



Rumbo a un Modelo Sistémico para la Gestión de Estaciones de Carga de Vehículos Eléctricos en el Valle de México

Edgar Manuel Berdeja Rocha¹
Enlace ORCID: [0009-0005-7124-9983](https://orcid.org/0009-0005-7124-9983)

Ricardo Tejeida Padilla²
Enlace ORCID: [0000-0003-4882-8096](https://orcid.org/0000-0003-4882-8096)

Isaías Badillo Piña³
Enlace ORCID: [0000-0003-4008-9161](https://orcid.org/0000-0003-4008-9161)

Carlos de Jesús García García⁴
Enlace ORCID: [0009-0004-9075-1904](https://orcid.org/0009-0004-9075-1904)

Fecha de Recepción: 1 de agosto, 2024.

Fecha de Aprobación: 24 de Noviembre 2024

Resumen

En la actualidad, cuando se habla de dejar de utilizar los combustibles fósiles para la movilidad de los seres humanos, automáticamente se piensa en la utilización de fuentes de energía renovables mediante su almacenamiento en baterías para mover vehículos, en el caso específico de las ciudades hablamos de automóviles que utilicen tecnologías limpias para su impulso. Esta tendencia se llama movilidad eléctrica y cuyo objetivo es volverse una alternativa que poco a poco sustituya los vehículos de combustión interna. Esto beneficia en disminuir la huella ecológica que producimos al trasladarnos para realizar nuestras actividades. Para llevar a cabo la transición de movilidad eléctrica total en México, se necesita un gran impulso para motivar a los usuarios, productores, inversionistas y empresarios de utilizar autos eléctricos, así como de una infraestructura técnica que respalde su utilidad y mediante el uso de herramientas sistémicas y analíticas para obtener un modelo de gestión eficiente de las estaciones de carga. El modelo sistémico propone herramientas para solucionar los problemas actuales de la gestión de la energía de las electrolineras en la zona del valle de México.

Palabras Clave: L-62 Estaciones de Carga, L-94 energía, O-32 modelo sistémico, L20 gestión, O-32 Ciencia de Sistemas.

¹ Instituto Politécnico Nacional, SEPI-ESIME-Z, GIST, México. eberdejar2000@alumno.ipn.mx

² Instituto Politécnico Nacional, SEPI-EST, SEPI-ESIME-Z, GIST, México. email: rtejidap@ipn.mx

³ Instituto Politécnico Nacional, SEPI-ESIME-Z, GIST, México. email: ibadillop@ipn.mx

⁴ Instituto Politécnico Nacional, SEPI-EST, GIST, México. cgarciag2300@alumno.ipn.mx

Towards a Systemic Model for the Management of Electric Vehicle Charging Stations in the Valley of Mexico

Abstract:

Currently, when discussing the cessation of fossil fuel use for human mobility, the immediate thought is the utilization of renewable energy sources, stored in batteries, to power vehicles. In the specific context of cities, we refer to automobiles using clean technologies for propulsion. This trend is known as electric mobility, with the objective of gradually replacing internal combustion vehicles. This contributes to reducing the ecological footprint generated during our daily transportation for various activities. To achieve a complete transition to electric mobility in Mexico, a significant push is required to motivate users, producers, investors, and entrepreneurs to adopt electric cars. Additionally, a technical infrastructure supporting their usability is necessary, along with the application of systematic and analytical tools to establish an efficient management model for charging stations. The systemic model proposes tools to address the current energy management challenges of charging station in the Valle de México region.

Keywords : L-62 Charging stations car, L-94 energy, O-32 systemic model, L20 management, O-32 Systems Science.

Rumo a um Modelo Sistêmico para a Gestão de Estações de Carregamento de Veículos Elétricos no Vale do México

Resumo:

Atualmente, quando se discute a cessação do uso de combustíveis fósseis para a mobilidade humana, o pensamento imediato é a utilização de fontes de energia renováveis, armazenadas em baterias, para alimentar os veículos. No contexto específico das cidades, referimo-nos aos automóveis que utilizam tecnologias limpas para propulsão. Esta tendência é conhecida como mobilidade elétrica, com o objetivo de substituir gradativamente os veículos de combustão interna. Isto contribui para reduzir a pegada ecológica gerada durante o nosso transporte diário para diversas atividades. Para conseguir uma transição completa para a mobilidade elétrica no México, é necessário um impulso significativo para motivar os utilizadores, produtores, investidores e empresários a adotarem carros elétricos. Além disso, é necessária uma infraestrutura técnica que suporte a sua usabilidade, juntamente com a aplicação de ferramentas sistemáticas e analíticas para estabelecer um modelo de gestão eficiente dos postos de carregamento. O modelo sistêmico propõe ferramentas para enfrentar os atuais desafios de gestão de energia das estações de recarga na região do Vale do México.

