



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
Powered by Arizona State University

**FACULTAD DE INGENIERIAS APLICADAS Y
DESARROLLO INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

**Análisis de Huella de Carbono de Generadores Eléctricos
del Sector Industrial en Quito con Proyección Anual**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de:

TITULO DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

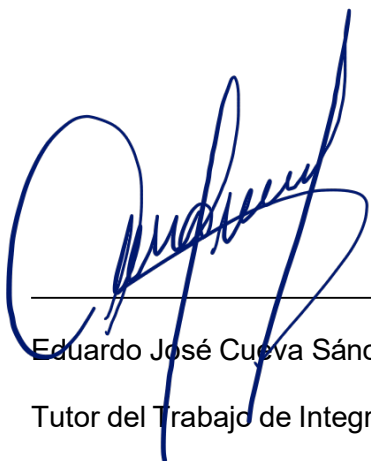
Autor: Perlaza Espinosa, César Augusto y Vásconez Lucero, Derek Gustavo

Tutor: Ing. Cueva Sánchez, Eduardo José, MSc,

QUITO
2025


Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Yo Eduardo José Cueva Sánchez, en calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular denominado: Análisis de Huella de Carbono de Generadores Eléctricos del Sector Industrial en Quito con Proyección Anual realizado por César Augusto Perlaza Espinosa y Derek Gustavo Vásconez Lucero ha sido orientado y revisado en todas sus partes y considero que cumple los requisitos establecidos por la institución. En virtud de ello doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.



Eduardo José Cueva Sánchez

Tutor del Trabajo de Integración Curricular



Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, César Augusto Perlaza Espinosa y Derek Gustavo Vásconez Lucero declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.



Autor: César Augusto Perlaza Espinosa

C.I.: 1750238063



Autor: Derek Gustavo Vásconez Lucero

C.I.: 1727316802

Yo, Ing. Eduardo Cueva, certifico que conozco a los señores CÉSAR AUGUSTO PERLAZA ESPINOSA y DEREK GUSTAVO VÁSCONEZ LUCERO, autores exclusivos de la presente investigación, siendo el represable único tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



C.I. 1722636220

Acuerdo de Confidencialidad

La Biblioteca de la Universidad Internacional del Ecuador se compromete a:

No divulgar, utilizar ni revelar a otros la información confidencial obtenida en el presente trabajo, ya sea intencionalmente o por falta de cuidado en su manejo, en forma personal o bien a través de sus empleados.

Manejar la información confidencial de la misma manera en que se maneja la información propia de carácter confidencial, la cual en ninguna circunstancia podrá estar por debajo de los estándares aceptables de debida diligencia y prudencia.

El trabajo de integración curricular es confidencial porque contiene información académica, técnica o institucional que puede incluir datos internos de la universidad o de una empresa colaboradora, así como resultados de investigaciones, diagnósticos o propuestas originales del estudiante. Mantener su carácter confidencial garantiza la protección de la información sensible, resguarda la propiedad intelectual del autor y asegura el uso adecuado de los datos, preservando la integridad y el valor académico del trabajo.

Juan Fernando Iñiguez Izquierdo

Director de la Escuela Ingeniería Automotriz

Gabriela Fernández

Gestora Cultural

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres. Ellos me dieron su apoyo incondicional y creyeron siempre en mi capacidad. También extiendo mi agradecimiento a mis dos hermanas mayores, a mi cuñado y a mi sobrina, por su cariño y aliento constante durante el desarrollo de esta investigación. Incluyo a Mocca, mi perrita, por la alegría y compañía que me dio durante esta investigación.

Por último, pero no menos importante, dedico este artículo a la ingeniería mecánica automotriz. Esta disciplina es una de mis grandes pasiones. También dedico mi trabajo a la búsqueda continua de la verdad y al avance del conocimiento científico.

César Augusto Perlaza Espinosa.

Todo lo que he logrado se lo dedico principalmente a mis padres, siendo mi apoyo y sustento en todo momento. También se lo dedico a mi hermano porque es la persona por la cual hago todo esto; siempre busco ser un ejemplo a seguir para él y que sepa que todo se puede lograr con esfuerzo, dedicación y con obviamente con el apoyo de las personas que te quieren.

Por último, este logro es para mi abuelita ya fallecida, la cual siempre me entregó todo su afecto y me quiso ver crecer como persona y como profesional.

Derek Gustavo Vásquez Lucero

Agradecimiento

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento. Este logro no habría sido posible sin el amor incondicional de mi familia. A mis padres, les doy las gracias por ser mi mayor cimiento; su confianza en mi potencial fue esencial para completar este trabajo. A mis dos hermanas mayores, a mi cuñado y a mi sobrina, les agradezco la alegría y el ánimo constante que me ofrecieron. Además, agradezco a Mocca, mi fiel perrita, cuya compañía y cariño hicieron más llevaderas las largas jornadas de investigación. Mi corazón está con todos ustedes.

César Augusto Perlaza Espinosa.

Quisiera agradecer a la Virgen Dolorosa, la cual me ha acompañado en todo este trayecto de crecimiento profesional. También estoy agradecido a la vida por darme estos papás que me han apoyado en todo y que sin el esfuerzo de ellos esto hubiese sido mucho más difícil. Obviamente agradezco a mis demás familiares por siempre estar pendientes de mí y hacerme sentir que nunca estoy solo.

Y Un agradecimiento especial a mi tía, que sin ella este artículo no se hubiese podido dar.

Un agradecimiento a la Universidad Internacional del Ecuador por ser el centro donde me pude formar como persona y profesionalmente durante estos años.

Derek Gustavo Vásconez Lucero

Índice de contenido

Carátula.....	I
Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Acuerdo de Confidencialidad	IV
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento	VI
Índice de contenido	VII
Índice de tablas.....	VIII
Índice de figuras.....	IX
Resumen.....	1
Abstract	2
Introducción	3
I. Marco Teórico	6
1.1 Hidroeléctrica.....	6
1.2 Energía Hidroeléctrica.....	6
1.3 Cortes de luz	8
1.4 Generador Eléctrico	8
1.5 Huella de Carbono.....	9
1.6 Combustibles Fósiles	9
1.7 Diesel.....	9
1.8 Consumo de Combustible	10
II. Materiales y Métodos.....	12
2.1 Materiales	12
2.2 Método bibliográfico	15
2.3 Método cuantitativo	16
III. Resultados y Discusión	16
3.1 Resultados	16
3.2 Discusión	19
Conclusiones	22
Referencias.....	23
Anexos	27

Índice de tablas

Tabla 1 Consumo de combustible diésel en generadores	11
Tabla 2 Estimación trimestral de consumo de diésel y huella de carbono por sector industrial en el DMQ.....	16
Tabla 3 Parámetros de consumo de combustible y factores de emisión según potencia del generador.....	18

Índice de figuras

Figura 1 Esquema de una central hidroeléctrica.....	6
Figura 2 Oferta de electricidad en Ecuador en época de lluvias y sequía (2024).....	6
Figura 3 Producción energética Ecuador GWh / año.....	7
Figura 4 Unidad de Negocio Coca Codo Sinclair	7
Figura 5 Generador a Diesel CAT 5,320 ekW	8
Figura 6 Programación cortes del servicio de energía eléctrica.....	12
Figura 7 Porcentajes de Huella de carbono (t CO ₂)	17
Figura 8 Parámetros operativos de generadores y comparativa del factor de emisión con la red pública	19
Figura 9 Comparativa de emisiones anuales de fuentes estacionarias (2023) frente a la generación diésel industrial emergente (Trimestre IV - 2024).....	20

