

Design of a photovoltaic solar system for charging mobilization electric vehicles university

Diseño de un sistema solar fotovoltaico para la carga de unidades de movilización eléctrica universitaria

Álvaro Villacís,¹ Lizbeth Guillca,¹ Juan Peralta-Jaramillo¹, Emérita Delgado-Plaza¹, Jorge Abad-Moran¹, Jorge Hurel¹, Ian Sosa², Marco Flores³

¹ESPOL Polytechnic University, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Centro de Desarrollo Tecnológico Sustentable, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil, Ecuador, e-mail: advillac@espol.edu.ec, lguillca@espol.edu.ec, jperal@espol.edu.ec, eadelgad@espol.edu.ec, jabad@espol.edu.ec, jhurel@espol.edu.ec

²Electrical Engineering Department, Instituto Tecnológico de Sonora, México e-mail: ian.sosa@itson.edu.mx

³Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), Honduras e-mail: marco.flores@unah.edu.hn

Abstract— Carbon dioxide emissions generated by conventional vehicles that travel within the ESPOL Campus represent 16% of the institution's carbon footprint. This affects the health of the staff and degrades the ecosystem of the Prosperina Forest, where the campus is located. Faced with this problem, this project seeks to design a photovoltaic station to facilitate the transition to sustainable mobility, changing the conventional buses to electric and allowing the charging of electric scooters that will serve as complementary transportation within the campus. The project is limited to a pilot plan of 1 bus and 100 scooters that will serve as a basis for future projects. In order to fulfill this purpose, a study of climatic parameters and estimated energy demand was carried out to verify that the ideal conditions for the project existed. Subsequently, the photovoltaic system was pre-dimensioned to obtain the required area and with this data, the infrastructure for the installation of the system was selected. Next, the photovoltaic system was designed for an installed power of 48.6 kWp, connected to the electrical grid, and the number of panels and inverters was determined. Then, this design was validated through a simulation using PVsyst software, and it was determined that the solution could supply the energetic load and that there will be a surplus production that would be injected into the grid. Finally, the project would avoid the emission of 13.88 tonCO₂ per year by changing the mobility systems.

Keywords— Photovoltaic panels, sustainable mobility, carbon dioxide emissions.

Resumen— Las emisiones de dióxido de carbono generadas por los vehículos convencionales que transitan dentro del Campus de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) representan un 16% de la huella de carbono de la institución, esto afecta la salud del personal y degrada el ecosistema del Bosque Prosperina donde se ubica el campus. Ante esta problemática, el presente proyecto busca diseñar una estación fotovoltaica que facilite la transición hacia la movilidad sostenible, cambiando los buses de

recorrido interno convencionales a eléctricos, y que permita la carga de scooters eléctricos que servirán como transporte complementario dentro del Campus. El proyecto se limita a un plan piloto de 1 bus y 100 scooters que sirva de base para proyectos futuros. Para cumplir con este propósito, se realizó un estudio de parámetros climáticos y demanda energética estimada donde se verificó que existían las condiciones idóneas para el proyecto. Posteriormente, se pre-dimensionó el sistema fotovoltaico para la obtención del área de captación de energía solar requerida y con este dato se seleccionó la infraestructura para el montaje del sistema. Seguidamente, se diseñó el sistema fotovoltaico para una potencia instalada de 48.6kW conectado a la red eléctrica donde se determinó el número de paneles e inversores. Luego, se validó a través de una simulación, usando el software PVsyst, que determinó que la solución puede abastecer la carga del proyecto y que se tendrá un excedente de producción que sería inyectado a la red. Finalmente, el proyecto evitaría la emisión de 13.88 tonCO₂ al año por el cambio de los sistemas de movilidad.

Palabras clave— Paneles fotovoltaicos, movilidad sostenible, emisiones de dióxido de carbono.

I. INTRODUCCIÓN

En el 2016 se implementaron 17 objetivos de carácter global, denominados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), para terminar con la pobreza, preservar el planeta y asegurar una buena calidad de vida para todas las personas. En este sentido, el ODS 7 busca garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos [1].