Palavras chave: Carro de estações de carregamento L-62, energia L-94, modelo sistêmico O-32, gerenciamento L20, ciência de sistemas O-32.

1. INTRODUCCIÓN:

De acuerdo con los objetivos del desarrollo sostenible, una de las metas proyectadas para el año 2030 es el ahorro de energía eléctrica y optar por el uso de fuentes de energía renovable en su totalidad para las actividades humanas. Se busca que para ese tiempo el uso de vehículos sea en su gran mayoría autos eléctricos (ONU,2015).

El Valle de México, una de las áreas metropolitanas más grandes y pobladas del país, se encuentra en medio de un proceso de transformación hacia una movilidad más sostenible y transición energética que requiere innovación en sus sistemas de gestión para ser sustentables. De acuerdo con “La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible”, la electromovilidad es un tema de investigación y de acción a intervenir para lograr esos objetivos. En este contexto, las electrolineras o estaciones de carga para vehículos eléctricos desempeñan un papel fundamental en el impulso y transición hacia la electromovilidad.

El objetivo de esta tendencia de electromovilidad es volverse una alternativa que poco a poco sustituya los vehículos de combustión interna. Esto beneficia en disminuir la huella ecológica que producimos al trasladarnos para realizar nuestras actividades, desde principios del 2015, solo el 1.5% de la movilidad era con tecnologías emergentes y puramente eléctricas, mientras que cerca del 60% seguían siendo con transporte de combustión interna (IEA, 2020)

El contexto actual de América es que, al ser un continente con países de gran extensión territorial, los automóviles necesitan de gran autonomía de energía. Los automóviles en el continente americano necesitan ser duraderos y de potencias un poco mayores que los que se utilizan en países más pequeños o con distancias de traslado más cortas, por lo que en este continente las personas optan por depositar su confianza en autos que utilicen gasolina o en su caso de invertir en autos híbridos para ahorrar costos de combustible y utilizar energía eléctrica de ser necesario. La movilidad eléctrica a

gran escala en América presenta muchos problemas aun de implementación e inversión, por mencionar los problemas más importantes (Xiang, 2017).

Abordando otros de los conflictos aún más delimitado el problema, es el crecimiento de la población de forma desmesurada, la migración hacia las ciudades o fuera de las ciudades, provocan que se utilicen más vehículos de transporte para viajar, esto también provoca daño al medio ambiente y al uso desmedido de hidrocarburos para producir energía. Dicho esto, en seguida se exponen escenarios ya analizados en grandes urbes de México, específicamente del Valle de México y Monterrey, como un ejemplo del aumento de la demanda de autos desde hace mucho, pero recientemente también en uso de autos eléctricos. La Zona Valle de México (ZMVM) contiene gran parte de las autopistas y caminos centralizados para viajar a otras entidades, tiene muchas de las zonas urbanas más importantes en la zona centro y tiene una población de 21 millones de habitantes (INEGI,2018). La zona urbana de Monterrey tiene una extensión menor, así como menos autopistas y telecomunicaciones, pero tiene una población a moverse cerca de los 5 millones de personas (INEGI,2015). Estas dos manchas urbanas forman son cerca del 26% de la población nacional, y son las más concentradas en vialidades de la república. A continuación, se describe para cada uno de los casos la situación que guarda en ellos el transporte público eléctrico.

En el caso específico de la zona del valle de México, se debe poner énfasis que la Ciudad de México ha motivado la movilidad eléctrica desde hace mucho tiempo. La gestión de la energía para su transporte ha sido un tema que se ha dejado un poco de lado al no tener un gran incremento de autobuses o automóviles particulares que sean totalmente eléctricos, sin embargo, es un problema a futuro que se comienza a analizar.

