

Study of rational energy use measures and their impact on the energy transition

L. Casterás, P. D'Angona, D. Ugalde, A. F. Masuzzo, L. Schiel

Abstract-- The rational use of energy seeks to maximize the use of available energy resources, minimizing negative impacts on the environment and contributing to sustainable development, based on their efficient and responsible use. It involves improvement decisions in the processes that involve energy consumption and actions for a change in human behavior, trying to reduce the impact of their activities on the environment. The following work analyzes the impact of the rational use of energy in three real applications. Social awareness for the change of habits is the main tool to be used, in order to start making an improvement in the energy we consume. A study was made of the main factors that impact climate change related to human habits and activities in the three activities, detecting their current contribution and proposing activities related to education and the use of new technologies to reduce it. The result is the reduction of CO₂ emissions and the contribution implied by the measures for the energy transition, with the objective of reaching net zero by the year 2050.

Index Terms-- Energy Consumption, Energy Efficiency, Energy Transition, Net Zero. Rational use

I. INTRODUCCIÓN

El uso racional de la energía (URE) se refiere a la utilización de recursos energéticos de manera eficiente y consciente, minimizando el desperdicio y maximizando el rendimiento. El objetivo es reducir el consumo de energía sin comprometer el confort, la productividad o el desarrollo. Tiene un rol fundamental en el cambio climático y depende directamente de la conducta humana en el consumo de energía. ¿Nos hemos preguntado alguna vez que tan bien hacemos uso de la energía en nuestras vidas? ¿Somos conscientes que el comportamiento humano es el principal responsable del cambio climático que nos afecta? ¿Nos preguntamos en algún momento cómo podríamos contribuir individualmente o en conjunto con la transición energética, haciendo un uso racional de la energía que consumimos? Siendo 8 mil millones de habitantes en el mundo, mejorando levemente nuestro comportamiento en el consumo energético, podríamos realizar cambios significativos para detener el cambio climático. No es un problema ajeno, es un problema de todos y cada uno debería tomar conciencia y actuar para alargar la vida humana en el planeta tierra.

A. Transición energética y cero neto

La transición energética se define como el proceso de cambiar el sistema de generación y consumo de energía de una manera que sea más sostenible, eficiente y respetuosa con el medio ambiente. Este cambio generalmente implica pasar de fuentes de energía fósil, como el carbón, el petróleo y el gas natural, a fuentes de energía renovable, como la solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica. Como actividad complementaria y en paralelo, propone avanzar con políticas de eficiencia energética y el uso racional de la energía, con el fin de mejorar el aprovechamiento de la energía y la utilización de la energía, independientemente de la fuente con que se la genere.

Se definen cinco ejes principales para la transición energética:

1. Reducción de Emisiones: Disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes asociados con la quema de combustibles fósiles. A partir de protocolos firmados en distintos países se puso como objetivo llegar al cero neto de emisiones para 2050, lo que evitaría que la temperatura media de la tierra aumente más de 1,5°C comparada con la era pre-industrial.
2. Sostenibilidad: Aprovechar fuentes de energía que son renovables y no se agotan, a diferencia de los recursos fósiles que son finitos y producen emisiones indeseables de gases de efecto invernadero.
3. Seguridad Energética: Diversificar las fuentes de energía para reducir la dependencia de recursos importados y vulnerables a fluctuaciones en los mercados internacionales.
4. Eficiencia: Mejorar la eficiencia en la generación, transmisión y consumo de energía para reducir las emisiones, el desperdicio y los costos.
5. Innovación: Promover el desarrollo de nuevas tecnologías y soluciones energéticas que puedan crear empleo y crecimiento económico.

Esta transición se realiza a partir de un cambio de paradigma, no sólo tiene implicaciones tecnológicas, sino también económicas, sociales y políticas, ya que puede afectar la estructura de los mercados de energía, el empleo en industrias relacionadas y las políticas gubernamentales. El objetivo

L. Casterás, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires (lcasteras@frba.utm.edu.ar)
P. D'Angona, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires (pdangona@frba.utm.edu.ar)
D. Ugalde, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires (dugalde@frba.utm.edu.ar)

A.F. Masuzzo, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires (fabrizio_a09@hotmail.com)
L. Schiel, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires (leandro_schiel@hotmail.com)

principal de la transición energética es la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), principal gas de efecto invernadero responsable del calentamiento global, y sus equivalentes. Las emisiones contabilizadas a lo largo de los años muestran una tendencia creciente y exponencial de las emisiones [1], como lo muestra la figura 1:

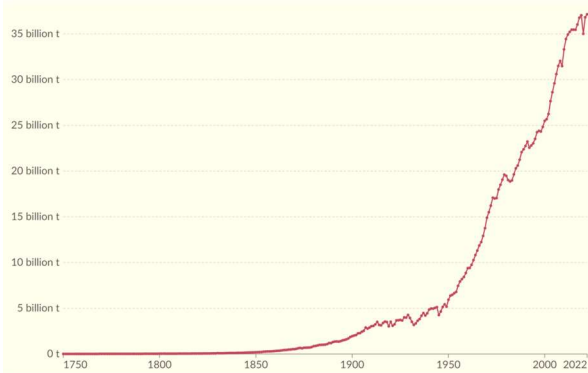


Fig. 1. Emisiones mundiales de CO₂

Vemos que antes de la Revolución Industrial, las emisiones eran muy bajas. El crecimiento de las emisiones fue relativamente lento hasta mediados del siglo XX. En 1950 el mundo emitió 6 mil millones de toneladas de CO₂. En 1990 casi se había cuadruplicado, alcanzando más de 20.000 millones de toneladas. Las emisiones han seguido creciendo rápidamente; Las emisiones más de 35 mil millones de toneladas cada año. El crecimiento de las emisiones se ha desacelerado en los últimos años, pero aún no han alcanzado su punto máximo. Actualmente, el total mundial de emisiones de CO₂ es de 37.100 millones de toneladas. Los países con más participación son China (30%), EEUU (14%) e India (7,6). Argentina, por su parte, tiene un valor de 192,6 millones de toneladas de CO₂ (0,535%), siendo el país número 154 del ranking de países (184 en total) por emisiones de CO₂. Aunque el valor representativamente es bajo, cualquier medida o política de mejora que pueda hacerse, beneficiará al planeta tierra y, sobre todo, podrá tomarse en cuenta por países de mayor aporte. Como se mencionó, una mejor utilización de la energía implica una reducción en las emisiones, pero para lograr los objetivos también se deberá trabajar en la captura de CO₂, mejorando la forestación e implementando tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CCUS). En cuanto el consumo de energía, como lo muestra la figura 2, la misma fue creciendo también de forma exponencial con el pasar de los años [2]:

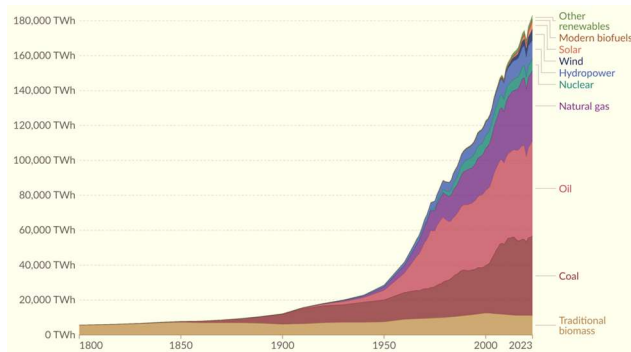


Fig. 2. Consumo de energía global por fuente

Como la población mundial también creció en gran proporción, para independizarse de este factor, hay que analizar la energía per-cápita, ver figura 3, donde se observa un fuerte crecimiento con el paso del tiempo [3]:

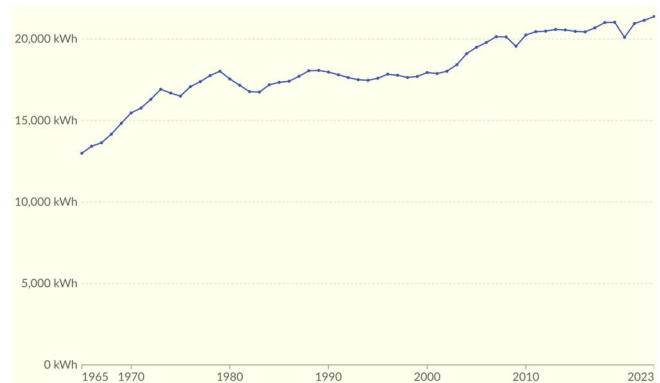


Fig. 3. Consumo de energía mundial per-cápita

Por lo tanto, la tendencia al consumo individual es creciente, y la conducta humana es consumir, sobre todo si la tecnología avanza y las tarifas de la energía se mantienen. Por lo tanto, para moderar el consumo hay que trabajar en los diversos ejes que lo afectan. Para la reducción de las emisiones y la disminución del calentamiento global, a partir de acuerdos internacionales se pusieron metas para el año 2050, con el objetivo que la temperatura global no suba más de 1,5 grados centígrados sobre los niveles preindustriales. La principal fue lograr el cero neto o net zero, que busca conseguir emisiones de dióxido de carbono netas iguales a cero, equilibrando la cantidad de dióxido de carbono liberado a la atmósfera, con una cantidad equivalente retirada de la atmósfera [4]. En la figura 4 se muestra la reducción necesaria por sector y las totales, para el año objetivo:

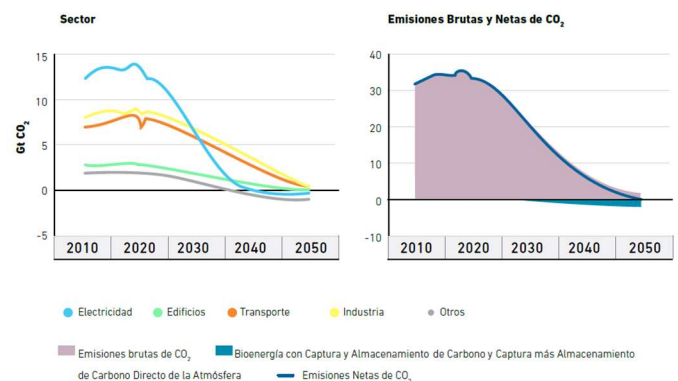


Fig. 4. Proyección de emisiones a 2050 con cero neto

Para lograr esta meta tan ambiciosa, es fundamental una mejor utilización de la energía, migrando la matriz hacia fuentes renovables, y a la vez trabajar en la captura de CO₂, mejorando la forestación e implementando tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CCUS).

B. Impacto del Uso Racional en la Transición energética

En cuanto a la contribución del URE para la transición energética, la participación que se espera de la población en la reducción de emisiones es alta en el escenario Cero Neto. En principio se espera ahorrar un 8% de emisiones solo por el cambio de comportamiento, como puede ser apagar la iluminación al salir de una habitación, la reducción en la demanda de materiales a través de un mayor reciclado, y el cambio en el modo de locomoción como ser un mayor uso de transporte público en reemplazo de vehículos particulares o directamente trasladarse caminando o usando una bicicleta. Pero la población como usuario final de la energía juega un rol aún más importante, porque otro 55% de las reducciones de emisiones requieren de mayor uso de tecnologías bajas en carbono, y de la voluntad de los ciudadanos para instalar un calentador de agua solar o comprar un vehículo eléctrico. Esto último no es menor dado que esa voluntad viene asociada a la capacidad de pago que tenga el consumidor. Por lo tanto, para que la sociedad alcance las metas planteadas en la transición energética se debe hacer una gran campaña continua de concientización, y en paralelo ofrecer financiamiento e incentivos económicos para que aquel que tenga voluntad de migrar a tecnologías de bajas o nulas emisiones pueda hacerlo. Sobre esto se volverá más adelante, cuando se vea el caso particular de Argentina.

C. Políticas para el uso racional y la eficiencia energética

Varios países han implementado leyes, normativas, campañas de concientización e incentivos para promover un consumo más eficiente y responsable de la energía, adoptando tecnologías innovadoras y mejorando la infraestructura energética. Estas medidas no solo reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y fortalecen la seguridad energética, sino que también impulsan el desarrollo económico y tecnológico a largo plazo. En la actualidad, según muestra la tabla I, se pueden apreciar diversas medidas que fueron implementando los países que más comprometidos se encuentran con el compromiso ambiental, agregando Argentina para realizar una comparativa.

TABLA I
 MEDIDAS ADOPTADAS POR DISTINTOS PAÍSES EN USO RACIONAL Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

	ARGENTINA	CHINA	EEUU	INDIA	RUSIA	JAPON
PROGRAMAS	ETIQUETADOS	✓	✓		✓	
	REEMPLAZO LUMINARIA	✓				
	AUDITORIAS	✓	✓		✓	✓
	RECONDICIONAMIENTO MEJORES CORREDORES	✓				✓
LEYES	EDIFICACION ASISTENCIA	✓	✓	✓		✓
	GENERACION CONSERVACION DE LA ENERGIA	✓				
CAMPANIAS CONCIENTIZACION	PARTICULARES	✓	✓	✓		✓
	ESCUELAS	✓	✓	✓	✓	✓
	EMPRESAS	✓	✓	✓	✓	✓
INCENTIVOS	MEDIOS DE COMUNICACIONES	✓	✓	✓	✓	✓
	HOGARES	✓	✓	✓	✓	✓
SUBSIDIOS	EMPRESAS / INDUSTRIAS	✓	✓	✓	✓	✓
	TECNOLOGIA	✓	✓	✓	✓	✓
NORMATIVAS	PARTICULARES	✓	✓	✓	✓	✓
	EMPRESAS	✓	✓	✓	✓	✓
	EFICIENCIA ENERGETICA	✓			✓	✓
	TRANSPORTE				✓	✓