Por otra parte, a nivel mundial se ha logrado importantes avances en la migración de fuentes renovables siendo el sector eléctrico el de mayor relevancia, en comparación con la calefacción y refrigeración y el transporte, Fig. 1. En este escenario resulta prioritario desarrollar estrategias para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad energética a nivel de la movilidad urbana, incluyendo la generación de iniciativas que incorporen las energías renovables en el desarrollo de soluciones de movilización urbana. [2]

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.532>

ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

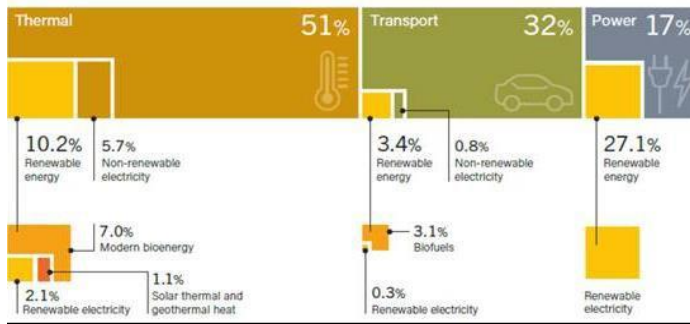


Fig 1. Uso Finales de la Energía

Por ende, es necesario buscar un equilibrio desde el punto de vista técnico, energético y ambiental para el desarrollo de sistemas de movilización que consideren que consideren criterios de sostenibilidad y contribuyan a la resiliencia urbana en base a lo establecido en los objetivos de desarrollo sostenible. En la practica, el transporte apenas ha cambiado con respecto a los niveles de consumo de energía con relación años anteriores [3].

Con atención a esta problemática, el Ecuador posee una matriz energética basada en combustibles fósiles e hidroenergía, sin embargo, el plan nacional de desarrollo establece la necesidad de migrar a una matriz sostenible que permita la integración de fuentes renovables de energía. Bajo esta perspectiva, los sistemas de movilización deberán actualizarse o migrar a soluciones energéticas que permita el fomento de la sostenibilidad energética en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). [4, 5]

Es por ello, que el Ecuador en el marco de la ley de eficiencia energética y uso racional de energía plantea reducir el consumo de combustibles fósiles, particularmente diésel, impulsando que sector del transporte público masivo en la parte urbana se cambie a vehiulos eléctricos desde 2025. [6]

Es por ello, que las diferentes instituciones del Ecuador, entre ellas las de Educación Superior, están tomando incorporando en sus planes de trabajo acciones que permitan el cumplimiento de actividades enmarcadas en los ODS, uno de los sectores claves en los que se deben trabajar varias instituciones es la movilización, donde la principal fuente energética son combustibles fósiles que contribuyen a la generación de gases de efecto invernadero. [3]

II.OBJETIVO.

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño de una estación solar fotovoltaica, que facilite la carga de 1 bus y 100 scooters eléctricos dentro del campus Prosperina-ESPOL, como un instalación piloto para la evaluación del transporte eléctrico sostenible como una solución que contribuya a las acciones de carbono-neutro en la institución.

III. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

La ESPOL campus “Gustavo Galindo” está ubicado en la ciudad de Guayaquil; en el Km. 30½ de la Vía Perimetral, cuenta con un aproximado de 724 hectáreas, de las cuales 570 son consideradas bosque protector juntos al área protegida de la Prosperina que colindan con el cerro Azul y el cerro Blanco, correspondiente a la cordillera Chongón, Fig. 2. [7, 8]

Debe señalarse que el desarrollo de actividades se realiza en alrededor de 40 hectáreas urbanizadas, y cuenta con aproximadamente 14.000 personas, entre estudiantes, profesores y administrativos, quienes se movilizan casi en su totalidad en vehículos propios como en buses contratados por la institución, con una estimación de aproximada del 16% de la huella de carbono del campus [9].