2. REVISIÓN DE LITERATURA:

Alrededor de 1960, se crean los trolebuses en la capital del país, que actualmente siguen en operación y se

continúan modernizando poco a poco, sin embargo, la gente a preferido utilizar por estrategia de traslado y ubicación, transportes masivos. Un problema que venía creciendo desde hace décadas por la falta de inversión e innovación en estos transportes redujo el número de pasajeros, los cuales prefirieron comprar sus propios autos. Se calcula que el número de pasajeros disminuyó de 70 millones en 2013 a 49 millones en 2018, un gran decrecimiento (STC, 2019). Ante estas situaciones con el incremento de autos particulares, la emisión de gases y la crisis del petróleo, bajo este escenario se realizó el Plan de Reducción de Emisiones del Sector Movilidad en la CDMX, el cual busca reemplazar su sistema masivo con transporte eléctrico, así como aumentar la instalación de estaciones de cargas de energía eléctrica para autos.

El aumento de automóviles particulares en circulación en la zona del valle de México ha ido aumentando con los años, la industria automotriz y el comercio ayudan al crecimiento económico del país, ha producido por otro lado emisiones altas en dióxido de carbono, daños de los suelos y caminos y aumentado el calentamiento en la ciudad. Los automóviles necesitan grandes cantidades de energía proveniente de combustibles fósiles, que afectan al calentamiento global.

A partir del año 2019, cerca de 54% de los vehículos con motores eléctricos fueron comercializado en la Ciudad de México y en el Estado de México. Además de que han aumentado cada año significativamente la demanda de autos eléctricos hacia las agencias comercializadoras. Este dato es un indicador que muestra que ha incrementado la demanda de electrolineras para vehículos totalmente eléctricos. Por tanto, las estaciones de carga deben de ser un motivador que proporcione confianza y llame la atención de los consumidores y automovilistas, todo en búsqueda de la autonomía de sus autos para realizar sus actividades diarias.

En contraste con los autos híbridos, que no requieren de carga externa, los vehículos eléctricos puros y los híbridos enchufables requieren de la carga de sus

baterías para funcionar. La energía la pueden obtener en las casas directamente de la red o en estaciones aptas para operar en parámetros de tensión y corriente ideales para las baterías, con el fin de disminuir los tiempos de recarga, estas estaciones son denominadas como “electrolineras”.

El establecimiento de las electrolineras se establece en tres tipos, de acuerdo con la potencia de suministro y valores de corriente, como se muestra en la Tabla 1 (Sánchez et al., 2021).

Opciones de espacios de recarga para vehículos eléctricos					
Ubicación	Intensidad	Voltaje	Modelo	Tiempo de carga	Usos asociados
Model 1 de CA	12 a 20 A	120 V	1.7 a 1.9 kW	5 a 8 kilómetros de autonomía por cada hora de carga	Carga en áreas residenciales y en espacios de trabajo
Model 2 de CA	30 a 60 A	208 V a 240 V	4.0 a 10.2 kW	15 a 32 kilómetros de autonomía por cada hora de carga	Carga en áreas industriales, en edificios de oficinas y en espacios públicos
CC de carga rápida	100 a 200 A	208 a 600 V	30 a 210 kW	Menos de 30 minutos de autonomía en menos de 30 minutos	Carga en estacionamiento público

Tabla 1.- Niveles de Carga eléctrica normalizados para vehículos enchufables. (tomada de [DoE, 2015])

Los parámetros de las electrolineras ya se encuentran establecidas por los proveedores de las marcas y agencias de automóviles, no son generales, aquí deben de comenzar a tener mejores sistemas de suministro para volverse compatibles con muchos otros modelos de autos. Aquí es donde se debe mejorar la capacidad de carga de baterías y la potencia de las estaciones de carga (Sánchez et al., 2021).

La industria automotriz en la república mexicana ha motivado e invertido para mejorar la movilidad con el uso de energías eléctricas, siendo la ciudad de México, la zona donde se instaló la primera estación de carga rápida. En colonias como Del valle y la colonia Roma se instalaron estaciones de carga que han sido pioneras en el ámbito de la movilidad eléctrica (SEMARNAT, 2018).

La Comisión Federal de electricidad ha motivado la implementación de estaciones de cargas para autos eléctricos [CFE,2017]. En colaboración con el Comité Técnico del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) desarrollan el Programa para la Promoción de la Electromovilidad. Este programa

establece que se deben de instalar electrolineras en sitios de acceso público en la zona del valle de México (SEMARNAT, 2018).