Resumen

La crisis hidroeléctrica de 2024 en Ecuador forzó al sector productivo a utilizar generadores de combustión interna de forma masiva, afectando gravemente la calidad del aire urbano. Esta investigación analiza la huella de carbono de generadores eléctricos industriales en Quito para dimensionar el impacto ambiental real provocado por los apagones. El estudio cuantitativo evaluó una muestra de 770 industrias clasificadas en cinco sectores económicos principales: Alimentos y Bebidas, Metalmecánica, Química y Farmacéutica, Textiles y Madera. Se estimó el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero mediante factores estandarizados de la EPA, considerando una operación técnica al 75 % de carga nominal y los horarios oficiales de corte de luz registrados de octubre a diciembre. Se registró un consumo total de 12,916,028 galones de diésel, resultando en la emisión directa de 131,485 toneladas de CO₂. El sector de Alimentos y Bebidas lideró las emisiones con 60,324 toneladas, abarcando el 46 % del total debido a sus requerimientos críticos de refrigeración industrial. Además, se determinó que la autogeneración con diésel es seis veces más contaminante que el consumo de la red pública. Las emisiones generadas en solo este trimestre representan el 8.86 % del histórico anual de emisiones de fuentes estacionarias de Quito. Este dato confirma que la dependencia del diésel durante los estiajes provoca una carga contaminante crítica en periodos cortos, justificando la implementación inmediata de tecnologías de respaldo sostenibles para mitigar el cambio climático local.

Palabras clave: Huella de Carbono, Generadores Diésel, Crisis Energética, Emisiones CO₂, Sector Industrial.

Abstract

The 2024 hydroelectric crisis in Ecuador, driven by severe drought, forced the productive sector to rely heavily on internal combustion generators, significantly affecting urban air quality. This research analyzes the carbon footprint of industrial electric generators in Quito to accurately dimension the environmental impact caused by the power outages. The quantitative study evaluated a sample of 770 industries classified into five main economic sectors: Food, Metalworking, Chemical, Textiles, and Wood. Fuel consumption and greenhouse gas emissions were estimated using EPA standard factors, considering operation at 75% of nominal load and the official power outage schedules recorded from October to December. A total consumption of 12,916,028 gallons of diesel was recorded, resulting in the direct emission of 131,485 tons of CO₂. The Food and Beverage sector led emissions with 60,324 tons, accounting for 46% of the total due to its critical industrial refrigeration requirements. Furthermore, data showed that diesel self-generation is six times more polluting than the public grid. The emissions generated in just this quarter represent 8.86% of Quito's annual historical baseline for stationary sources. This confirms that reliance on diesel during dry seasons causes a critical pollutant load in short periods, justifying the immediate implementation of sustainable backup technologies to mitigate local climate change.

Keywords: Carbon Footprint, Diesel Generators, Energy Crisis, CO₂ Emissions, Industrial Sector.

Introducción

En 2024, Ecuador y el mundo se enfrentaron a uno de los fenómenos climáticos más intensos de las últimas décadas. La Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2024) informó que dicho año se perfilaba como el más cálido jamás registrado. En efecto, se presentó un incremento de temperatura de 0,10 °C con respecto al año anterior, que hasta entonces había sido el más cálido según los registros de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA, 2024).

La escasez de lluvias afectó gravemente al sistema energético nacional, dependiente en un 67 % de fuentes hidroeléctricas, porcentaje que puede llegar al 90 % en temporadas lluviosas, pero que durante el estiaje cayó hasta el 30 % o menos (CELEC, 2024). Ante esta situación, el presidente Daniel Noboa dispuso cortes de energía de entre cuatro y ocho horas, que en algunas zonas industriales se extendieron hasta 24 horas consecutivas (González, 2024).

Para afrontar esta crisis, el sector público y privado incrementaron el uso de generadores eléctricos a diésel, cuyos gases emitidos, según Cepeda y Hernández, magister en ecoeficiencia industrial, contribuyen significativamente al deterioro de la calidad del aire urbano (2021). Esta práctica refuerza un ciclo en el que la sequía reduce la generación hidroeléctrica, se incrementa el uso del diésel y, con ello, se agrava el cambio climático.

Ecuador construyó 14 centrales hidroeléctricas con el objetivo de alcanzar la autosuficiencia energética. Sin embargo, varias plantas no han podido operar a plena capacidad debido a problemas estructurales, lo que ha limitado su eficiencia en la generación eléctrica (PRIMICIAS, 2024).

En particular, la central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair, la más grande del país, genera 1 500 MW, lo que representa alrededor del 30 % de la energía nacional (CELEC EP, 2025). No obstante, ha sufrido afectaciones por la erosión regresiva del río Coca, lo que ha reducido su producción y puesto en riesgo su estabilidad estructural (CIE, 2020).

Juan Pablo Pesantes, ingeniero eléctrico, explicó que los apagones no deben interpretarse como restricciones de energía eléctrica, sino como medidas preventivas para

evitar mayores daños en las infraestructuras que producen electricidad. Esto evidencia que el país enfrentó una situación crítica debido al estado de varios embalses y de la infraestructura hidroeléctrica (2025).

Los gases de efecto invernadero son un hecho que van en aumento y el calentamiento global se relaciona directamente con estos. Estos gases retienen la energía e incrementan la temperatura. Las actividades humanas son la causa principal de este incremento (Rosario, 2014).

La huella de carbono mide el total de gases de efecto invernadero, los cuales provienen de una organización, producto o servicio. El cálculo requiere identificar todas las fuentes de emisión. Se mide usando toneladas de CO₂ equivalente (Paola Madeline Perez Sierra, 2018).

El proyecto tiene como objetivo general determinar la huella de carbono generada por los generadores eléctricos en el sector industrial en Quito durante la crisis energética de 2024.

Como objetivos específicos se quiere: Categorizar los modelos estándar de generadores por sector industrial según su carga instalada para precisar el cálculo de emisiones.; Evaluar el consumo de combustible y la huella de carbono de los generadores del sector industrial, mediante la estimación de carga operativa y el uso de factores de emisión estandarizados.; Analizar los horarios de racionamiento de energía eléctrica y su impacto en las horas de operación de la maquinaria.

La contaminación esta netamente relacionada con la huella de carbono y la emisión de CO₂, tomando en cuenta el riesgo que le causa al planeta y a la salud (Rosario,2014).

El aumentar la producción de CO₂ es perjudicial. Teniendo como consecuencia el cambio climático, fenómenos naturales drásticos. El aumento de temperatura en el globo terráqueo hace que se presencien sequias extremas.

La combustión de fósiles como el diésel libera GEI. Esta fuente calorífica utilizada en gran parte por generadores eléctricos. Causando un impacto ambiental al ser quemados. Conocer la huella permite medir el impacto medio ambiental (Creativo, 2025).

Un estudio reciente sobre los generadores diésel en Quito demuestra esta conexión. Durante la crisis eléctrica, el uso extendido de generadores aumentó drásticamente las emisiones. Los niveles de Dióxido de Azufre (SO₂) subieron un 180%, los niveles de Monóxido de Carbono (CO) subieron un 43.3%, y PM_{2.5} un 20%. Estos gases afectan directamente la salud humana (Zalakeviciute et al., 2024).