IV. METODOLOGÍA

A. Estudio de la demanda energética

Es importante mencionar, que el análisis de funcionalidad de la solución de movilización eléctrica se basa en el recorrido interno de los buses dentro del campus, esto a fin de que se puedan abastecer los horarios definidos del servicio de transporte. De esta forma, en la Fig. 2, se observa que un recorrido completo es de aproximadamente 6.4 Km, y como el servicio funciona de 7h00 a 16h00, cada 30 minutos, un bus por día debería recorrer al menos 115 Km. con una sola carga.

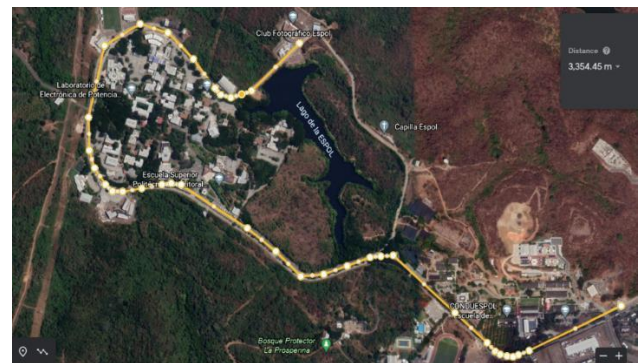


Fig 2. Ruta interna del campus ESPOL (3.4 Km)

La selección del modelo del bus y el tipo de scooter se basa en el análisis de las siguientes variables o parámetros de estudio:

- Capacidad de pasajeros (Solo bus)
- Tiempo de carga
- Costo
- Autonomía
- Demanda energética
- Cuenta con App (Solo scooter)

Del análisis de los parámetros propuesto con relación a las necesidades de movilización se determina que características deberán cumplir los vehículos, Tabla 1.

TABLA 1

CARGA DIARIA DE LOS TRANSPORTES

Característica	Bus (8m)	Scooter
Capacidad batería (kWh)	130	0.29
Tasa de consumo (kWh/Km)	0.95	-
Autonomía (Km)	109.47	40
Tiempo de carga (h)	1.37	4
Carga (kWh/d)	130	28.8
Carga Total (kWh/d)	158.8	

B. Condiciones climáticas en el campus ESPOL

Los datos referenciales de las condiciones climáticas de la zona fueron tomados de la Estación Meteorológica ubicada en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción en el campus Gustavo Galindo de la ESPOL desde el 2008, ubicada en las coordenadas 2°07'32"S y 79°50'48"O. La adquisición de datos se realiza cada segundo y luego son promediados a valores diez-minutales[10]. En la tabla 2, se presenta un resumen mensual de los datos climáticos registrados por la estación durante el periodo 2008 al 2012.

TABLA 2
RESUMEN DELAS CONDICIONES AMBIENTALES

Mes	Temperatura ambiental (°C)	Humedad (%)	Velocidad de Viento (m/s)
ene	25.5	79.7	1.4
feb	25.6	85.7	1.2
mar	26.5	79.3	1.4
abr	26.6	79.2	1.4
may	25.9	76.0	1.9
jun	24.8	77.0	2.1
jul	24.1	77.0	2.5
ago	23.6	76.8	2.9
sep	23.8	74.8	3.1
oct	23.7	73.7	3.0
nov	23.9	72.1	2.8
dic	25.3	71.1	2.1

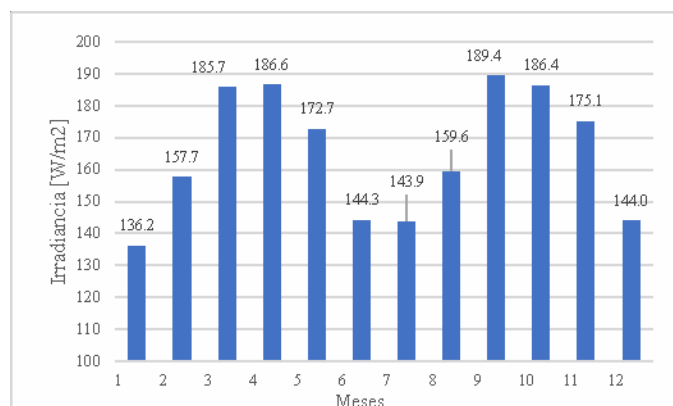


Fig. 3 Irradiancia promedio en el campus ESPOL

Para el correcto dimensionamiento de una planta solar fotovoltaica es importante conocer las condiciones climáticas del lugar donde se ubicará la instalación, Los datos de irradiancia global de la estación se muestran en la Fig. 3.