Argentina ha implementado varias políticas para promover el uso racional de la energía y mejorar la eficiencia energética:

- Ley de Promoción de la Eficiencia Energética: Esta ley establece directrices para mejorar la eficiencia en el uso de energía en diferentes sectores, desde la industria hasta los edificios y el transporte.
- Programa de Etiquetado de Eficiencia Energética: Argentina cuenta con un sistema de etiquetado que informa sobre el consumo energético de electrodomésticos y equipos, ayudando a los consumidores a elegir productos más eficientes.
- Planes de Eficiencia Energética: El país ha lanzado varios planes y programas específicos para promover la eficiencia energética en sectores clave como la industria, el transporte y la construcción.
- Incentivos y Subsidios: Existen incentivos fiscales y subsidios para la implementación de tecnologías más eficientes y renovables, como paneles solares y sistemas de calefacción eficiente.
- Regulación y Normativas: El gobierno establece normativas que regulan el consumo energético y promueven estándares de eficiencia para nuevos edificios y proyectos.
- Educación y Capacitación: Se han desarrollado programas educativos y de capacitación para mejorar la comprensión y aplicación de prácticas de eficiencia energética tanto a nivel doméstico como industrial. Por ejemplo, la Secretaría de Energía lleva adelante una Estrategia Nacional de Educación para la Sustentabilidad Energética, dirigida a técnicos de educación, energía y ambiente de las provincias argentinas y a los docentes de todos los niveles del sistema educativo. A través de la misma, 63.000 escuelas recibieron un kit con materiales educativos sobre sustentabilidad energética, 72.000 docentes capacitados en temáticas de energía y ambiente impactados de forma indirecta, y 130.000 alumnos impactados de forma indirecta [5].
- Estrategias de Cambio Climático: Argentina también incluye el uso racional de la energía en sus estrategias más amplias de cambio climático, alineando políticas de energía con objetivos de reducción de emisiones y sostenibilidad.

II. EJES DEL TRABAJO

El Uso Racional de la Energía se relaciona íntegramente con el comportamiento humano en la utilización de la misma. Los usos y costumbres hacen que las sociedades actúen en forma automática en algunas actividades, sin dar espacio a la reflexión y concientización de las posibles mejoras, sin mucho esfuerzo, que pueden hacerse y que beneficios traería aparejado un cambio de conducta en lo personal y en lo ajeno. El cambio climático se verá beneficiado por un cambio de conducta de las sociedades que van a padecerlo.

En el presente trabajo se propone hacer foco en tres posibles actividades donde el uso de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero pueden reducirse drásticamente.

1. Programa de lavado de toallas [PLT]

El estudio trata sobre el procedimiento de cambiar las toallas diariamente en los hoteles. Se propone un programa de lavado más amplio, considerando varios usos de las toallas antes de su lavado.

2. Programa de utilización de escaleras [PUE]

La utilización del ascensor para subir y bajar a los distintos pisos se hace de manera inconsciente. Se propone un programa de utilización de las escaleras para los pisos más cercanos a planta baja.

3. Programa de reducción de colectivos [PRC]

Fuera de las horas pico, el transporte público colectivo presenta gran cantidad de unidades en circulación con baja capacidad de ocupación. Diagramando un cronograma adecuado se pueden reducir el tránsito, el gasto de combustible y las emisiones.

Para todos los casos se realiza la comparativa del gasto energético y las emisiones de CO2 del estado actual y de un nuevo escenario con la implementación de la mejora propuesta, justo con un listado de beneficios complementarios para cada caso. Estos programas están analizados para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, dada la concentración de población (7% del total del país en el 0,007% del territorio) y su demanda de energía eléctrica (15% del total del país), sumado a la facilidad de conseguir información para los cálculos e hipótesis.

III. DESARROLLO

A. Programa de lavado de toallas [PLT]

1) Introducción

En la actualidad se refleja una realidad en la industria hotelera en el que se puede observar que el lavado de las toallas se realiza de manera diaria, mientras que en nuestros hogares la mayoría de los individuos realizamos un lavado de nuestras toallas es de 4 a 7 días. Dado que las estadías hoteleras no suelen ser muy extensas este programa también se ve afectado y se utilizan diversos factores que hacen que los números de lavados de toallas no pueda ser lineales, por lo cual durante este proyecto es tenido en cuenta a la hora de realizar los cálculos. Este análisis es una pequeña contribución que busca concientizar a la sociedad y poder reducir prácticamente sin esfuerzo las emisiones cotidianas de dióxido de carbono en Argentina, además de cuidar un recurso tan preciado e importante como es el agua potable.

2) Investigación y resultados

Se calcula que en CABA hay un total de 4.556.250 de habitaciones disponibles para ser ocupadas [6]. Pero según el INDEC solamente el 32% se encuentran ocupadas en promedio anual. Contemplando estos índices llegamos a la conclusión de un promedio anual de 1.458.000 de personas realizan ocupación de las habitaciones. Como bien sabemos cada ocupante al

realizar una estadía cuenta con toallones de baño, por lo que la misma cantidad corresponderá a la cantidad de toallones lavados durante un año. En una lavadora industrial, que es la que se utiliza anualmente se pueden lavar aproximadamente 30 toallones juntos, obtendremos como resultado un total de 48.600 lavados anuales solamente de toallones en caso de lavarse diariamente. El consumo de energía de una lavadora secarropa en promedio, según catálogos de fabricantes, es de 1,5 kWh para el lavado simple y 4,5 kWh en el proceso de secado, siendo este un resultado final aproximado de 6 kWh en promedio por programa de lavado y secado. Contemplando la tarifa de energía eléctrica en CABA, se observa que el precio promedio del kilowatt-hora rondará aproximadamente y dependiendo de la zona en un valor de 0,11 USD. Por otra parte, el consumo aproximado por cada lavado, por hora, es de 144 litros, teniendo en cuenta el costo del metro cúbico ronda los 1,14 dólares (aproximadamente 0,001 USD por litro). El último dato a tener en cuenta según fuentes oficiales de CAMMESA, es que nuestra matriz energética aporta 0,38 kg de CO2 por cada kilowatt-hora generado [7]. Partiendo de estos datos y premisas obtendremos un estimativo del ahorro económico que representa la diversificación de los programas más cortos y efectivos de lavado. Viendo reflejados en los mismos el impacto a nivel energético, económico, el consumo de agua potable y las emisiones de CO2 ahorradas que esto representa según muestran las figuras 5, 6 y 7. En el análisis proponemos distintas variantes, las cuales constan de utilizar distintos programas de lavado. Uno completo (1hs), que incluye el secado, otro corto de media hora de duración (1/2 hs) que también incluye secado y la misma opción, pero sin la utilización del programa de secado (1/2 hs S/S). Una estimación realizada es que solo el 10% de los hoteles pueden utilizar este recurso y no necesitar del programa de secado para quitar la humedad de la prenda recién lavada. Respecto a la frecuencia de los lavados, se realizó un análisis comparativo de un lavado diario (1 día) con hacerlo cada dos o tres días (2 días y 3 días respectivamente). Los resultados son los siguientes:

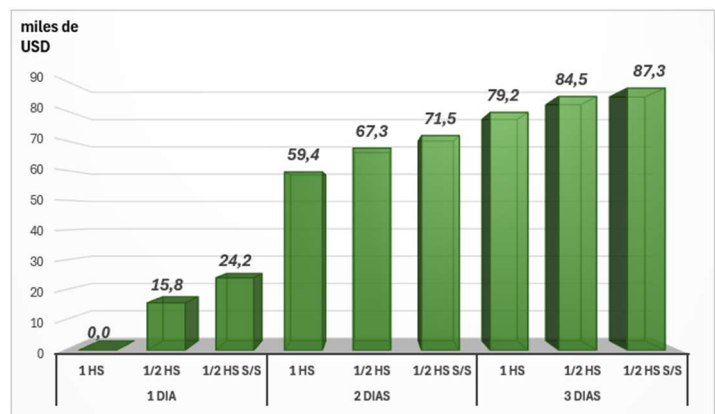


Fig. 5. Ahorros económicos anuales según ciclos de lavado y secado

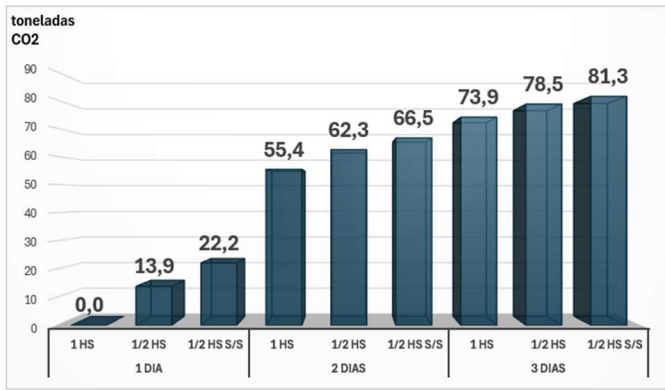


Fig. 6. Mitigaciones de CO2 anuales según ciclos de lavado y secado

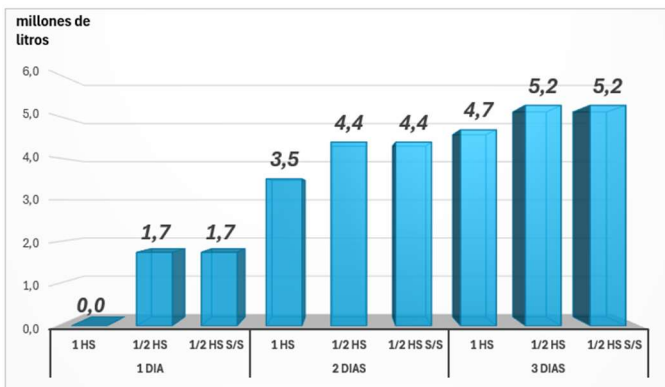


Fig. 7. Ahorro anual de agua potable según ciclos de lavado y secado

Es importante adoptar un enfoque integral y multisectorial para promover el uso racional de la energía y lograr un desarrollo sostenible logrando bajar los costos de la generación, disminuir las emisiones de CO2 y crear nuevos puestos de trabajo en Argentina con el estudio e implementación de nuevas medidas ecológicas y eficientes.

3) Análisis de los resultados

Las ventajas que podemos observar con una medida tan simple como un lavado consciente de toallas en la industria hotelera nos brinda una cantidad de beneficios. En primer lugar, la reducción de energía, mediante la reducción de los procesos de lavado, lo que permite disminuir el consumo de energía, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y la reducción de costos operativos. Por otra parte, y no menos importante, se logra reducir el consumo de agua potable, siendo esto esencial para la conservación del medio ambiente. También se pueden agregar como medidas complementarias, la adopción de lavadoras más eficientes y la implementación de programas de mantenimiento adecuados permiten maximizar el uso de los recursos disponibles con resultados muy similares a los otros artefactos y/o programas de lavados. No solo a nivel energético podemos ver los beneficios obtenidos ya que se puede observar un aumento de la vida útil de toallas, la utilización de programas de lavado adecuados prolonga la vida útil, reduciendo la necesidad de reemplazos frecuentes y generando ahorros económicos. De la misma forma sucederá lo mismo con los equipos utilizados para la higiene de las toallas ya que el tiempo

de utilización se reduce significativamente, lo cual consecuentemente se verá reflejada en la vida útil del mismo. Otro beneficio para los establecimientos puede ser usar la mano de obra de forma más eficiente y productiva utilizando el tiempo no utilizado en el lavado de toallones. Con los fondos recaudados a través de la eficiencia energética pueden ser destinados a la implementación de nuevas medidas y tecnologías que permitan una mayor optimización de los recursos energéticos. En conclusión, la adopción de programas eficientes de lavado en la industria hotelera ofrece una serie de ventajas que benefician tanto a la empresa como al medio ambiente, destacando la importancia de implementar prácticas sostenibles en el sector.

B. Programa de utilización de escaleras [PUE]

1) Introducción

En este punto se propone que los residentes de edificios ubicados en 1° y 2° piso utilicen las escaleras como medio de transporte vertical en lugar de los ascensores. Como punto de partida, se efectuará el cálculo de la energía consumida por el parque de ascensores de CABA (a través de datos suministrados por la Cámara Argentina de Ascensores) considerando su uso normal por parte de todos los residentes del edificio. Posteriormente, se calculará la energía consumida por su utilización, pero con la implementación de la política de concientización propuesta. Por último, se efectuará la comparación de los consumos con su consecuente reducción en las emisiones de CO2. En el marco de la investigación realizada acerca del empleo de ascensores en edificios de departamentos en la Ciudad de Buenos Aires, se relevó la siguiente información. Según la Cámara de ascensores y afines, el parque de ascensores registrados en CABA es de unos 90.000. Además, existe aproximadamente un 15% más sin registrar. El total sería de 103.500 ascensores en funcionamiento. La potencia promedio de los motores se encuentra entre unos 7 a 9 kVA. Sin embargo, el mayor consumo es con el ascensor detenido, especialmente los que tienen control de velocidad VVVF. En modelos más antiguos, esto significa iluminación y ventiladores de cabina y de variadores en funcionamiento permanente. No así en los modelos más nuevos, que contemplan ese funcionamiento en automático. Existen ascensores a tracción y ascensores hidráulicos (contienen un sistema contrapesado). Estos últimos consumen entre 7 y 10 veces lo que consumen los ascensores a tracción, ya que además del sistema que poseen, deben tener calefactores en invierno y radiadores en verano para mantener la temperatura del líquido hidráulico pues este varía su viscosidad con la temperatura. Además, las curvas de aceleración y frenado de los hidráulicos son mucho peores que uno de tracción, por lo tanto, la capacidad de transporte es peor. La recomendación de la cámara es cambiar todos los ascensores hidráulicos por ascensores sin sala de máquina. En máquinas de última generación, el sistema de tracción es a través de máquinas de imán permanente (PMGL) y variador. En contraposición con los ascensores de tracción antiguos (una velocidad, dos velocidades, Ward Leonard o tiristorizados),