3. METODOLOGÍA:

En este trabajo de investigación se plantean las bases hacia un modelo que ayude a la gestión de recursos energéticos de las electrolineras a través del método sistémico, siendo de gran utilidad gracias a que por el enfoque transdisciplinario se postulan, validan y generalizan de forma sistémica los modelos dinámicos de los sistemas de la realidad, siendo en este caso de estudio los sistemas de la realidad de la gestión de electrolineras. Buscando la comprensión y conceptualización de los elementos del sistema a estudiar, gracias al método sistémico se organiza mejor la información y se unifican las ideas para llevar con mayor eficacia la resolución de problemas (Rosnay, 1975), así como utilizar un enfoque sistémico para utilizar distintas herramientas y poder plantear un modelo conceptual, desglosando y analizando las partes y elementos de un sistema de gestión de una estación de carga eléctrica, como ejemplo práctico (Wheeler, 2000).

4. RESULTADOS:

Gracias a este enfoque se pueden identificar y organizar mejor las problemáticas dentro del sistema, por lo que se ha seleccionado a la metametodología de Intervención Total de Sistemas (por sus siglas ITS) siendo esta la más adecuada, que como plantea Jackson, permite ahondar más sobre las situaciones problemáticas que no pueden ser entendidas sobre un solo enfoque. el alcance de esta metametodología está el de buscar un acuerdo de objetivos entre los actores y entidades relacionadas dentro del fenómeno de estudio, de esta manera en una etapa posterior de esta metametodología se pueden elegir otras metodologías para la gestión de las problemáticas planteadas, en este caso de las estaciones de carga eléctrica. La elección de la meta metodología es porque el fenómeno a investigar en este trabajo es un sistema complejo con aspectos tanto pluralistas como individualistas.

Algunos elementos de la metametodología de Intervención Total de Sistemas es que operan desde el punto de vista del conocimiento del problema superior al de los actores involucrados, es decir, desde la observación del experto en materia. Consecuentemente, el método de para abordar dicha problemática consiste en la recopilación de datos para tomar algún modelo para la toma de decisiones que, apoyado con el conocimiento del experto proporcionará una solución óptima sobre lo que debe hacerse en la situación (Jackson, 2003), Michael Jackson plantea tres niveles de conocimiento en el pensamiento sistémico para abordar este tipo de problemas. Primero se analiza bajo un enfoque sistémico usando distintas disciplinas, como las ciencias sociales, administrativas y la física. En segundo nivel, se aborda el estudio de sistemas puras, donde se busca organizar la información y los problemas. Y el tercer nivel, es la solución de estos problemas.

Esta metodología resulta muy útil ante esta situación del uso eficiente de recursos energéticos de las electrolineras, siendo que son estaciones que serán utilizadas por personas que interactúan con los equipos del sitio, intervención en el proceso de planeación e instalación de las estaciones de carga y finalmente influencia en el costo y uso final de la energía.

El estudio del ambiente y entorno en el que se desenvuelven las actividades y funciones de los sistemas de carga de vehículos eléctricos es en las zonas urbanas del valle de México.

Los actores y entidades relacionadas a este sistema de generación, suministro y gestión de recursos están interactuando entre sí de forma muy estrecha y siguiendo objetivos que pueden ser tanto individuales y comunes entre sí, de tal manera que en la Tabla 2 se muestra remarcado que el sistema a estudiar es complejo y que su perspectiva fluctúa entre lo unitario y lo pluralista. Debido a la complejidad del sistema de gestión en las electrolineras y las múltiples entidades y actores que intervienen en el sistema.

Unitario	Pluralista	Coercitivo
----------	------------	------------

Simple	Simple Unitario	Simple Pluralista	Simple Coercitivo
Complejo	Complejo Unitario	Complejo Pluralista	Complejo Coercitivo

Tabla 2.- Matriz contexto Problema del objeto de estudio (Electrolineras)

Este trabajo, ofrece dentro de la metodología para elaborar el modelo, un sistema de metodologías de sistemas, plasmando la interrelación de las entidades y elementos del contexto problema con respecto a enfoques de sistemas, como se muestra en la Tabla 3.

Con base en que el sistema que se aborda es complejo y que la perspectiva de los actores fluctúa entre lo unitario y pluralista, se fundamenta la utilización de la cibernética organizacional y el pensamiento de sistemas suaves.

		Unitario	Pluralista	Coercitivo
S I S T E M A	Simple	Pensamiento de Sistemas Duros	Sistemas Suaves	Sistemas Emancipatorios
	Complejo	Dinámica de Sistemas Teoría de la Complejidad cibernética organizacional		Sistemas Post-modernos

Tabla 3.- Clasificación preliminar de los enfoques sistémicos (Jackson, 1991)

Dentro de la ITS planteada por Jackson, se puede hacer uso de otras metodologías y herramientas sistémicas, y para este objeto de estudio de las electrolineras en el valle de México, se ha seleccionado utilizar la Metodología de Sistemas Suaves y el Modelo de Sistema Viable.