C. Pre-dimensionamiento

Una vez determinada la carga, y conociendo que el sistema fotovoltaico (FV) sería conectado a la red del campus, se procedió a seleccionar un panel según la oferta del mercado local, así, se escogió el panel de la marca AE Solar de 450 W y se optó por posicionarlo a una inclinación de 10°, esto para evitar que no se acumule fácilmente polvo o gotas de agua debido a la lluvia. Posteriormente, mediante la ecuación 1 se procedió a calcular el área estimada necesaria para determinar el lugar en donde se podría ubicar la instalación:

$$S = 1.15 * \left(\frac{E_d}{G_T * R_{panel}} \right) \quad (1)$$

S es el área total estimada (m²), E_d es la carga diaria que se debe abastecer (kWh), G_T es la irradiancia promedio mensual (kWh/m²-d), R es la eficiencia del panel y 1.15 un factor por pérdidas [11, 12].

TABLA 3
PRE-DIMENSIONAMIENTO DEL CAMPO DE CAPTACIÓN

Irradiación solar mínima [kWh/m²d]	3.27
Ángulo de inclinación [deg]	10°
Área panel [m²]	2.17
Potencia del panel [Wp]	450
Rendimiento	0.21
Área total estimada (S) [m²]	265.38

Sobre las bases de las ideas expuestas, se procedió a buscar una estructura existente en el campus que cumpla con esta condición de dimensión y además los siguientes criterios asociados al funcionamiento del sistema:

- Área total disponible
- Sombras presentes
- Costo de instalación
- Mantenimiento
- Seguridad de los equipos

Dentro de esta perspectiva, el lugar seleccionado fue la estación de bicicletas cercana del rectorado del campus con un área de exposición de 406 m².

D. Dimensionamiento final

Una vez seleccionado el lugar en donde se ubicaría la estación, se procedió a refinar el dimensionamiento del campo de captación mediante el programa HelioScope [13], el cual además ayudó a determinar la mejor ubicación de los paneles, su conexión y a seleccionar el número de inversores, el número de paneles y la potencia nominal del sistema. Los resultados obtenidos se muestran en la Fig. 4 y Tabla 4.



Fig. 4 Ubicación ideal de los paneles

TABLA 4
DIMENSIONAMIENTO EN BASE A LA UBICACIÓN IDEAL

Área total real (m ²)	237
Número de paneles	108
Potencia nominal Instalada (kW)	48.6

E. Validación del diseño

La herramienta de simulación PVsyst permitió validar el diseño del sistema fotovoltaico con mayor detalle en base a las condiciones climáticas y el entorno, en donde además se consideraron pérdidas significativas, tales como:

- Pérdidas por factores térmicos
- Pérdidas por factores eléctricos
- Pérdidas por equipos

En la Fig 5 se muestra un diseño del entorno para determinar si los objetos cercanos producen sombras en los paneles.

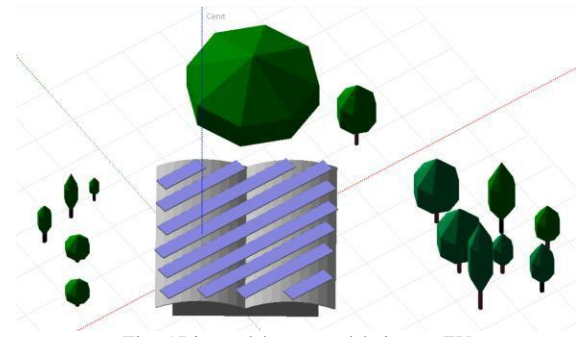


Fig. 5 Diseño del entorno del sistema FV

En la Tabla 5, se muestran los resultados obtenidos por medio de la simulación del dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