Este deterioro impacta directamente la salud pública. Los hallazgos sugieren riesgos respiratorios y cardiovasculares. Durante la crisis, los niveles de NO₂ excedieron las guías de la OMS. Los niveles elevados de PM_{2.5} también presentan riesgos a largo plazo. Se necesitan soluciones de energía más limpias (Pesantes, 2024).

Para dimensionar el impacto ambiental, se estableció un desglose sectorial basado en datos oficiales del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). El análisis no abarcó la totalidad de industrias, se identificaron y categorizaron las empresas en cinco sectores productivos principales: Alimentos y Bebidas, Textiles y Confección, Metalmecánica, Químicos y Farmacéutica, por último, Maderera, Papel y Gráficas.

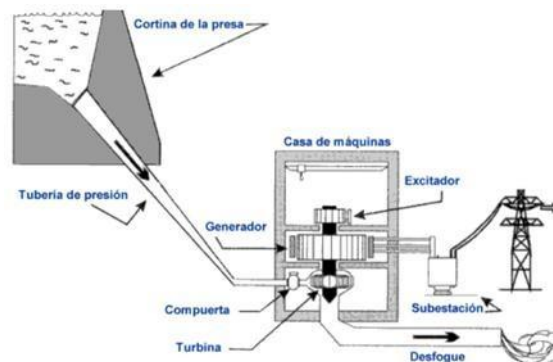
Marco Teórico

1.1 Hidroeléctrica

Una central hidroeléctrica convierte la energía potencial del agua almacenada en un embalse en electricidad, el agua desciende por una tubería forzada y mueve una turbina conectada a un generador para generar electricidad; esta agua retorna al cauce natural para cerrar el ciclo (CENTRALES HIDROELÉCTRICAS, s/f).

Figura 1

Esquema de una central hidroeléctrica



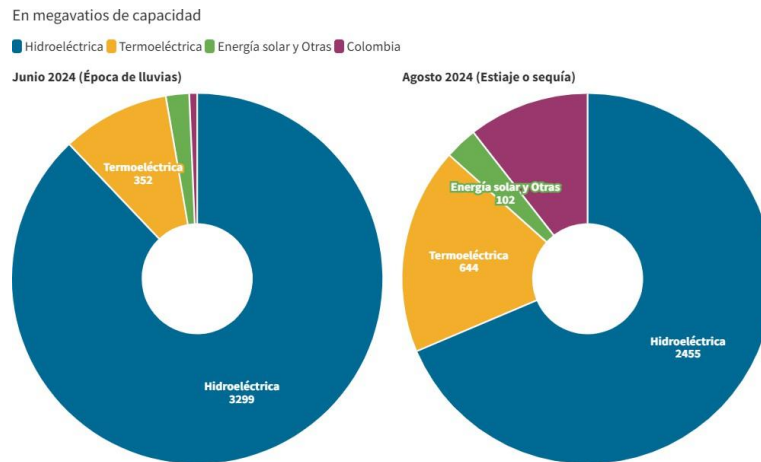
Fuente. Centrales Hidroeléctricas, (s/f).

1.2 Energía Hidroeléctrica

En Ecuador, la energía hidroeléctrica es la principal fuente de generación eléctrica y en 2021 representó el 79% de la electricidad producida (U.S. Energy Information Administration, 2023). Esta alta dependencia de los recursos hídricos hace que el país sea vulnerable a las sequías, las cuales reducen el nivel de los embalses y, con ello, la capacidad de generación. Durante estos períodos se aplicaron medidas estrictas, como cortes de luz para mantener la estabilidad del sistema.

Figura 2

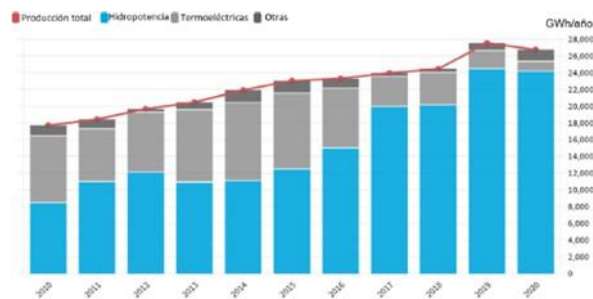
Oferta de electricidad en Ecuador en época de lluvias y sequía (2024)



Fuente. CENACE, (2024)

Figura 3

Producción energética Ecuador GWh / año.



Fuente: CELEC, (2020)

Las principales hidroeléctricas como Coca Codo Sinclair, Sopladora y Minas-San Francisco aportan más de 2.800 MW de potencia, generando alrededor del 71% de la electricidad nacional, equivalentes a 20.084 GWh anuales. Este proceso asegura un sistema energético limpio, confiable y sostenible adaptado a las necesidades industriales del país (Gustay, 2020). Por esta razón, se hizo el uso de generadores como medida alternativa a la deficiencia hídrica del país.

Figura 4

Unidad de Negocio Coca Codo Sinclair



Fuente. CELEC, (s/f)

1.3 Cortes de luz

Se implementaron cortes de luz, debido a un recrudecimiento de la crisis eléctrica en Ecuador, impulsó nuevamente la demanda de generadores eléctricos (PRIMICIAS, 2024). Estos son conocidos como plantas de luz, los cuales generan electricidad de manera independiente mediante un motor de combustión interna conectado a un generador. Su función principal es proveer energía eléctrica cuando ocurre una falla en la red pública como fue el caso de los apagones en Ecuador.

1.4 Generador Eléctrico

Los más comunes son los que usan motores diésel, ya que ofrecen mayor duración, potencia y eficiencia en comparación con otros combustibles. Según la tesis de Rodríguez (2020) del IPN, este tipo de plantas son ideales para trabajar por periodos prolongados y brindar energía de respaldo en situaciones de emergencia o demanda alta.

Figura 5

Generador a Diesel CAT 5,320 ekW



Fuente. IASA, (s/f)

1.5 Huella de Carbono

Las toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂e), son la medida ambiental de la huella de carbono (HdC). Los gases de efecto invernadero (GEI) emitidos directa o indirectamente por una actividad de fabricación de un producto durante un tiempo. La medida proporcionada por la HdC en la creación de este producto permite evaluar de manera estandarizada el impacto climático de diferentes actividades económicas y productivas.

1.6 Combustibles Fósiles

Estos gases provienen del funcionamiento de generadores impulsados por combustibles fósiles, que constituyen el principal recurso energético para la generación eléctrica industrial. A pesar del creciente impulso global hacia las energías renovables, la matriz energética mundial y la de Ecuador continúan mostrando una fuerte dependencia de los combustibles fósiles para sostener sectores económicos vitales como el transporte y la industria (Ministerio de Energía y Minas [MEM], 2021).

En el Distrito Metropolitano de Quito, esta tendencia se confirma, ya que más del 80% de las emisiones del sector energético están directamente asociadas a la quema de combustibles fósiles (Verdesoto, 2020). En el caso de los generadores eléctricos estacionarios utilizados en las industrias, el carburante utilizado es el diésel.

1.7 Diesel

Bajo un proceso térmico y químico se libera energía en forma de llama para mover o empujar un pistón de forma descendente para causar movimiento. La reacción química simplificada de la combustión completa del diésel puede expresarse como: $2C_nH_{2n} + 3nO_2 \rightleftharpoons 2nCO_2 + 2nH_2O$, donde n representa el número promedio de átomos de carbono en la molécula (Technologies, 2023).