utilizar esta nueva tecnología bajaría a la mitad el consumo del ascensor al funcionar. Sin embargo, desde la Cámara también resaltan que para los edificios de vivienda hace falta financiación bancaria, ya que la población de CABA en general es de rango etario alto (jubilados) y no pueden pagar la inversión.

2) *Objetivo, hipótesis y limitaciones*

El objetivo de la investigación es plantear cómo impactaría en el consumo eléctrico y cómo consecuencia en el ambiente, la reducción del uso de los ascensores promoviendo que los residentes de edificios que vivan en 1°, 2° piso utilicen las escaleras como medio de transporte. Por eso, la hipótesis que se presenta para este trabajo es: si las personas que viven en un primer o segundo piso de los edificios de CABA utilizan la escalera en vez del ascensor, el consumo se reduce un 10%. Según el informe “Climb stairs to live longer” de Reino Unido, que reunió los resultados de nueve estudios en los que participaron más de 480.000 pacientes, las personas que subían escaleras con regularidad tenían un 39% menos de riesgo de muerte por enfermedades del corazón y un 24% menos de riesgo de morir por cualquier causa que aquellas que no tenían ese hábito. Subir escaleras con regularidad también se asoció a un menor riesgo de ataque al corazón, accidente cerebrovascular e insuficiencia cardíaca. Esto deriva en una de las limitaciones a tener en cuenta para este estudio, que es que en edificios de departamentos de CABA se registra población de un rango etario alto. Aproximadamente un 17,35% de la población que reside en viviendas de tipo departamento son de una edad de 65 años o más. Esta es una variable que debería tenerse en cuenta, ya que a esta población le será más difícil implementar este tipo de política, ya sea por problemas de salud o por otras cuestiones personales.

3) *Investigación y resultados*

a) *Datos*

Los datos base y consideraciones utilizadas para los cálculos son los siguientes [8]:

- Potencia promedio de motores de ascensores = 7 kVA
- Total de máquinas en CABA = 103.500
- Tipo de edificio: Solo edificios destinados a viviendas
- Cantidad promedio de pisos = 10
- Velocidad del ascensor: 1 m/s.
- Cantidad promedio de ascensores por edificio: 2

b) *Cálculo del consumo energético y emisiones sin implementación de políticas*

En principio se calculará la potencia activa promedio de los motores de los ascensores (considerando un $\cos = 0,85i$) mediante la siguiente expresión:

$$P_n = S_n * \cos\phi$$

$$P_n = 7.000 VA * 0,85 = 5.950 W$$

Considerando una categoría de uso media (Cat. de uso) de 1,3 h/día para cada uno de ellos [9], se puede conocer el consumo mensual de energía eléctrica:

$$N^\circ \text{ ascensores} * \text{Cat. de uso} * \text{Pot} * \text{cant de días}$$

$$103.500 * 1,3 \text{ h/día} * 5.950 W * 30 \text{ días} \\ = 24.017 MWh/mes$$

Teniendo en cuenta las toneladas de CO2 emitidos a la atmósfera [10], estaríamos emitiendo:

$$0,00045 \text{ toneladas CO}_2 * 24.017.000 \text{ kWh/mes} * 12 \text{ meses} \\ = 129.691.800 \text{ toneladas CO}_2/\text{año}$$

c) *Cálculo del consumo energético y emisiones con implementación de políticas*

La política propuesta consiste en que los residentes del 1° y 2° piso suban y bajen por escalera lo que reduciría el uso de los ascensores. El tiempo total de funcionamiento del motor de un ascensor para trasladar una persona hacia cada uno de los pisos del edificio será:

$$\text{Tiempo al } N^\circ \text{ piso} = \text{altura del piso} / \text{velocidad del ascensor}$$

Por lo tanto:

$$\text{Tiempo al } 1^\circ \text{ piso} = 3 \text{ m} / 1 \text{ m/s} = 3 \text{ s}$$

En la tabla II, se muestra el impacto de la implementación de las políticas, considerando que no viajará al piso 1 ni al 2, considerando en ambos casos la suma de tiempos hasta el décimo piso:

TABLA II
 TIEMPO DE USO DE ASCENSORES CON Y SIN POLÍTICAS DE USO RACIONAL

Sin políticas implementadas		Con políticas implementadas	
Piso [N°]	Tiempo [s]	Piso [N°]	Tiempo [s]
1	3	--	--
2	6	--	--
3	9	3	9
4	12	4	12
5	15	5	15
6	18	6	18
7	21	7	21
8	24	8	24
9	27	9	27
10	30	10	30
Tiempo total [s]	165	Tiempo total [s]	156

Como puede observarse, el tiempo de uso se reduce en un 5,45% para cada ascensor. De esta forma, el coeficiente de uso estaría disminuyendo a 1,229 h/día.

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de uso con políticas implementadas} \\ = 1,3 \text{ h/día} * 0,94545 = 1,229 \text{ h/día} \end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \text{Nº ascensores} * \text{Cat. de uso} * \text{Pot} * \text{cant de días} \\ 103.500 * 1,229 \text{ h/día} * 5.950 \text{ W} * 30 \text{ días} \\ = 22.705 \text{ MWh/mes} \end{aligned}$$

Consecuentemente, las emisiones de CO2 al ambiente serían:

$$\begin{aligned} 0,00045 \text{ toneladas CO2} * 22.705.000 \text{ kWh/mes} * 12 \text{ meses} \\ = 122.607.000 \text{ toneladas CO2/año} \end{aligned}$$

4) Análisis de los resultados

Como resultado principal, aplicando las políticas de Uso Racional propuestas se estaría reduciendo la emisión anual de CO2 al ambiente en 7.200 toneladas.