TABLA 5
DISEÑO FINAL DEL SISTEMA FV

Área total módulos [m ²]	237
Número de paneles	108
Potencia nominal instalada [kWp]	48.6
Producción del sistema [MWh/año]	58.1
Producción normalizada [kWh/kWp/día]	3.28
Pérdidas del arreglo [kWh/kWp/día]	0.71
Pérdidas del sistema [kWh/kWp/día]	0.15
Índice de rendimiento	0.79

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Análisis de factibilidad energética

A fin de comprobar la ventaja energética del proyecto, se realizó un análisis en la escala temporal diaria de la generación de energía de los paneles versus el consumo energético de las unidades de movilización seleccionada. Como se puede observar en la Fig. 6, existentes días en que la generación es menor que el consumo, no obstante, al analizar de manera mensual, como en la Fig 7, el balance energético es positivo, es decir hay una inyección de energía sustancial a la red suministro eléctrico del campus.

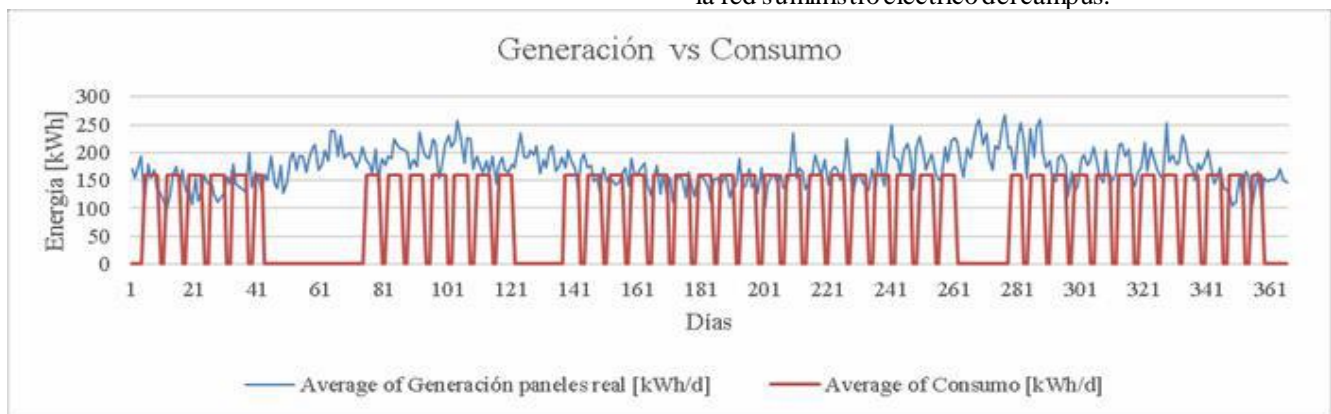


Fig. 6 Generación vs consumo diario del sistema FV

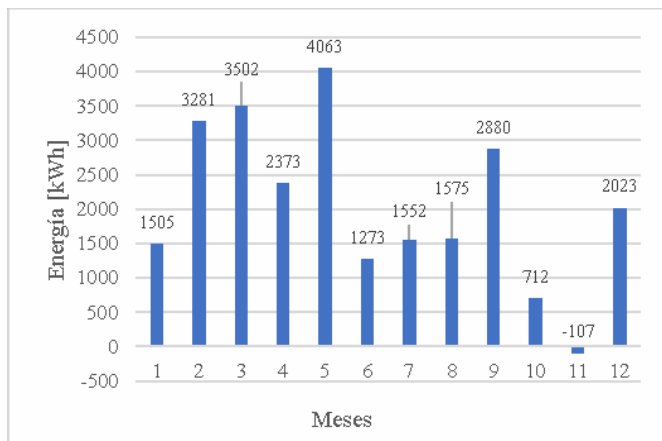


Fig. 7 Balance energético mensual

B. Análisis estructural

Cabe considerar, por otra parte, si la estructura existente estará en la capacidad de soportar el peso adicional debido al sistema de captación fotovoltaico. Por tal razón se analizaron los elementos más críticos a fin de comprobar su comportamiento. En la Fig. 8, se presenta una vista isométrica donde se aprecia la forma cóncava del techo. Si se ubicaran los paneles directamente, esta geometría transmitiría el peso en los canales ubicados en el vértice, razón por la cual se distribuyó la carga total en los dos canales y se analizaron los esfuerzos para ver si fallan. En la Tabla 6, se observa los resultados del análisis estructural para puntos críticos de la simulación (Fig 9), además se determina que el factor de seguridad en el caso de los canales estaría por debajo de lo recomendado.