Aplicar la ITS a un sistema de estaciones de carga de vehículos eléctricos implica abordar el problema de manera holística, considerando todos los elementos y sus interacciones dentro del sistema de carga (Jackson, 2016).

Primero, define el sistema de estaciones de carga de vehículos eléctricos, identificando todos sus componentes y partes interesadas, que pueden incluir:

- Estaciones de carga (hardware y software)
- Vehículos eléctricos y sus usuarios
- Proveedores de energía
- Gobiernos y reguladores
- Empresas de tecnología y telecomunicaciones
- Comunidades locales
- Redes de distribución eléctrica

La implementación de la ITS aplicado a un sistema de gestión de estaciones, tal como se propone, proporciona información sobre técnicas de mejora continua en el ámbito de los mercados eléctricos que evolucionan diariamente en términos de energías renovables.

Una vez teniendo en claro cuáles son las características técnicas básicas el cómo opera una electrolinera, siendo muy similar al proceso de una estación de gas usual, el sistema de gestión de la energía, recursos y administración de una estación es el punto importante de este trabajo y el tema central de la revisión de literatura. Al ser un tema emergente y con poca permeabilidad en América latina se pueden encontrar diferentes estrategias de gestión de electrolineras, quedando solo en simples algoritmos o técnicas de mejora, pero nunca llegando a concretarse en un modelo completo.

Un ejemplo reciente de estas estrategias de gestión de electrolineras es la que plantean Dhondiram y sus colaboradores en (Patil, 2021), ellos plantean el "Algoritmo de Depredadores Marinos" (por sus siglas en inglés MPA), este algoritmo es un método de optimización y mejora continua de la metaheurística. Con este algoritmo proponen una mejora en la gestión de la energía de las estaciones de carga eléctricas con el objetivo de mejorar el servicio de carga de baterías y de mejorar la flexibilidad de conexión y control de las estaciones con los sistemas de distribución.

En el diseño de Patil exponen el Sistema de operación de una electrolinera que se puede ordenar en dos etapas como se establece a continuación.

Sistema de Gestión de una Estación de Carga

Un modelo general con la infraestructura emergente de las electrolineras se puede visualizar en la Figura1.

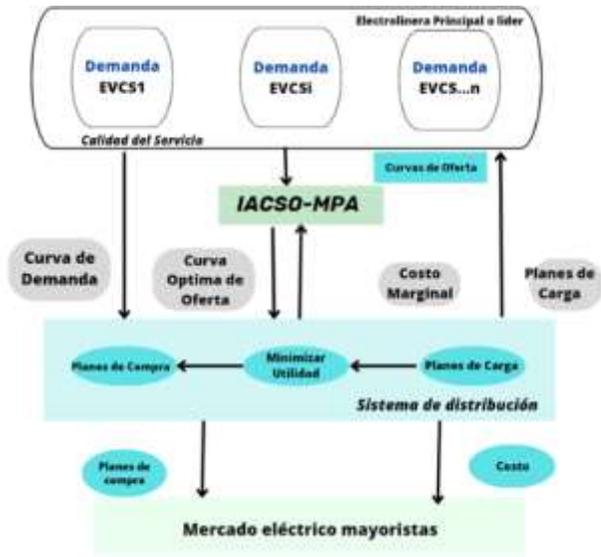


Figura 1.- Sistema de Gestión entre una estación y la Red con MPA (adaptado de (Patil et al,2021)).

Este modelo propuesto minimizar la utilidad de los sistemas de distribución, mejorar los planes de carga eléctrica y de compra de energía, analizando el comportamiento de las curvas de oferta y demanda (Patil et al,2021).

Desarrollo Preliminar del Modelo con Aplicación de Metametodología Sistémica.

La implementación de la ITS aplicado a un sistema de gestión de estaciones, como se plantea, proporciona información sobre técnicas de mejora continua en el ámbito de los mercados eléctricos que evolucionan cada día en materia de energías renovables. En la Figura 2, se muestra la relación e interacción dentro del Ecosistema que representa una Electrolinera.