Sin embargo, en condiciones reales de operación, la combustión rara vez es completa, especialmente en generadores diésel que pueden experimentar combustión incompleta durante arranques, paradas o funcionamiento a cargas parciales. La EPA (Agencia de Protección Ambiental) de Estados Unidos estima que, a combustión de un galón de diésel emite aproximadamente 10,180 gramos de CO₂, asumiendo una conversión total del carbono (EPA, 2024).

1.8 Consumo de Combustible

La relación entre consumo de combustible y eficiencia energética en generadores eléctricos industriales a diésel constituye un aspecto crítico para la optimización operacional y la reducción de la huella de carbono asociada a la generación distribuida de energía. Los generadores diésel alcanzan su máxima eficiencia, y por tanto su menor consumo específico de combustible (litros por kilovatio-hora, L/kWh), cuando operan a cargas altas, típicamente entre el 75% y el 80% de su capacidad (Anuvateinfratech, 2024).

A continuación, se muestra una tabla sobre la cantidad de combustible que consume un generador según su tamaño y carga.

Tabla 1

Consumo de combustible diésel en generadores

Generator Size (kW)	>1/4 Load (gal/hr)	>1/2 Load (gal/hr)	>3/4 Load (gal/hr)	>Full load (gal/hr)
20	0.6	0.9	1.3	1.6
30	1.3	1.8	2.4	2.9
40	1.6	2.3	3.2	4.0
60	1.8	2.9	3.8	4.8
75	2.4	3.4	4.6	6.4
100	2.6	4.1	5.8	7.4
125	3.1	5.0	7.1	9.1
135	3.3	5.4	7.6	9.8
150	3.6	5.9	8.4	10.9
175	4.1	6.8	9.7	12.7
200	4.7	7.7	11.0	14.4
230	5.3	8.8	12.5	16.6
250	5.7	9.5	13.6	18.0
300	6.8	11.3	16.1	21.5
350	7.9	13.1	18.7	25.1
400	8.9	14.9	21.3	28.6
500	11.0	18.5	26.4	35.7
600	13.2	22.0	31.5	42.8
750	16.3	27.4	39.3	53.4
1000	21.6	36.4	52.1	71.1
1250	26.9	45.3	65.0	88.8
1500	32.2	54.3	77.8	106.5
1750	37.5	63.2	90.7	124.2
2000	42.8	72.2	103.5	141.9
2250	48.1	81.1	116.4	159.6

Fuente. (BIGRENTZ,2022)

Materiales y Métodos

2.1 Materiales

Para determinar el tiempo de uso, se consideró un escenario de turno extendido de lunes a sábado. Se excluyeron del análisis los domingos y feriados nacionales, reduciendo el periodo de estudio a 77 días laborables efectivos.

El cálculo aplicó el promedio de cortes oficial registrado para cada mes: 12 horas diarias en octubre, 11 en noviembre y 7 en diciembre. Esta depuración permitió obtener las horas reales de funcionamiento de los generadores.

Figura 6

Programación cortes del servicio de energía eléctrica

Programación cortes del servicio de energía eléctrica		EMPRESA ELÉCTRICA QUITO	
		Lunes 14 de octubre de 2024	
		06:00 - 11:00 / 15:00 - 20:00	
RECUERDA QUE DEBIDO A LA MEJORA DE LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS, LOS CORTES DE ENERGÍA PUEDEN REDUCIRSE DENTRO DEL PERIODO DE CORTE PROGRAMADO.			
Subestaciones	Sectores		
LULUNCOTO	LA RECOLETA, PASTERIZADORA Y ALREDEDORES, CHIMBACALLE, AV. NAPO ENTRE LA PASTERIZADORA Y TIO CAJAS LADO OCCIDENTAL, CALLES RIO CHAMBO		
CHILIBULO	VIRGENPATA, GUANOJUCHO, LOS DOS PUENTES, NUEVA AURORA, LA LIBERTAD, LA LIBERTAD BAJO, YAGUACHI, JOSEFINA ENRIQUEZ, SANTA LUCIA ALTA, SANTA LUCIA BAJA, SAN DIEGO, CALLES FRANCISCO O'LEARY MILEY Y JARAMILLO, CHILIBULO LIRIOS DEL SUR, LA LORENA, COLINAS DEL SUR, CUARTEL MARISCAL SUCRE, SANTIAGO ALTO, BANDA MENCIONA, 12 DE JUNIO, SANTA BARBARA, COMBATE ENTES, MARISCAL, AV. LOS RIOS, 15 DE FEBRERO, AV. MARISCAL, SUCRE LADO OCCIDENTAL ENTRE EL CARIÑO Y CURABAMBA, CALLE JULIÁN ESTRELLA, MAGDALENA ALTA, SAN JOSÉ DE CHILIBULO, LOS LIBERTADORES, LA MAGDALENA, HERMANO MIGUEL, JESUS DEL GRAN PODER, EL PARAISO, LA UNION, CALLES ARENILLAS, JOSÉ EGASGAZA Y ZARUMA		
LA FLORESTA	AV. LA CONCHA ENTRE EL REDONDEL DE LA FLORESTA Y REDONDEL 12 DE OCTUBRE, PLAZA LINCOLN HOTEL, QUITO, AV. SORCELEZ SUÁREZ, LA FLORESTA, AV. DE LOS CONQUISTADORES, RAFAEL LEÓN LAPREA, CELIA ZALDUMBIDE, GUAPULO LA FLORESTA, CALLE MADRID ENTRE REDONDEL DE LA FLORESTA Y 12 DE OCTUBRE, LA MARISCAL, CALLES WILSON, FOCH, LIZARDO GARCÍA Y BAQUERIZO MORENO ENTRE 12 DE OCTUBRE Y 6 DE DICIEMBRE		
CRISTIANÍA	CARCELÉN ALTO, CALLE JUAN DE SELUS ENTRE ANTONIO DE CASTILLO Y GALO PLAZA, VASA, AV. GALO PLAZA (LADO OCCIDENTAL) ENTRE ANANSAVAS E INTERCAMBIADOR DE CARCELÉN, CARCELÉN ALTO, CALLE VICENTE SUAREZ, GENERAL MORALES OMARINO, CORTE DEL PRESIDENTE, AV. ELOY ALFARO (LADO ORIENTAL) ENTRE DE LOS FRESNOS Y DE LOS EUCALIPTOS, CALLE FRANCISCO DE LA TORRE Y AV. JORGE GARCÉS, AV. ELOY ALFARO (LADO ORIENTAL) ENTRE DE LAS AVELLANAS Y NIMC, CALLE CARRE, EL PORTAL DE CARRE, COLEGIO PLANETA AZUL, SANTA LUCIA BAJA, WILSON MONJE, PARKENOR, TERMINAL CARCELÉN, CALLE BARTOLOME SANCHEZ		
EPICLACHIMA	MERCADO MAYORISTA, AV. TENIENTE HUGO ORTIZ DESDE LA JUNTA HASTA EL REDONDEL DE LA MORAN VALVERDE, EDESA, TURIBAMBA, SOLANDA SECTOR 4, SOLANDA SECTOR 1, GUARAJULO, MAYORISTA DE NEGOCIOS ANDROS, UNION POPULAR, PLYWOOD, AYPESA, CALLE GUINAGINTIRAS CONDOR, AV. PEDRO VICENTE MALDONADO (LADO OCCIDENTAL) ENTRE GUANAZAN Y LAS LAJAS, MANGUARALTO ENTRE GUINAG Y PLYWOOD, SANTA ROSA DE ARGELIA, ARGELIA BAJA, LUCHA DE LOS POBRES, SAN CRISTOBAL, PUEBLO LINDO, ASISTENCIA SOCIAL, VALLE DEL SUR, SAN MARTIN, LUCHA DE LOS POBRES ALTA, GUARAJULO, GUACINTRO SUR, PARQUE LAS CUARAS, PLAZA QUITUMBE, PLASAGORRA, GUBERNAMENTAL DEL SUR, CIUDAD QUITUMBE, MUFALLACTA, QUALLALLACTA, AV. CONDOR RAN, TERMINAL TERRESTRE QUITUMBE, AV. AMARU RAN, AV. PEDRO VICENTE MALDONADO (LADO ORIENTAL) ENTRE GUANAZAN Y EL PUENTE DE GUARAJULO, ARGELIA BAJA, ARGELIA INTERMEDIA Y ARGELIA ALTA, SAN BARTOLO, CUARTE, EPICLACHIMA, SECTOR DE LAS ANTENAS, LA FORESTAL ALTA, HERIBR BUELA E, ORIENTE QUITUMBE, MIRAVALLE, CAMPO DE LOS RICAL, SAN MIGUEL DE CHACAS		