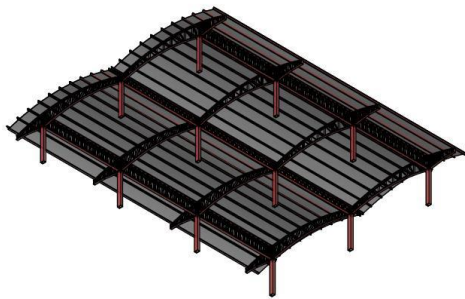


Fig. 8 Vista isométrica de la estructura

TABLA 6
FACTOR DE SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS MÁS CRÍTICOS

Elemento	Esfuerzo (MPa)	Factor de seguridad
Canal	375	0.9
Columna	120	3
Arco	38.7	9.3

Es por ello, que se propone una cubierta compuesta por tubos rectangulares y canales tipo C que permita distribuir los pesos de los paneles. En la Fig. 8, se muestra un isométrico de la estructura.

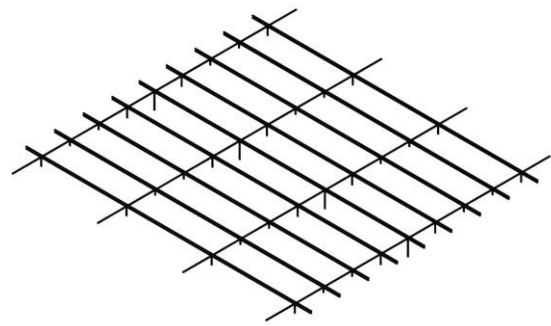


Fig.9 Estructura para soporte de paneles

C. Viabilidad del proyecto

A partir de la Fig. 7 se puede observar que existirá un excedente de energía eléctrica mensual, el cual sería inyectado a la red del campus, por consiguiente, se puede considerar que la instalación propuesta es energéticamente viable, pues además de abastecer las cargas de los equipos, ayudará a disminuir el consumo actual de energía eléctrica.

Por otro lado, en la Tabla 7, se muestra que la inversión del proyecto es de \$59,979, si se considera que el costo de la energía eléctrica para el campus es de \$0.065/kWh [14] se podría estimar que el ahorro anual debido a la inyección de energía es de \$1,601. Asimismo, el consumo anual de un bus a combustible diésel es de aproximadamente 891 galones, y el costo actual en Ecuador es de \$1.56/gal, dando un valor de \$1,391. De esta forma, el proyecto generaría un ahorro de \$2,992 al año y se amortizaría en 20 años. Adicionalmente, el fabricante garantiza un desempeño de hasta el 80% por 30 años, por lo tanto, se estima que el ahorro durante su vida útil puede ser de \$29,832. Así pues, es correcto decir que este proyecto es económicamente factible.

TABLA 7
COSTOS ESTIMADOS DEL PROYECTO

Descripción	Valor
Sistema de captación	\$46,378.39
Estructura	\$3,946.28
Diseño e ingeniería	\$9,600.00
Total	\$59,924.66

D. Análisis de reducción de huella de carbono

Como se mostró en la Fig 6, la energía inyectada a la red del campus es de 24,572 kWh/año y según la Comisión Técnica de determinación de Factores de Emisión de Gases de efecto invernadero (CTFE), el factor de emisión de generación eléctrica en Ecuador en el 2019 fue de 0,24 KgCO₂eq/kWh, lo que daría una emisión de 5,897.28 KgCO₂eq. Asimismo, para determinar las emisiones generadas por el sistema fotovoltaico se utilizó un factor de 0.0021 KgCO₂eq/kWh dando emisiones de 516.01 KgCO₂eq. En la Tabla 8, se presentan las emisiones correspondientes a cada caso y se determina la reducción.