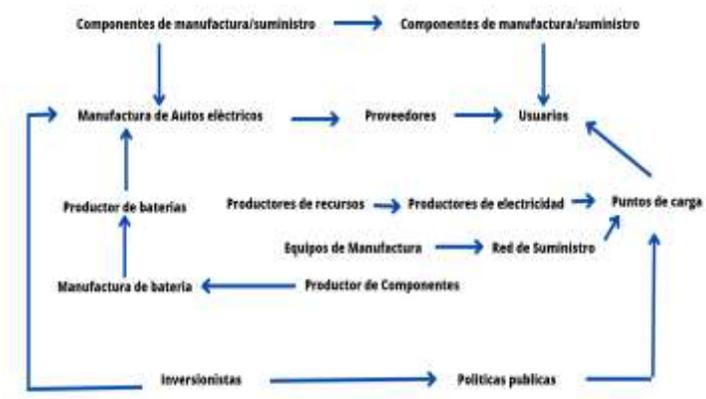


Figura 2.- Ecosistema de una Estación de Carga para Autos eléctricos.

En la Figura 3, se muestran los actores involucrados en un sistema de electromovilidad, mostrando los actores y elementos que intervienen en las áreas de Movilidad, Suministro de energía y Carga de energía (Boucetta, 2021)

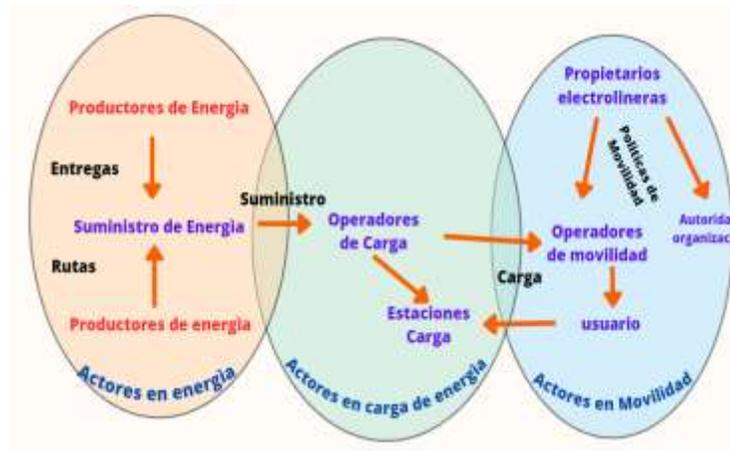


Figura 3.- Actores involucrados en las Estaciones de carga.

Partiendo de la información obtenida y recopilada para definir un modelo de gestión, partiendo de los diseños más emergentes de cómo está conformada una electrolinera, se puede desarrollar el diseño del modelo sistémico de la gestión de energía de la electrolinera de la siguiente forma, como lo plantea la ITS:

1.- Diagnóstico del Sistema:

- Identificar todas las electrolineras en una determinada zona del Valle de México.

- Analizar los patrones de demanda de carga a lo largo del día y de la semana.
- Evaluar el suministro de energía disponible en cada ubicación.
- Examinar las fuentes de energía utilizadas en las electrolineras (por ejemplo, electricidad de la red, energía solar, etc.).

2.- *Identificación de Problemas Sistémicos:*

- Detectar picos de demanda de energía en ciertas horas del día que pueden sobrecargar la red eléctrica local.
- Considerar la eficiencia energética de las estaciones de carga y su impacto ambiental.

3.- *Diseño de Intervenciones:*

- Implementar un sistema de gestión de la demanda que distribuya la carga de manera más equitativa a lo largo del día y evite picos de demanda.
- Fomentar el uso de energía renovable, como paneles solares, en las electrolineras para reducir la huella de carbono.

4.- *Implementación de las Estrategias:*

- Introducir un sistema de gestión de la demanda que regule la velocidad de carga según la capacidad disponible en la red eléctrica local.
- Instalar sistemas de almacenamiento de energía, como baterías, en electrolineras seleccionadas.

5.- *Seguimiento y Evaluación Continua:*

- Monitorear el impacto de las intervenciones en la demanda de energía, la eficiencia de carga y la sostenibilidad.

6.- *Participación de las Partes Interesadas:*

- Involucrar a propietarios de electrolineras, proveedores de energía, autoridades locales y usuarios de vehículos eléctricos en el proceso de toma de decisiones y en la retroalimentación.