Fuente. (EEQ, 2024)

Según el Registro Estadístico de Empresas (REEM) 2023 del INEC, el Distrito Metropolitano de Quito registra 301,571 empresas activas. Para este estudio, se delimitó la población al segmento de empresas medianas y grandes, las cuales representan el 1.9% del total cantonal (aproximadamente 5,729 unidades).

Esta segmentación obedece al enfoque en generadores de capacidad industrial, excluyendo a micro y pequeñas empresas cuyo perfil energético suele depender de equipos portátiles a gasolina. Sobre este subgrupo, se aplicó el criterio de la Encuesta Estructural Empresarial (ENESEM) 2022. Esta establece que la Industria Manufacturera (CIU C) abarca el 13.5% del segmento. Al proyectar esta proporción localmente, se obtuvo una muestra final de 770 industrias con alta demanda energética.

El sector de Alimentos y Bebidas representa el 38% de la muestra total de 770 industrias. Determinamos este valor por diferencia, al restar la participación conocida de los otros cuatro sectores. Este porcentaje es consistente con la realidad local y nacional, donde dicho segmento lidera la actividad industrial a través de corporaciones clave como Pronaca, Nestlé, etc.

Se estableció una cuota del 19% para la manufactura textil y confección. El dato oficial reportaba un 15,58% específicamente para la fabricación de prendas de vestir, excluyendo las de piel. El estudio incrementó este valor en aproximadamente un 3% al integrar el subsector de manufactura de prendas de piel, logrando así una cobertura integral de la industria de la confección en la zona de análisis.

El sector metalmecánico representó el 17% de la muestra. Si bien la estadística censal indicaba un 13,22% restringido a la fabricación de productos metálicos de uso estructural, se aplicó un ajuste del 4%. Esta ampliación permitió incorporar actividades industriales complementarias, tales como procesos de mecanizado, tratamientos térmicos y manufactura de piezas no estructurales, esenciales para la evaluación técnica del sector.

Se definió una participación del 14%, correspondiente a la industria química y farmacéutica de 110 empresas. A pesar de que la provincia de Pichincha concentra el 48% de los establecimientos nacionales de esta rama, el análisis se focalizó exclusivamente en la infraestructura instalada dentro del Distrito Metropolitano de Quito. Se depuraron los datos provinciales para eliminar distorsiones generadas por zonas periféricas y reflejar la realidad productiva del cantón, donde este sector destaca por sus altos niveles de ingreso promedio por establecimiento.

Se fijó la participación del sector maderero en un 12%. El registro base asignaba un 11,54% a la fabricación de muebles. La diferencia respondió a un criterio de redondeo estadístico aplicado para facilitar el procesamiento de datos, manteniendo la representatividad de la muestra dentro de los márgenes de confianza del estudio.

Para estimar una huella de carbono del sector industrial de Quito se asignó una potencia nominal de 500 kW al sector de Alimentos y Bebidas, determinada por la carga crítica de los sistemas de refrigeración. Esta capacidad es necesaria para soportar la alta corriente de arranque de los compresores sin provocar caídas de voltaje (ASHRAE, 2022). El dimensionamiento garantiza además el respaldo continuo de la cadena de frío exigido por las normativas de seguridad (National Fire Protection Association [NFPA], 2023).

Se fijaron 450 kW para el sector Químico-Farmacéutico debido al alto consumo constante de sus sistemas de ventilación y climatización, vitales para mantener el ambiente estéril (ISPE, 2021). En la Metalmecánica se usaron 400 kW para soportar los picos de corriente y el ruido eléctrico que provocan las soldadoras y prensas al arrancar (IEEE, 2014).

Por último, se asignaron 300 kW al sector Textil porque gran parte de su maquinaria opera al mismo tiempo y sin pausas (IEEE, 2020). Para el sector Maderero se usaron 250 kW, ya que sus sierras trabajan por ciclos (cortan y paran), dejando como única carga fija los extractores de aserrín (NFPA, 2020).

Una vez determinados los valores correspondientes a los generadores de cada sector industrial, se calculó la huella de carbono según la Tabla 1, la cual establece el consumo de combustible diésel en función del nivel de carga del generador. Para ello, se utilizó el factor de emisión de CO₂ del diésel y el consumo de combustible registrado durante los períodos de racionamiento eléctrico. La obtención de las emisiones totales, expresadas en toneladas de CO₂-eq, se realizó conforme a la expresión que se presenta a continuación:

$$E_d = (C \times f_{CO_2}) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

C = consumo del diésel en galones

fCO₂ = el factor de emisión del CO₂ del diésel es 10.18×10^{-3} [t CO₂/gal], (EPA, 2019)

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ generadas por cada generador en una hora de operación, se multiplicó el consumo horario de combustible por el factor de emisión del diésel, obteniendo así la cantidad de emisiones producidas en dicho intervalo de tiempo.

Con el fin de determinar las emisiones de CO₂ expresadas en toneladas por cada kWh generado, se empleó una fórmula que divide las emisiones horarias de CO₂ (t CO₂/h) entre el producto de la potencia nominal del generador (kW) y el porcentaje de carga en el que opera el equipo, como se muestra en la ecuación 2:

$$t \text{ CO}_2 = \frac{\text{Emisiones toneladas CO}_2 \text{ hora}}{\text{Potencia nominal} \times 75\%} \quad \text{Ec. 2}$$

Se utilizó un factor de carga del 75 % porque corresponde a un punto de operación cercano a la máxima eficiencia de los generadores diésel. La eficiencia de combustible de un generador diésel mejora cuando funciona en un rango de carga entre el 70 % y el 80 % de su capacidad nominal, ya que en este intervalo se optimiza la combustión y se reduce el consumo específico de combustible (Diesel Generator Efficiency & Fuel Consumption, s. f.).