TABLA 8
REDUCCIÓN DE EMISIONES POR ELECTRICIDAD

Fuente	Energía [kWh/año]	Factor de emisión de generación eléctrica [KgCO _{2eq} /kWh]	Carbono Equivalente [KgCO _{2eq}]
Conectada a la red	24,572	0.24	5,897.28
Generación FV		0.021	516.01
Reducción de Emisiones			5,381.27

Luego, para determinar las emisiones por el uso de combustible fósil, se calculó tomando en cuenta el recorrido interno del campus presentado en la Fig. 2. Este recorrido se usó para determinar el consumo de combustible diésel, teniendo en cuenta un rendimiento de 9 millas por galón de un bus convencional [15, 16] y un factor de emisión por combustible diésel de 2.69 KgCO_{2eq}/L. El resultado se muestra en la Tabla 9 y en la Tabla 10 se muestra la reducción total estimada de la huella de carbono en el campus con relación al año 2019 como consecuencia de la implementación del proyecto.

TABLA 9.
REDUCCIÓN TOTAL DE EMISIONES EN EL CAMPUS

Recorrido anual [mi]	8,023.90
Consumo de combustible [mi/gal]	9
Consumo anual [gal/año]	891.60
Consumo anual [L/año]	3,374.90
Factor Emisiones Diesel [KgCO _{2eq} /L]	2.69
Carbono Equivalente [KgCO _{2eq}]	9,078.40

TABLA 10
REDUCCIÓN TOTAL DE EMISIONES EN EL CAMPUS

Fuente	Emisiones [tonCO _{2eq}]	Reducción HC [%]
Electricidad	5.38	0.26
Combustible diésel	8.50	
Total	13.88	

Como resultados de los resultados señalados anteriormente, se puede realizar una comparativa entre la emisión que se puede generar a partir de los buses convencionales con combustible diésel, eléctricos conectados a la red, y eléctricos con generación fotovoltaica. (Fig 9)

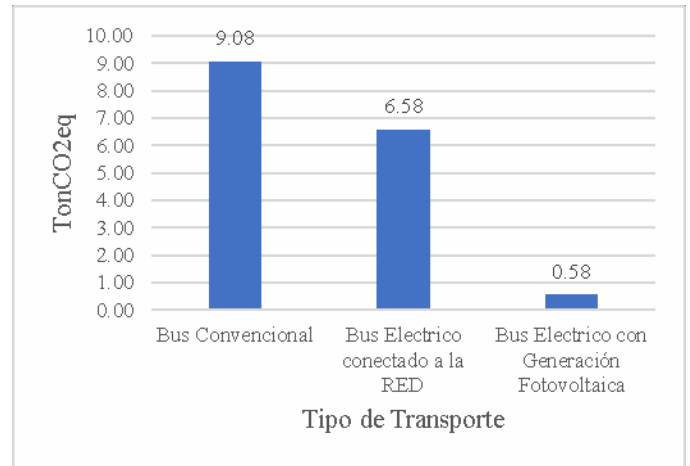


Fig. 9 Emisiones de CO₂ según tipo de bus

E. Arte conceptual

Esta sección contiene ilustraciones representativas con relación a la implementación del proyecto fotovoltaico el proyecto instalado. En la Fig. 10 y Fig. 11 se muestran diferentes ángulos de cómo se vería la implementación del proyecto.



Fig. 10 Ilustración del proyecto Vista Lateral



Fig. 11 Ilustración del proyecto Vista de Planta

VI. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La planta fotovoltaica tiene una capacidad nominal de 48.6 kWp, contará con 108 paneles de 450 W y 3 inversores de 15 kW, esto permitirá abastecer la carga energética de 1 bus y 100 scooters eléctricos.

El consumo eléctrico anual de los vehículos es de 33,506 kWh y la planta generaría 58,095 kWh, es decir habría un excedente de producción de 24,589 kWh que sería inyectado a la red del campus ESPOL.

La estructura donde se ubicará el sistema de captación puede soportar la carga añadida por el peso de los paneles, sin embargo, debido a la posición en la que deben estar los módulos, fue necesario el rediseño de toda la estructura, por lo cual se propuso adicionar un marco estructural que está compuesto por canales en C de 150 x 60 x 5 mm y columnas rectangulares de 25 x 50 2 mm. El factor de seguridad mínimo estimado fue de 3.

