sub> en la ciudad de Iquitos.	Determinación de la ubicación estratégica optima	Área de estacionamiento de motos y mototaxis  1) Medir área disponible (m <sup>2</sup> ) del terreno. 2) Estimar capacidad de estacionamiento (n.º de plazas) según dimensiones de motos/mototaxis. 3) Verificar accesibilidad (vías de ingreso/salida) y condiciones de seguridad del punto.	Analítico-descriptivo con soporte espacial (evaluación técnica de alternativas).	Observación directa e inspección de campo; medición in situ; georreferenciación/Google earth (si aplica)
				Área techada y área de estacionamiento  1) Medir área techada útil (m <sup>2</sup> ). 2) Determinar % de cobertura requerido para proteger cargadores y usuarios (criterio técnico). 3) Identificar restricciones físicas (sombras, árboles, edificaciones) relevantes para PV y operación.	Analítico-descriptivo.	Inspección de campo; levantamiento de información física; registro fotográfico y croquis/planos.
				Disponibilidad de red eléctrica  1) Identificar punto de conexión más cercano (m) y factibilidad de acometida. 2) Registrar capacidad disponible estimada (kVA) /	Analítico (diagnóstico técnico de conexión).	Análisis documental (planos/especificaciones) y verificación en campo; entrevistas técnicas breves con operador (si corresponde).

				condición del suministro (continuidad).		
			Dimensionamiento de la capacidad de generación solar, almacenamiento y cargadores	<p>Potencia generación solar</p> <p>1) Calcular potencia FV requerida (kWp) considerando irradiancia, pérdidas y criterio de cobertura (% demanda).</p> <p>2) Simular generación anual y validar energía anual (kWh/año).</p> <p>3) Verificar área requerida para módulos FV (m<sup>2</sup>) vs. disponibilidad real.</p>	Modelamiento y simulación energética (balance generación–demanda) y dimensionamiento.	Simulación/cálculo en hoja de cálculo o librería PVLIB-Python; análisis de fichas técnicas FV; uso de datos meteorológicos locales disponibles.
				<p>Capacidad Nominal de almacenamiento</p> <p>1) Estimar el excedente FV diario a almacenar: Excedente = Energía FV día – (Demanda mall + Demanda de carga EV).</p> <p>2) Definir profundidad de descarga (DoD) y eficiencia del BESS.</p> <p>3) Calcular capacidad nominal (kWh) y potencia nominal (kW) según criterio de almacenamiento del excedente y C-rate.</p> <p>4) Verificar capacidad frente a picos de demanda y estrategia de carga/descarga.</p>	Modelamiento y simulación energética; análisis de sensibilidad (escenarios de demanda).	Simulación/cálculo (hoja de cálculo/software); análisis de fichas técnicas de baterías (eficiencia, DoD, potencia).
				<p>Cantidad de cargadores</p> <p>1) Estimar demanda diaria de carga</p>	Modelamiento de demanda y dimensionamiento eléctrico;	Cálculo eléctrico; revisión de normativa/criterios de diseño; análisis de fichas técnicas de

				<p>(kWh/día) y potencia pico (kW) según flota, potencia por toma y tiempo promedio de sesión.</p> <p>2) Calcular número de tomas requeridas en horas pico y total día (sesiones), considerando factor de carga (fc) y penetración (pe).</p> <p>3) Dimensionar n.º de cargadores (4 tomas) que cubran la demanda y verificar la capacidad eléctrica asociada.</p>	verificación técnica.	cargadores e inversores.
			Selección de Algoritmo de gestión de carga (CityLearn v2 + EV)	<p>Arquitectura de control</p> <p>1) Configurar la arquitectura de control centralizado del entorno CityLearn (agente único: central_agent) para recursos controlables.</p> <p>2) Definir los recursos controlables (BESS y cargador(es) EV) y sus límites operativos en el schema.json.</p> <p>3) Validar consistencia del dataset (energy_simulation.csv, carbon_intensity.csv y charger_simulation.csv) antes de ejecutar agentes.</p>	Simulación computacional (configuración de entorno).	Construcción/edición de schema.json y archivos CSV del dataset CityLearn; validación de estructura y consistencia (pruebas de ejecución).
				<p>Tipo de carga</p> <p>1) Definir ventana de conexión (arribo/salida), potencia máxima por toma (kW) y</p>	Modelamiento de carga EV y simulación.	Generación de charger_simulation.csv a partir del perfil horario (OE.2); parametrización de cargadores