2.2 Método bibliográfico

De manera metódica, se empleó este estudio para poder fundamentar la problemática analizada, mediante la revisión bibliográfica y análisis de investigaciones de la misma huella de carbono.

En esta investigación, se usaron repositorios, artículos científicos, datos cuantitativos y técnicos extraídos de la literatura científica, datos cuantitativos y contextuales extraídos de las narrativas de los medios locales. Se realizó una búsqueda sistemática en bases de datos primarias (Scopus, Web of Science) y complementarias como Google Académico. Cabe recalcar que los artículos tienen una publicación de máximo 5 años. En cuanto al contexto

local, se recopiló de “Primicias”, “Cómo Vamos en entorno económico Y empresarial”, “PLAN DE ACCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DE QUITO”, “Ecuavisa”, “Quito Informa”, “Empresa Eléctrica Quito”, que ayudaron a formar un marco conceptual bien estructurado, teniendo contexto y bases sólidas para el desarrollo del mismo tema tratado en todo el paper.

2.3 Método cuantitativo

El método cuantitativo se aplica mediante la operación de la variable dependiente huella de carbono (toneladas de CO₂) y de las independientes: tiempo de operaciones de los generadores, consumo del diésel del generador y horarios de corte de luz en Quito.

Con estos datos se obtiene la huella de carbono siguiendo factores de emisión reconocidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

Resultados y Discusión

3.1 Resultados

La siguiente tabla detalla el cálculo de emisiones y consumo energético para una muestra representativa de 770 industrias en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Los datos se agrupan en cinco ramas de actividad económica. Se consideró una potencia promedio validada para cada sector y un régimen de trabajo de los generadores al 75% de su carga nominal.

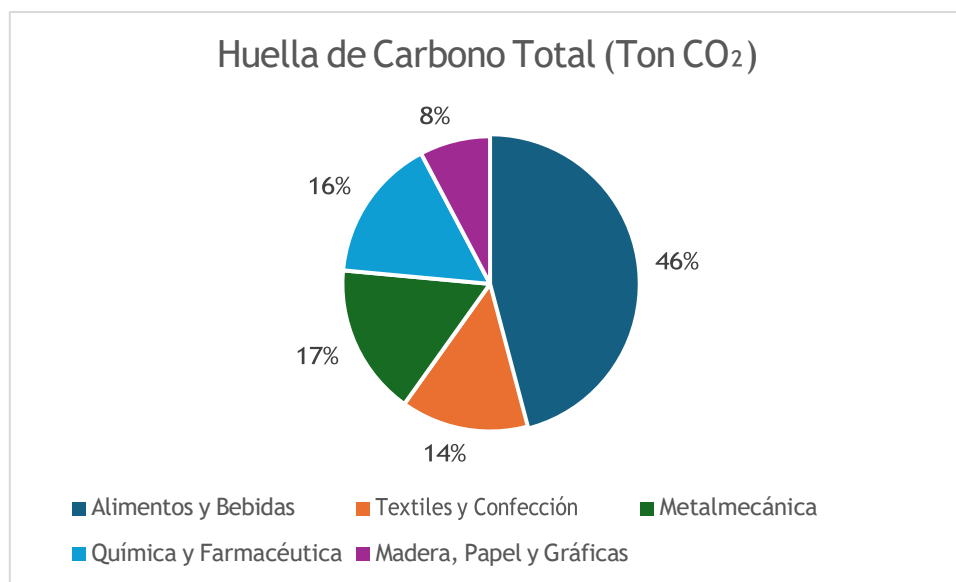
Tabla 2

Estimación trimestral de consumo de diésel y huella de carbono por sector industrial en el DMQ

Sector Industrial (Rama de Actividad)	N.º Industrias (Grandes)	Potencia Promedio Validada (kW)	Consumo Diesel 75% Carga (gal/hr)	Consumo Trimestral Total (Galones)	Huella de Carbono Total (Ton CO ₂)
Alimentos y Bebidas	290	500	26.4	5,925,744	60,324
Textiles y Confección	145	300	16.1	1,806,903	18,394
Metalmecánica	130	400	21.3	2,143,206	21,818
Química y Farmacéutica	110	450	23.96	2,040,167	20,769
Madera, Papel y Gráficas	95	250	13.6	1,000,008	10,180
TOTAL (Muestra DMQ)	770	---	---	12,916,028	131,485

Figura 7

Porcentajes de Huella de carbono (t CO₂)



Los resultados muestran que el sector de Alimentos y Bebidas representa la mayor carga ambiental de la muestra. Con 290 industrias y una potencia promedio de 500 kW, este grupo acumula el 46% de la HdC, alcanzando las 60,324 toneladas de CO₂.

En segundo lugar, el sector Metalmecánica genera 21,818 toneladas de CO₂, seguido de cerca por la industria Química y Farmacéutica. Por el contrario, el sector de Madera, Papel y Gráficas registra los valores más bajos, con una huella de 10,180 toneladas.

En términos globales, las 770 industrias analizadas demandaron un total de 12,916,028 galones de diésel durante el trimestre. Esto resultó en una emisión conjunta de 131,485 toneladas de CO₂ equivalente liberadas a la atmósfera.

A continuación, se detallan las características operativas de los generadores seleccionados para el estudio. La tabla relaciona la potencia validada con el consumo de diésel bajo un régimen de carga del 75%, así como las emisiones resultantes calculadas por hora de funcionamiento y por unidad de energía generada.

Tabla 3

Parámetros de consumo de combustible y factores de emisión según potencia del generador

Potencia Promedio Validada (kW)	Consumo Diesel 75% Carga (gal/hr)	Emisiones (t CO ₂ /hr)	Emisiones (t CO ₂ /kWh)
500	26.4	0.27	0.00072
300	16.1	0.16	0.00073
400	21.3	0.22	0.00072
450	23.96	0.24	0.00072
250	13.6	0.14	0.00074

Los datos muestran un incremento proporcional en el consumo de combustible y las emisiones horarias conforme aumenta la potencia del generador. El equipo de mayor capacidad (500 kW) registra el consumo más alto con 26.4 gal/hr y una emisión de 0.27 t CO₂/hr. En contraste, el generador de 250 kW presenta los valores más bajos, consumiendo 13.6 gal/hr y emitiendo 0.14 t CO₂/hr.

Respecto a la columna de emisiones por energía producida (t CO₂/kWh), los valores presentan una variación mínima. El rango oscila entre 0.00072 para los equipos de mayor

potencia y 0.00074 para el de menor capacidad, lo que indica una relación de emisiones por kilovatio casi constante entre los distintos modelos.