La inversión de todo el proyecto es de \$59,925 y el ahorro anual debido a la inyección energética y disminución del consumo de diésel sería de \$2,291, de esta forma se amortizaría la deuda en 20 años, que, con relación a la vida útil indicada por el fabricante de los paneles, superior a 30 años, se tendría un ahorro posterior de \$29,833.

Un bus convencional con combustible diésel emite aproximadamente 9 tonCO₂ al ambiente es decir 1.4 veces más que un bus eléctrico cargado mediante la red eléctrica y 15.6 veces más que uno cargado mediante paneles fotovoltaicos, es decir este proyecto evitaría la emisión de aproximadamente 13,88 tonCO₂.

Finalmente, el sistema fotovoltaico propuesto basa su diseño en un enfoque de sostenibilidad energética y contribuida a los proyectos y acciones que la ESPOL actualmente está ejecutando en el marco de los ODS, además permita la transición de transporte convencional a eléctrico con el menor impacto sobre el ambiente del campus.

VII. AGRADECIMIENTOS

A departamento de Sostenibilidad de la ESPOL por su colaboración en el desarrollo del proyecto y al programa CYTED por contribuir en la elaboración del artículo

VIII. REFERENCES

- [1] Naciones Unidas, "ODS Territorio Ecuador," 9 Abril 2020. [Online]. Available: <https://odsterritorioecuador.ec/>.
- [2] REN21, "RENEWABLES 2018 GLOBAL STATUS REPORT," REN21 Secretariat, Paris, 2020.
- [3] REN21, "RENEWABLES 2021 GLOBAL STATUS REPORT," Paris, 2021.
- [4] O. E. BID, Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: Avances y oportunidades, 2017.
- [5] ONU, "Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible," New York, 2019.
- [6] MEER, "Ley Organica de Eficiencia Energetica Ecuador," Registro Oficial, Ecuador, 2019.
- [7] E. Delgado-Plaza, G. Intriago, J. Peralta-Jaramillo, P. Piedrahita and B. Velázquez-Martí, "Autonomous installations for monitoring the "Protector Prosperina" forest," *Applied Sciences*, vol. 9, no. 4034, 2019.
- [8] M. Loor, *Prospección Geotécnica de Campo Aplicada a la Construcción de la presa del Proyecto Parque del Conocimiento*, Guayaquil: ESPOL, 2010.
- [9] N. P. Criollo, A. D. Ramirez, D. A. Salas and R. Andrade, "The Role Of Higher Education Institutions Regarding Climate Change: The Case Of Escuela Superior Politécnica Del Litoral And Its Carbon Footprint In Ecuador," in *International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, Salt Lake City, 2019.
- [10] J. Peralta, E. A. G. Delgado, i. Sosa and J. Abad, "Estimation of the wind potential for the Gustavo Galindo campus of the ESPOL in the city of Guayaquil," *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, 2017.
- [11] J. A. Duffie and W. A. Beckman, *Solar engineering of thermal processes*, Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.
- [12] O. Perpiñán, *Energía Solar Fotovoltaica*, Barcelona: Creative Commons, 2020.
- [13] M. R. Patel, *Wind and solar power systems*, Boca Raton: CRC Press LLC, 2021.
- [14] ARCONEL, "PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN," 23 Diciembre 2019. [Online]. Available: <https://www.cnelep.gob.ec/pliego-tarifario-2/>.
- [15] NSCEP, "National Service Center for Environmental Publications Average Annual Emissions and Fuel Consumption for Gasoline-Fueled Passenger Cars and Light Trucks Emission Facts," 2008. [Online]. Available: <https://nepis.epa.gov>.
- [16] Comisión Técnica de determinación de Factores de Emisión de Gases de efecto invernadero [CTFE], "Factor de Emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador," 22 Junio 2020. [Online]. Available: <https://www.ambiente.gob.ec/>. [Accessed 20 Julio 2021].