Las interrelaciones entre actores, entidades y el entorno en el contexto de las estaciones de carga revelan una red compleja de colaboraciones cruciales para el desarrollo y la operación sostenible de esta infraestructura. La implementación exitosa de las estaciones de carga requiere una colaboración multidimensional entre desarrolladores, operadores, gestores de redes de carga, fabricantes de vehículos eléctricos, empresas de tecnología, gobiernos y usuarios (Checkland, 2010). Estas interacciones son esenciales para abordar aspectos técnicos, regulatorios y sociales.

Resultados y discusiones

La gestión de la energía en el ámbito de la electromovilidad es una parte importante dentro del sistema de gestión administrativo del sistema completo de la transición hacia la movilidad eléctrica, pues la energía es la materia prima útil con la que se trabaja en las estaciones, las herramientas sistémicas y metodológicas mencionadas en este artículo, son útiles para tratar sistemas complejos pluralistas y/o unitarios, tal es el caso del sistema de gestión de una electrolinera. La ITS se tomó para diseñar un modelo de gestión, ya que proporciona gran soporte en el enfoque holístico, como se observó desde la matriz de contexto, al ser un sistema complejo con actores y elementos que interactúan entre sí.

La Gestión de Electrolineras en el Valle de México, utilizando el enfoque de Intervención Total de Sistemas (TSI), es importante para la Agenda 2030 de las Naciones Unidas porque ofrece un marco integral y sistemático para abordar los desafíos relacionados con la movilidad eléctrica y su impacto en el desarrollo sostenible. Aquí te explico cómo este enfoque se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS 7: Energía Asequible y No Contaminante

La Intervención Total de Sistemas permite una evaluación y mejora continuas de las infraestructuras de carga, asegurando que las estaciones de carga sean eficientes y aprovechen al máximo las fuentes de energía renovable. Esto contribuye a un suministro de energía más limpio y asequible.

- ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles

Aplicar TSI para gestionar las electrolineras implica considerar todas las interacciones entre las estaciones de carga, los usuarios y el entorno urbano. Esto asegura que la expansión de la infraestructura de carga se alinee con el desarrollo urbano sostenible, mejorando la movilidad y reduciendo la contaminación en el Valle de México.

- ODS 13: Acción por el Clima

La TSI facilita un enfoque holístico para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la optimización de la red de estaciones de carga. Al integrar soluciones tecnológicas y prácticas sostenibles, se contribuye significativamente a la mitigación del cambio climático.

- ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura

La implementación del TSI fomenta la innovación en la gestión de estaciones de carga al abordar de manera sistemática los desafíos tecnológicos y operacionales. Este enfoque apoya la creación de infraestructuras avanzadas y resilientes, clave para un desarrollo industrial y tecnológico sostenible.

- ODS 17: Alianzas para Lograr los Objetivos

La Intervención Total de Sistemas promueve la colaboración entre diversos actores, incluyendo gobiernos, empresas, comunidades y organizaciones tecnológicas. Este enfoque participativo y colaborativo es fundamental para implementar soluciones efectivas y alcanzables que apoyen los objetivos de la Agenda 2030.

En resumen, la gestión de electrolineras en el Valle de México mediante la Intervención Total de Sistemas no solo optimiza la infraestructura de carga, sino que también asegura que su desarrollo sea sostenible y esté alineado con los ODS de la Agenda 2030. Este enfoque integral facilita la coordinación entre todos los actores involucrados, maximiza los beneficios ambientales y sociales, y apoya una transición hacia un futuro más sostenible y resiliente.

5. CONCLUSIONES:

Utilizar esta metodología permite abordar el sistema en su conjunto en lugar de solucionar problemas de manera aislada. Esto es esencial para comprender y abordar los desafíos sistémicos y garantizar que las soluciones sean efectivas y sostenibles. La ITS puede resultar en ahorros a largo plazo. La inversión inicial en almacenamiento de energía y energía renovable puede reducir los costos operativos y disminuir la dependencia de combustibles fósiles, lo que beneficia a las electrolineras y a los usuarios de vehículos eléctricos.

El diseño de un modelo con el tratado del Método Sistémico, promueve la participación de los actores y entidades. Lo que incluye a propietarios de electrolineras, usuarios de vehículos eléctricos, empresas de energía, autoridades locales y más. Esto asegura que las soluciones se ajusten a las necesidades y expectativas de todas las partes involucradas.