Como beneficio adicional, en un edificio promedio, el ahorro energético sería el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Nº ascensores} * \text{Cat. de uso} * \text{Pot} * \\ \text{cant de días (sin políticas de concientización)} \rightarrow \\ 2 * 1,3 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 5950 \text{ W} * 30 \text{ días} = \mathbf{464,1 \text{ kWh/mes}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nº ascensores} * \text{Cat. de uso} * \text{Pot} * \\ \text{cant de días (con políticas de concientización)} \rightarrow \\ 2 * 1,229 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 5950 \text{ W} * 30 \text{ días} = \mathbf{438,8 \text{ kWh/mes}} \end{aligned}$$

Lo cual significa un ahorro energético de aproximadamente 25,3 kWh/mes. Por otro lado, considerando que los servicios generales del edificio se asocian a una tarifa T1R5, según el cuadro tarifario vigente de Edesur S.A el costo variable energético es de 107.072 \$/kWh. De esta forma, los residentes de cada edificio estarían viendo una disminución del total en su factura energética de consumos generales en aproximadamente \$6.000 por período de facturación. Por lo tanto, se relevó la cantidad total aproximada de ascensores en CABA y se efectuó el cálculo de la energía consumida mensualmente con y sin medidas de ahorro energético según lo propuesto por el proyecto. Se llegó al resultado de que, en el caso de llevar a cabo este tipo de políticas, se reducen las emisiones de CO2 y de consumo de energía eléctrica en un promedio de 5,44% al año. Como conclusión, promoviendo este tipo de políticas, se lograría contribuir en la disminución de la contaminación del ambiente y se plasmará en beneficios económicos y de salud para los residentes de edificios en general. A futuro se propone efectuar la medición del consumo eléctrico por fase de un ascensor a tracción sin variador de velocidad. En principio,

probando cargarlo con una sola persona que se transporte hasta el 2º piso y baje a PB y luego efectuando la misma prueba, pero con el mismo cargado con tres personas. Esto permitirá comparar la energía consumida en ambos casos y ver qué posibilidades existen de efectuar recomendaciones adicionales sobre su uso para complementar con la reducción del consumo energético mensual.

C. Programa de reducción de colectivos [PRC]

1) Introducción

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), más de 4.500.000 pasajeros utilizan el transporte público colectivo, que representan una parte fundamental del transporte público. La flota actual, compuesta por 11.191 unidades, no solo incurre en altos costos operativos, sino que también contribuye significativamente a las emisiones de gases contaminantes y la congestión vehicular. En este contexto, reducir el número de colectivos en circulación sin comprometer la calidad del servicio es un desafío crucial para mejorar la calidad de vida urbana [11]. El enfoque en la reducción de colectivos tiene múltiples beneficios que van más allá del simple ahorro económico. Disminuir la cantidad de vehículos en circulación puede llevar a una reducción de la congestión del tráfico, menor incidencia de accidentes, disminución del desgaste de la infraestructura vial y reducción de la contaminación acústica. Además, liberar espacio en las calles puede permitir la creación de áreas peatonales, carriles para bicicletas y zonas verdes, contribuyendo a una ciudad más sostenible, segura y habitable. Para lograr estos objetivos, es necesario implementar estrategias que optimicen la eficiencia del transporte público. Estas estrategias pueden incluir la optimización de rutas, la mejora de la frecuencia y capacidad del servicio, la promoción de alternativas de transporte sostenible y la revisión de la infraestructura vial. A través de un enfoque integral y estratégico, es posible reducir significativamente el número de colectivos en circulación, mejorar la calidad del servicio y, al mismo tiempo, fomentar un entorno urbano más saludable y eficiente.

2) Investigación y resultados

Las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por un colectivo en movimiento están influenciadas por diversos factores, entre ellos el peso que transporta. A medida que aumenta la carga (es decir, la cantidad de pasajeros y su equipaje), el motor del vehículo requiere más energía para mantener la velocidad y superar la resistencia al avance, lo que puede llevar a un aumento en el consumo de combustible y, por lo tanto, en las emisiones. No obstante, el impacto de esta variación en el peso transportado es relativamente pequeño en comparación con el peso total del colectivo, que puede oscilar entre 9.000 y 14.000 kilogramos en vacío, dependiendo del tipo y modelo. Dado que la capacidad de pasajeros suele estar alrededor de 50 personas, el peso adicional representado por los pasajeros es relativamente menor en comparación con el peso base del vehículo. Esto significa que, en términos de emisiones,

las variaciones causadas por el número de pasajeros a bordo son secundarias según muestra la tabla III [12]:

TABLA III
 EMISIONES DE CO2 SEGÚN OCUPACIÓN DEL COLECTIVO

Concepto	Gramos de CO2 por pasajero por km
Colectivo capacidad 100% (60 pasajeros)	0,25
Colectivo capacidad 50% (30 pasajeros)	0,49

Por otro lado, la capacidad de ocupación promedio de un colectivo en la Ciudad de Buenos Aires es de aproximadamente el 50%. Si desarrollamos estrategias para optimizar y aumentar este factor de ocupación, podríamos reducir tanto los costos asociados al transporte como las emisiones de gases contaminantes. En la Ciudad de Buenos Aires, el recorrido promedio de un colectivo es de 270 km diarios, con un consumo de 0,3 litros por kilómetro, lo que equivale a 81 litros diarios y un costo diario de \$81.000 en combustible (considerando \$1000 por litro). La flota completa de colectivos en CABA (2023), consta de 11.191 unidades, si consideramos un factor de indisponibilidad del 20% estarían operativos alrededor de 9.000 unidades consumiendo aproximadamente 729.000 litros de combustible diarios, lo que representa un costo cercano a \$729 millones de pesos por cada día [13].

Teniendo en cuenta que se transportan aproximadamente 4.500.000 pasajeros diariamente, con un recorrido promedio de 270 km y una ocupación promedio de los colectivos del 50%, las emisiones generadas por estos vehículos ascienden a 595.350 kg de CO2 al día. Esto equivale a 217 millones de kg de CO2 anuales. Si logramos aumentar la capacidad de ocupación de los colectivos al 80%, estas emisiones se reducirían a 164 millones de kg de CO2 por año (ahorro de 53 millones). Esto, de manera indirecta, también conlleva una reducción de gases contaminantes, ya que, al necesitar menos repuestos, neumáticos y otros elementos para los vehículos, se reduce su demanda [13]. Si antes las unidades de transporte colectivo operaban con una capacidad de utilización del 50% y ahora van a circular con una capacidad del 80%, la reducción en el número de colectivos necesarios será de 5,625 unidades. Esta disminución conlleva un ahorro significativo en el consumo de combustible y en costos. En concreto, se estima que se reducirán 273.294 litros de combustible y 273 millones de pesos en gastos diariamente. Si este análisis lo extendemos a lo largo de un año resulta un ahorro de 99.752.310 litros de combustible y de casi 100.000 millones de pesos.