				<p>energía requerida por vehículo.</p> <p>2) Representar el proceso de carga EV en charger_simulation.csv (estados, tiempos y requerimiento de SOC).</p> <p>3) Definir el escenario “sin control” (carga no controlada) como línea base para la comparación.</p>		(potencia/eficiencia) en el schema.json.
				<p>Algoritmo de optimización (o estrategia de gestión)</p> <p>1) Ejecutar agentes/algoritmos en CityLearn v2 (p. ej., UncontrolledChargingAgent, RBC y/o MPC/RL según implementación).</p> <p>2) Extraer resultados operativos y ambientales: energía importada (kWh), potencia pico (kW), y emisiones (kgCO<sub>2</sub>) usando carbon_intensity.csv.</p> <p>3) Seleccionar el algoritmo con menor emisión de CO<sub>2</sub>, manteniendo nivel de servicio de carga EV (sin déficit de energía requerida al salir).</p>	Experimental comparativo (simulación CityLearn).	Ejecución de escenarios en CityLearn; consolidación de KPIs; tabla comparativa y selección del algoritmo ganador.
<p>Variable Dependiente</p> <p>Las emisiones de dióxido de carbono</p>	<p>Lo define como emisión de CO<sub>2</sub> en [32]</p> <p>Emisiones de dióxido de carbono como la liberación</p>	<p>Se cuantifican las emisiones y la reducción neta mediante comparación de escenarios (base vs.</p>	<p>Emisiones directas</p>	<p>Cantidad de CO<sub>2</sub> evitada a reemplazo de vehículos a combustibles fósiles.</p> <p>1) Estimar actividad del transporte base: n.º de unidades, km/día (o</p>	<p>Método de inventario GEI por factores de emisión y comparación de escenarios (base vs. proyecto).</p>	<p>Análisis documental (factores de emisión); ficha de registro de actividad (km, consumo, n.º unidades); cálculo en hoja de cálculo/modelo.</p>

	de dióxido de carbono a la atmósfera, las cuales son provenientes de las diferentes fuentes, pero sobre todo derivado de la actividad humana como la quema de combustibles fósil, procedente de diferentes procesos industriales, explotación de ganaderías intensivas, etc; las principales fuentes de emisión de dióxido de carbón: generación de energía, transporte, procesos industriales y deforestación.	proyecto), incorporando la electrificación del transporte (motos y mototaxis) y el suministro eléctrico (red vs. FV+BESS con control).		km/año), consumo (L/km). 2) Calcular emisiones base: litros consumidos × factor de emisión (kgCO <sub>2</sub> /L). 3) Estimar energía requerida para carga (kWh) del escenario eléctrico. 4) CO <sub>2</sub> evitado directo = Emisiones base – (emisiones asociadas a energía usada para carga, según fuente eléctrica).		
			Emisiones indirectas	Cantidad de CO <sub>2</sub> evitada por la generación de energía a combustibles fósiles.  1) Estimar energía FV efectiva utilizada para carga (kWh/año). 2) Determinar energía fósil desplazada (kWh/año) que hubiera sido generada por red/diésel. 3) Calcular CO <sub>2</sub> evitado indirecto = kWh desplazados × factor de emisión (kgCO <sub>2</sub> /kWh).	Inventario GEI por factores de emisión aplicado a electricidad/generación desplazada.	Análisis documental (factor de emisión de electricidad o generación diésel); resultados de simulación energética; cálculo en hoja de cálculo.
			Reducción neta de CO <sub>2</sub>	Cantidad total de CO <sub>2</sub> total evitada por el uso de combustibles fósiles por vehículos y generación.  1) Integrar resultados: CO <sub>2</sub> evitado total = CO <sub>2</sub> evitado directo + CO <sub>2</sub> evitado indirecto. 2) Comparar	Análisis comparativo y consolidación de escenarios; verificación de consistencia (balance energético y de emisiones).	Consolidación y validación de datos; análisis en hoja de cálculo; trazabilidad de supuestos/escenarios.

				escenarios operativos: (i) EV + red (sin control) vs. (ii) EV + FV+BESS con control (CityLearn) para cuantificar mejora adicional. 3) Reportar reducción neta por periodo (mes/año) y proyección a vida útil (20 años).		
--	--	--	--	--	--	--