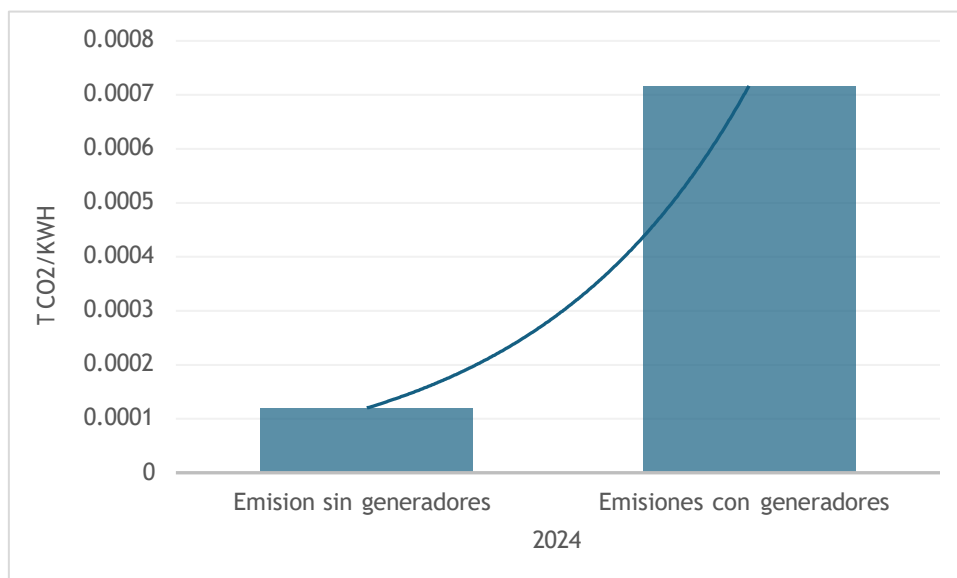
3.2 Discusión

El estudio determinó factores de emisión para los generadores industriales que oscilan entre 0.72 y 0.74 kg CO₂/kWh (0.00072 - 0.00074 t CO₂/kWh). Estos valores se validan al contrastarlos con los estándares internacionales del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), los cuales establecen un factor de emisión por defecto de 74,100 kg/TJ para el diésel estacionario, lo que equivale aproximadamente a 0.268 kg CO₂/kWh térmico, y al considerar la eficiencia típica de un motor de combustión interna (35-40%), el resultado de emisiones efectivas se alinea con el rango de 0.7 a 0.8 kg CO₂/kWh calculado en esta investigación.

Al comparar estos datos con la red eléctrica pública, el impacto ambiental de la autogeneración es significativamente mayor. Según el informe de ARCONEL (2023), el factor de emisión promedio del Sistema Nacional Interconectado (SNI) fue de 0.000120 t CO₂/kWh (0.12 kg CO₂/kWh), debido a la predominancia de la hidroelectricidad.

Figura 8

Parámetros operativos de generadores y comparativa del factor de emisión con la red pública

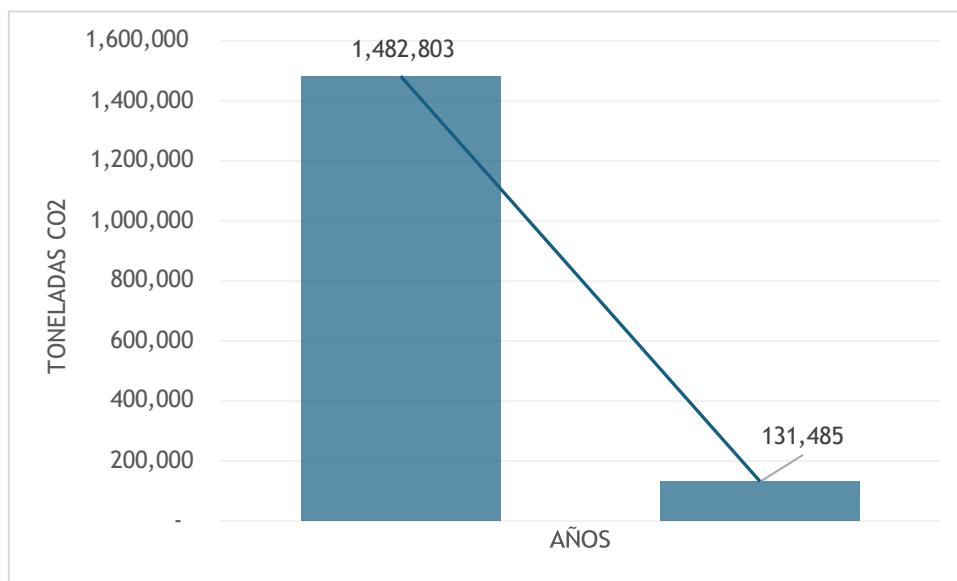


Esto indica que producir energía con los generadores diésel de la muestra estudiada es aproximadamente seis veces más contaminante que consumir energía de la red pública en condiciones normales.

La siguiente gráfica contextualiza el impacto de los generadores estudiados frente al histórico de emisiones de la ciudad. Se contrasta el total de CO₂ emitido por toda la categoría de "Energía Estacionaria" en el Distrito Metropolitano de Quito durante el año 2023, con la huella de carbono específica calculada para la muestra industrial durante los tres meses de crisis energética en 2024.

Figura 9

Comparativa de emisiones anuales de fuentes estacionarias (2023) frente a la generación diésel industrial emergente (Trimestre IV - 2024)



La barra izquierda representa la línea base de emisiones estacionarias (industrias, edificios y hogares) acumulada en un año típico, alcanzando un total de 1,482,803 toneladas de CO₂. La barra derecha ilustra el aporte de las 770 industrias analizadas utilizando generadores diésel, con un valor de 131,485 toneladas de CO₂.

Aunque el segundo valor corresponde a un periodo de operación de solo tres meses (octubre a diciembre), representa el 8.86% del total anual histórico de emisiones estacionarias de la ciudad. Esto indica que, en un corto lapso, la autogeneración industrial alcanzó casi la décima parte de lo que la ciudad suele emitir por fuentes fijas en un año completo.

Conclusiones

El estudio determinó que la huella de carbono generada por una muestra de 770 industrias en Quito alcanzó las 131,485 toneladas de CO₂ equivalente durante el último trimestre de 2024, derivado de un consumo total de 12,916,028 galones de diésel. El análisis identificó que el sector de Alimentos y Bebidas fue el mayor emisor, acumulando el 46 % de la huella total debido a la alta demanda de potencia requerida para sostener sus cadenas de frío y procesos productivos continuos.

Las toneladas de CO₂ emitidas en el trimestre de crisis equivalen al 8.86 % del total anual histórico del 2023 en Quito. Este hallazgo confirma que solo en tres meses de racionamiento, se liberó casi la décima parte de la contaminación que la ciudad emite habitualmente en un año completo de operación.

Esta investigación proporciona datos cuantitativos que justifican la urgencia de implementar sistemas de respaldo más limpios y políticas de mitigación específicas para enfrentar futuros periodos de estiaje.

Referencias

ASHRAE. (2022). ASHRAE handbook: Refrigeration. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. <https://www.ashrae.org/technical-resources/ashrae-handbook/2022-ashrae-handbook-refrigeration>

Blue Diamond. (s. f.). Diesel Generator Fuel Consumption Guide. <https://www.bluedm.com.au/blog/diesel-generator-fuel-consumption-guide/>

CELEC EP. (11 de septiembre de 2025). Coca Codo Sinclair vuelve a operar con su capacidad total de 1.500 MW. <https://www.celec.gob.ec/cocacodo>

CELEC EP. (2025). Unidad de Negocio Coca Codo Sinclair. <https://www.celec.gob.ec/cocacodo>

CENTRALES HIDROELÉCTRICAS. (s. f.). Centrales hidroeléctricas [Documento PDF]. file:///C:/Users/User/Downloads/Centrales%20hidroelectricas.pdf (Nota: Esta es una ruta de archivo local. Reemplázala con un enlace público si el documento está en línea).