3) Análisis de los resultados

Se sugieren estrategias que pueden ayudar a reducir el número de colectivos en circulación mientras se mantiene o incluso mejora la calidad del servicio de transporte público en CABA. Además de mejorar la eficiencia del transporte, esta reducción ofrece beneficios adicionales, como menos congestión de tránsito, disminución de accidentes, menor gasto de

combustible y reducción de costos de mantenimiento para las empresas. También contribuye a mejorar la calidad del aire, reducir la contaminación acústica, optimizar la movilidad urbana con tiempos de viaje más cortos y un tráfico más fluido, y optimizar el uso de la infraestructura vial al disminuir su desgaste. Finalmente, liberar espacio en las calles puede dar lugar a la creación de áreas peatonales, carriles para bicicletas y zonas verdes, promoviendo una ciudad más sostenible, segura y habitable. De este análisis surgen las siguientes propuestas de mejora:

I. Optimización de Rutas

- **Revisión y Rediseño de Rutas:** Analizar las rutas actuales y rediseñarlas para que sean más directas y eficaces. Esto puede incluir la consolidación de rutas que se solapan o la eliminación de trayectos con baja demanda.
- **Rutas Troncales y Alimentadoras:** Establecer rutas troncales que cubran las principales arterias y rutas alimentadoras que conecten los barrios con las líneas principales.
- **Implementación de Rutas Circulares o de Retorno con Demanda Compartida:** Crear rutas circulares o de retorno que pasen por zonas de interés durante las horas de menor demanda, lo que podría atraer a más pasajeros, en lugar de hacer viajes de vuelta vacíos (Adaptar las rutas para pasar por puntos de interés en horarios de baja demanda puede atraer a más pasajeros al ofrecer un servicio útil y conectar diversos destinos importantes, en lugar de realizar viajes de regreso vacíos)

II. Mejora de la Frecuencia y Capacidad

- **Aumentar la Frecuencia en Horas Pico:** En lugar de mantener muchas unidades en circulación durante todo el día, aumentar la frecuencia de las unidades en horas pico puede hacer que menos vehículos sean necesarios.
- **Implementación de Vehículos de Mayor Capacidad:** Usar colectivos de mayor capacidad para reducir el número de unidades necesarias. Esto puede ser aplicable sobre todo en avenidas como General Paz en donde se pueden hacer recorridos directos desde un extremo hacia el otro aumentando la velocidad de traslado

III. Fomento del Transporte Alternativo

- **Desarrollo de Infraestructura para Bicicletas:** Ampliar la red de ciclovías y ofrecer programas de préstamo de bicicletas para facilitar el uso de bicicletas como alternativa al colectivo.
- **Promoción del Transporte Compartido:** Fomentar el uso de vehículos compartidos, como autos compartidos y servicios de transporte a demanda, para complementar el sistema de colectivos. Esto puede lograrse con la ayuda de una aplicación consolidada al perfil de miBA, de manera que el dueño del vehículo y también de los pasajeros tengan información certera de quien está a su

lado, promoviendo e impulsando este tipo de actividad solidaria sin menoscabar en recaudos relacionados con la inseguridad.

IV. Implementación de Tecnologías Avanzadas

- Implementación de aplicación “Ahorro Colectivo” en donde un usuario pueda indicar con antelación el lugar de origen y destino permitiendo que si esto se ejecuta masivamente puede realizarse una diagramación más exacta sobre la cantidad de unidades de transporte requeridas en un trayecto específico y de esa forma se minimizan los gastos operativos de las empresas de transporte y el usuario puede tener un beneficio económico.
- Promoción de Incentivos para Viajar en Horas de Baja Demanda: Ofrecer descuentos o incentivos a los pasajeros que elijan viajar en horarios menos concurridos. Esto podría ayudar a redistribuir la demanda a lo largo del día y garantizar que los colectivos tengan más ocupación incluso en horas de menor afluencia.
- Sistemas de Información en Tiempo Real: Usar tecnología para proporcionar información en tiempo real sobre los horarios y ubicaciones de los colectivos, lo que puede mejorar la eficiencia del sistema y reducir la necesidad de unidades en espera.
- Uso de Datos para Optimización: Analizar datos sobre el uso del transporte público para ajustar la cantidad de vehículos en circulación según la demanda real.

V. Revisión y Mejora de la Infraestructura Vial

- Focalización en trayectos habituales: Para mejorar la eficiencia del transporte público, las paradas de colectivos deben ubicarse en los trayectos más frecuentes de los usuarios. Al centrarse en los destinos más transitados y los puntos de conexión clave, se facilita el acceso directo y se reduce el tiempo de viaje. Este enfoque optimiza el flujo de pasajeros, mejora la accesibilidad y fomenta una mayor utilización del sistema, contribuyendo a una movilidad urbana más eficiente y sostenible.
- Mejora de la Infraestructura para el Transporte Público: Construir carriles exclusivos para colectivos para mejorar la puntualidad y eficiencia, permitiendo que se necesiten menos vehículos para cubrir la misma demanda.

VI. Políticas de Restricción de Tráfico

- Zonas de Bajas Emisiones: Implementar zonas donde solo puedan circular vehículos con bajas emisiones o de transporte público, reduciendo el tráfico general y la necesidad de tantos colectivos.
- Regulación del Tráfico Privado: Aplicar restricciones al tráfico privado en áreas congestionadas para fomentar el uso del transporte público y que este a su vez pueda

prestar un mejor servicio disminuyendo los tiempos de los trayectos.

- Colaboración con Empresas y Universidades: Establecer acuerdos con grandes empleadores y universidades para coordinar servicios de transporte específicos o ajustar los horarios de entrada y salida, asegurando que los colectivos estén más llenos en las rutas hacia y desde estos lugares.
- Campañas de Concientización y Comunicación: Informar a los pasajeros sobre las opciones de transporte disponibles y los beneficios de viajar en horarios menos concurridos. También se podrían promover campañas para fomentar el uso del transporte público durante todo el día, no solo en horas pico.

VII. Evaluación Continua y Ajustes

- Monitoreo y Evaluación Constante: Realizar evaluaciones continuas del sistema para ajustar y optimizar la cantidad de colectivos según las necesidades cambiantes de los usuarios.
- Encuestas y Retroalimentación de Usuarios: Obtener retroalimentación de los usuarios para identificar áreas de mejora y ajustar el servicio en consecuencia.

IV. CONCLUSIONES

Aplicando el total de las mejoras propuestas, la disminución en las emisiones de CO₂ al ambiente es de aproximadamente 60,1 millones de toneladas anuales, asociado a un ahorro energético, una disminución del agua utilizada y una mejora sustancial en la calidad de vida de las personas. El ahorro energético en cada caso no es significativo, pero su implementación es gratuita ya que solo implica un cambio de método o costumbre. A partir de pequeños cambios de costumbres en las conductas humanas, se podrá mejorar significativamente el consumo energético. Los casos analizados son tres de miles posibles. Si tomamos conciencia de la importancia en el análisis y la concientización de conductas habituales inconscientes, vamos a estar mejorando nuestra calidad de vida y el planeta donde vivimos y vivirán nuestras futuras generaciones.