Importancia del Enfoque Holístico:

- La consideración de factores ambientales, como la eficiencia energética y la fuente de electricidad, es crucial para maximizar los beneficios ecológicos de la movilidad eléctrica. Un enfoque holístico que abarque desde la generación de energía hasta la operación de las estaciones de carga es esencial.
- La colaboración estrecha con empresas de tecnología y fabricantes de equipos de carga es fundamental para impulsar la innovación en la gestión de estaciones de carga. La implementación de soluciones tecnológicas avanzadas contribuye a la eficiencia operativa y a una mejor experiencia del usuario.

En resumen, la gestión exitosa de las estaciones de carga requiere una comprensión profunda y una colaboración efectiva entre todos los actores involucrados, considerando aspectos técnicos,

sociales y ambientales. La integración de tecnologías innovadoras y prácticas sostenibles es clave para maximizar los beneficios de la movilidad eléctrica y garantizar un impacto positivo en el medio ambiente.

El diseño de un modelo con el enfoque de pensamiento sistémico promueve la participación de actores y entidades. Esto incluye a los propietarios de estaciones eléctricas, los usuarios de vehículos eléctricos, las empresas de energía, las autoridades locales y más. Esto asegura que las soluciones se ajusten a las necesidades y expectativas de todas las partes involucradas.

6. AGRADECIMIENTOS:

Esta investigación esta soportada por el Instituto Politécnico Nacional a través de los proyectos SIP20242464 y SIP20241727 por la Secretaría de Investigación y Posgrado y el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías de México.

7. REFERENCIAS:

Boucetta, M., Ibne Hossain, N. U., Jaradat, R., Keating, C., Tazzit, S., & Nagahi, M. (2021). The Architecture Design of Electrical Vehicle Infrastructure Using Viable System Model Approach. *Systems*, 9(1), 19. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/systems9010019>

Comisión Federal de Electricidad. (2017). *Informe Obtenido de Promoción de la electromovilidad sustentable* (2017).

Checkland, P. & Poulter, J. (2010). *Soft systems methodology. In Systems approaches to managing change: A practical guide*. London: Springer.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2015) *Obtenido de Movilidad y transporte*: <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/biodiesel-movilidad-y-transporte?state=published>

Department of energy. Clean Cities. (2015) *Coalition Network. Obtenido de Vehículos eléctricos*: https://afdc.energy.gov/files/u/publication/hpe_v_spanish.pdf

IEA (2020), *Key World Energy Statistics 2020*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020>, License: CC BY 4.0

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015). *Obtenido de Transporte urbano de pasajeros*: <https://inegi.org.mx/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2018). *Inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero*. Recuperado el agosto de 2018, de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/312045/INEGYCEI6CN_26_marzo_2018.pdf

Jackson, M. C. (2003). *Systems Thinking: Creative holism for Managers*. Editorial: John Wiley ISBN: 0470845228

Jackson, M. C. (1991). *Contemporary Systems Thinking Systems Methodology for the Management Sciences*. Springer Science+Business Media New York Originally published by Plenum Press, New York in 1991 Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1991. ISBN 978-1-4899- 2634-0.

Organización Naciones Unidas. (2015) *Objetivos de Desarrollo del Milenio Informe 2015*. New York: ONU; 2015

Patil, M., Aush, M., Mahadik, Y., Kharade, J. (2021). *Energy management between electric vehicle charging stations and electric distribution system considering quality of service using IACSO-MPA approach*. *International Transactions on Electrical Energy Systems*. 31. 10.1002/2050-7038.13255.

Rosnay, J. (1975). *Le Macroscopie*. Ed. AC, Paris, Seuil. 1975, p.72

Sánchez, L.G., Fabela, M., Cruz, M.E. y Flores, O. (2021). *Electromovilidad. Una nueva modalidad en el sector transporte*. Instituto Mexicano del Transporte Publicación bimestral de divulgación externa. NOTAS núm. 189, ENERO-FEBRERO 2021.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica Visión 2030*. Ciudad de México: Gobierno de la República.

Sistema de Transporte Colectivo. (2019). Operación.
Obtenido de Parque vehicular: (abril de 2019).
<http://data.metro.cdmx.gob.mx>

Wheeler, F. P. (2000). Systems thinking, systems practice: includes a 30-year retrospective. *Journal of the Operational Research Society*, 51(5), 647-647.

Xiang, C., Ding, F., Wang W. & He, W. (2017). *Gestión de la energía de un vehículo eléctrico híbrido de modo dual con división de potencia basada en la predicción de la velocidad y el control predictivo del modelo no lineal*. . *IEEE Transactions on Industry Applications*