V. REFERENCIAS

- [1] Graph: OurWorldInData.org. Data: Global Carbon Budget (2023)
- [2] Graph: OurWorldInData.org/energy. Data: U.S. Energy Information Administration (2023); Energy Institute – Statistical Review of World Energy (2024); Population based on various sources (2023)
- [3] Graph: OurWorldInData.org. Data: U.S. Energy Information Administration (2023); Energy Institute – Statistical Review of World Energy (2024)
- [4] Boletín energético #48 CNEA, 2do. Semestre 2021, ISSN 1668-1525
- [5] Portal Oficial del Estado Argentino, Educación en Sustentabilidad energética: <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/eficiencia-energetica/educacion-en-sustentabilidad-energetica/formacion-2018>
- [6] Instituto de Estadísticas y Censos de la Ciudad de Buenos Aires (IDECBA). Establecimientos, habitaciones disponibles y plazas disponibles por categoría hotelera. Ciudad de Buenos Aires. Año 2008/marzo de 2024. <https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/?p=115576>
- [7] Informe Mensual/Anual del Mercado Eléctrico Mayorista - CAMMESA. <https://cammesaweb.cammesa.com/informes-y-estadisticas/>

- [8] Código de edificación - Reglamentos técnicos de las instalaciones - medios mecánicos de elevación, RT-030910-020205-01-ASCENSORES Y MONTACARGAS, IF-2020-30437612-GCABA-SSREGIC. (2020). Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.
- [9] Manual de eficiencia energética de aparatos elevadores. (s.f.). ThyssenKrupp Elevator Southern Europe, Africa & Middle East.
- [10] Tauber, F., López Armengol, M., Actis, M., Delucchi, D., Olivieri, A., Fiandrino, A., Piñeyro, I., Zuliani, M., Merino, F., Amatea, C., Estanga, L., Baigorria, F., Rimedio, D. (2019). Cálculo de la huella de carbono institucional.
- [11] Asociación de Fábrica de Automotores (2023). Anuario - Parque Automotor. <https://adefa.org.ar/upload/anuarios/anuario2023/6.pdf>
- [12] La importancia del colectivo en el AMBA, Instituto del Transporte, UNSAM, 2020. <https://www.unsam.edu.ar/institutos/transporte/files/NOTA-2.pdf>
- [13] MI BA - TRANSPORTE PUBLICO BAJAS EMISIONES", (2024), <https://buenosaires.gob.ar/cambioclimatico/transporte-publico-bajas-emisiones>

VI. BIOGRAPHIES



Leonardo Casterás. Ingeniero electricista de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires desde el año 2013, con formación adicional de postgrado en Educador Internacional, Administración del Mercado Eléctrico y Gestión de Proyectos. Cuenta con experiencia en el campo profesional en áreas de Generación, Transmisión y Distribución de

Energía Eléctrica durante más de 18 años. Actualmente se desempeña como Ingeniero eléctrico en desarrollos de proyectos de energías renovables. En el ámbito académico es docente e investigador con una antigüedad de más de 12 años en la Universidad Tecnológica Nacional, con el rol de Profesor y Director de Proyectos de Investigación, actualmente dirigiendo el PID titulado "Estudio y análisis de las estrategias utilizadas en la implementación y el avance de la transición energética".



Pablo D'Angona. Ingeniero Electricista egresado de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires. Profesor de las Cátedras Energías Renovables I y II del Departamento de Ingeniería en Energía Eléctrica y Docente en Seminarios de Eficiencia Energética y Energías Renovables de la Maestría en Ingeniería en Calidad de la Escuela de Posgrado de la UTN.BA. Desarrolla actividades en Proyectos de Investigación y

Desarrollo desde el año 2006. Investigador categorizado. Actualmente Director del PID "Estudio de la integración de generación fotovoltaica en entramados urbanos densamente poblados" y Codirector del PID "Estudio y análisis de las estrategias utilizadas en la implementación y el avance de la transición energética". Prosecretario de la Comisión de investigación del Consejo Profesional de Ingeniería Mecánica y Electricista. Director de la firma Ahorro Eléctrico SAS, ha brindado servicios a más de 500 Organizaciones en el rubro de eficiencia energética, relevamiento de variables eléctricas, mantenimiento preventivo mediante termografía infrarroja, Mercado Eléctrico Mayorista, Contratos Renovables y Auditorías Energéticas.



Daniel Alejandro Ugalde. Ingeniero Electricista de la Facultad Regional de Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional.

Forma parte del área de investigación y desarrollo en la Universidad Tecnológica Nacional desde hace un año y medio. "Estudio de la integración de generación fotovoltaica en entramados urbanos densamente poblados" y "Estudio y análisis de las estrategias utilizadas en la implementación del

avance de la transición energética"
Actualmente desempeñando el oficio de Operador de Energía Eléctrica en el COTDT (Centro de control de Operaciones de Transmisión por Distribución Troncal) en Transba. S.A. en el área de asistencia a la operación de la gerencia de Operación y Planificación de la Red (GPOR).

Augusto Fabrizio Masuzzo. Ingeniero Electricista de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional. Forma parte del área de investigación desde el año 2020, en principio como investigador alumno en el proyecto "Clasificación y modelado de los fenómenos transitorios electromagnéticos para líneas de transmisión en corriente continua (HVDC)"



y actualmente como investigador ingeniero en el proyecto "Estudio y análisis de las estrategias utilizadas en la implementación y el avance de la transición energética". Se desempeñó como

encargado de mantenimiento eléctrico en redes eléctricas de baja tensión en la Comisión Nacional de Energía Atómica (Ezeiza). Parte de su experiencia fue en las FFAA como Oficial Piloto de Ejército, al mando de aeronaves de pequeño porte desempeñando tareas de transporte aéreo logístico y supervisando el área de compras para la adquisición de repuestos de aeronaves en el Batallón de Abastecimiento y Mantenimiento de Aeronaves 601.

Actualmente, se desarrolla profesionalmente como Administrador de redes de operación en Transener S.A. al servicio del COTDT (Centro de control de Operaciones de Transmisión por Distribución Troncal).



Leandro Schiel. Estudiante de Ingeniería Eléctrica e industrial en la UTN FRBA, con solo tres finales pendientes para completar la carrera de eléctrica. Actualmente, se desempeña como Jefe de Área de Gestión y Control en Edesur. En su experiencia profesional, ha trabajado en la operación y control de sistemas de distribución MT y AT. También formó parte de Schneider Electric en el área de desarrollo de

ingeniería, desempeñándose como administrador de proyectos de seguridad eléctrica en NCC (Bureau Veritas) y como jefe de área de marketing digital en Guía de la Industria.