Centro de Investigaciones Energéticas (CIE). (2020). Coca Codo Sinclair: Erosión regresiva del río Coca. CIE. <https://www.energia.org.ec/docs/coca-codo-erosion-regresiva.pdf>

Cepeda Robinson, M. I., & Hernández, T. (2021). Evaluación de la calidad de aire de la ciudad de Guayaquil por la acción de las emisiones de fuentes fijas, mediante monitoreo ambiental estratégico. ESPOL. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52219>

Corporación Financiera Nacional B.P. (2023). Ficha Sectorial: Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales. Subgerencia de Análisis de Productos y Servicios. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-4-trimestre/Ficha-Sectorial-Farmaceutico.pdf>

Creativo. (2025, 20 octubre). Reducir emisiones en grupos electrógenos diésel. Genesal Energy. <https://genesalenergy.com/comunicacion/articulos/tecnologias-avanzadas-para-reducir-emisiones-en-grupos-electrogenos-diesel/>

Dev, D. W. (2025, 14 marzo). How Efficient are Diesel Generators? Vital Power. <https://vitalpower.co.uk/diesel-generators/how-efficient-are-diesel-generators/>

Diesel generator efficiency & fuel consumption. (s. f.). Depco Power Systems. https://www.depco.com/faq/diesel-generator-efficiency/?utm_source

Emelogu, C., Nwankwo, C., Nwakamma, E., & Emelogu, N. (2022). Quantification of Diesel Generator Emissions at Federal University of Technology Owerri Campus. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(22), 14870. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9663606>

Gonzales, M. (8 de noviembre de 2024). 24 horas de cortes de luz prevé la Empresa Eléctrica Quito en sectores industriales. Primicias. <https://www.primicias.ec/economia/cortes-luz-empresa-electrica-quito-industria-10al14noviembre-82968>

Guastay Cajo, W. E. (2020). El uso de la energía hidráulica para la generación de energía eléctrica como estrategia para el desarrollo industrial en el Ecuador. Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4066/1/Washington%20Eduardo%20Guastay%20Cajo.pdf>

IASA Ecuador. (2024). Generadores diésel Caterpillar. <https://iasaglobal.com/ecuador/generadores-caterpillar/generadores-diesel-caterpillar>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 2 – Energy, Capítulo 2: Combustión estacionaria. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol2.html>

Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2020). IEEE recommended practice for motor protection in industrial and commercial power systems (IEEE Std 3004.8-2020). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7930540>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2024). Directorio de empresas y establecimientos (DIEE) 2023: Boletín técnico. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Registro_Empresas_Establecimientos/2023/Semestre_I/Boletin_REEM_2023.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2011). Resultados Censo Nacional Económico [Presentación]. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/CENEC/Presentaciones_por_ciudades/Presentacion_Quito.pdf#:~:text=11%2C72%25%207%2C42%25%20Fabricaci%C3%B3n%20de%20muebles.%20Fabricaci%C3%B3n%20de%20productos%20met%C3%A1licos%20para%20uso%20estructural

ISPE. (2021). ISPE good practice guide: Heating, ventilation, and air conditioning (HVAC). International Society for Pharmaceutical Engineering. <https://es.scribd.com/document/963744767/ISPE-HVAC>

Mavesa, G. (2025, 8 septiembre). VIDEO HINO FC CAMIÓN [Vídeo]. <https://hinomavesa.com.ec/serie-500/fc9jj7a>

Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2023). Plan Maestro de Electricidad. CELEC EP. <https://www.celec.gob.ec/wp-content/uploads/2023/02/Plan-Maestro-de-Electricidad.pdf>

NOAA National Centers for Environmental Information. (2025). Evaluación del clima global en 2024. NOAA. <https://www.ncei.noaa.gov/news/clima-global-202413>

Organización Meteorológica Mundial. (9 de enero de 2025). La Organización Meteorológica Mundial confirma que 2024 fue el año más cálido jamás registrado al superar en cerca de 1,55 °C los niveles preindustriales. <https://wmo.int/es/news/media-centre/la-organizacion-meteorologica-mundial-confirma-que-2024-fue-el-ano-mas-calido-jamas-registrado-al>

Pesantes, J. P. (18 de septiembre de 2025). ¿Mantenimiento preventivo o crisis estructural en el sector eléctrico? Diario Correo.

<https://diariocorreo.com.ec/103353/ciudad/mantenimiento-preventivo-o-crisis-estructural-en-el-sector-electrico>

Pesantes, K. (2024, 6 noviembre). Generadores eléctricos llenan el aire de Quito de azufre y monóxido de carbono, alerta investigación. Primicias. <https://www.primicias.ec/ciencia-tecnologia/generadores-electricos-quito-azufre-monoxido-carbono-cortes-luz-82757/>

Primicias. (1 de septiembre de 2024). Cae generación de las hidroeléctricas en Ecuador y sube el costoso uso de generadores a diésel. <https://www.primicias.ec/economia/cae-generacion-hidroelectricas-ecuador-y-sube-costoso-aporte-colombia-77834>

Primicias. (24 de septiembre de 2024). Si Ecuador construyó 14 hidroeléctricas en una década, ¿por qué no logra abastecer la demanda? <https://www.primicias.ec/economia/cortes-luz-crisis-ecuador-hidroelectricas-apagones-79647>

Quito Cómo Vamos. (2024). Cómo vamos en entorno económico y empresarial 2024. https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2025/02/10Factsheet_Economia2025.pdf

Rodríguez, M. A. (2020). Selección y operación eficiente de plantas eléctricas diésel para respaldo y emergencia. Instituto Politécnico Nacional. <https://pirhua.udel.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/45d380e5-7a8f-44fa-bea6-3eaa30176071/content>

Secretaría del ambiente. (2023) PLAN DE ACCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DE QUITO 2025. PACQ. https://ambiente.quito.gob.ec/wp-content/uploads/2025/09/2025_09_17_PACQ_2025_FINAL.pdf

Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. (2024). Ranking empresarial: Sector manufacturero de Pichincha 2023. <https://www.tfcsmart.com/rankings/sector/manufactura/pichincha/top-100-por-utilidad-2023>

Terán, P. (2024, 30 octubre). ¿Qué efectos tiene el uso de generadores eléctricos en la calidad del aire? Ecuador Chequea. <https://ecuadorchequea.com/que-efectos-tiene-el-uso-de-generadores-electricos-en-la-calidad-del-aire/>

Technologies, D. (2023, 19 julio). The Effects of Internal Combustion Engines on the Environment. Delta-Q Technologies. <https://delta-q.com/industry-news/the-effects-of-internal-combustion-engines-on-the-environment/>

U.S. Energy Information Administration. (1 de agosto de 2024). El suministro de electricidad generada por energía hidroeléctrica y solar se redujo debido a condiciones de sequía en Ecuador. <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=60442>

U.S. Environmental Protection Agency. (2016). Greenhouse Gas Inventory Guidance: Direct Emissions and Indirect Emissions. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>

US EPA. (2024, 2 diciembre). Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero - Cálculos y referencias. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculadora-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero-calculos>

Volumen de un cilindro horizontal. (s. f.). Disfruta Las Matemáticas. <https://www.disfrutalasmaticas.com/geometria/cilindro-horizontal-volumen.html>

Welcome Anuvate Infratech. (s. f.). Understanding Diesel Generator Efficiency. Anuvate Infratech. <https://www.anuvateinfratech.com/understanding-diesel-generator-efficiency>

Anexos

Anexo A. Programación de los cortes del servicio de energía eléctrica de octubre en 2024

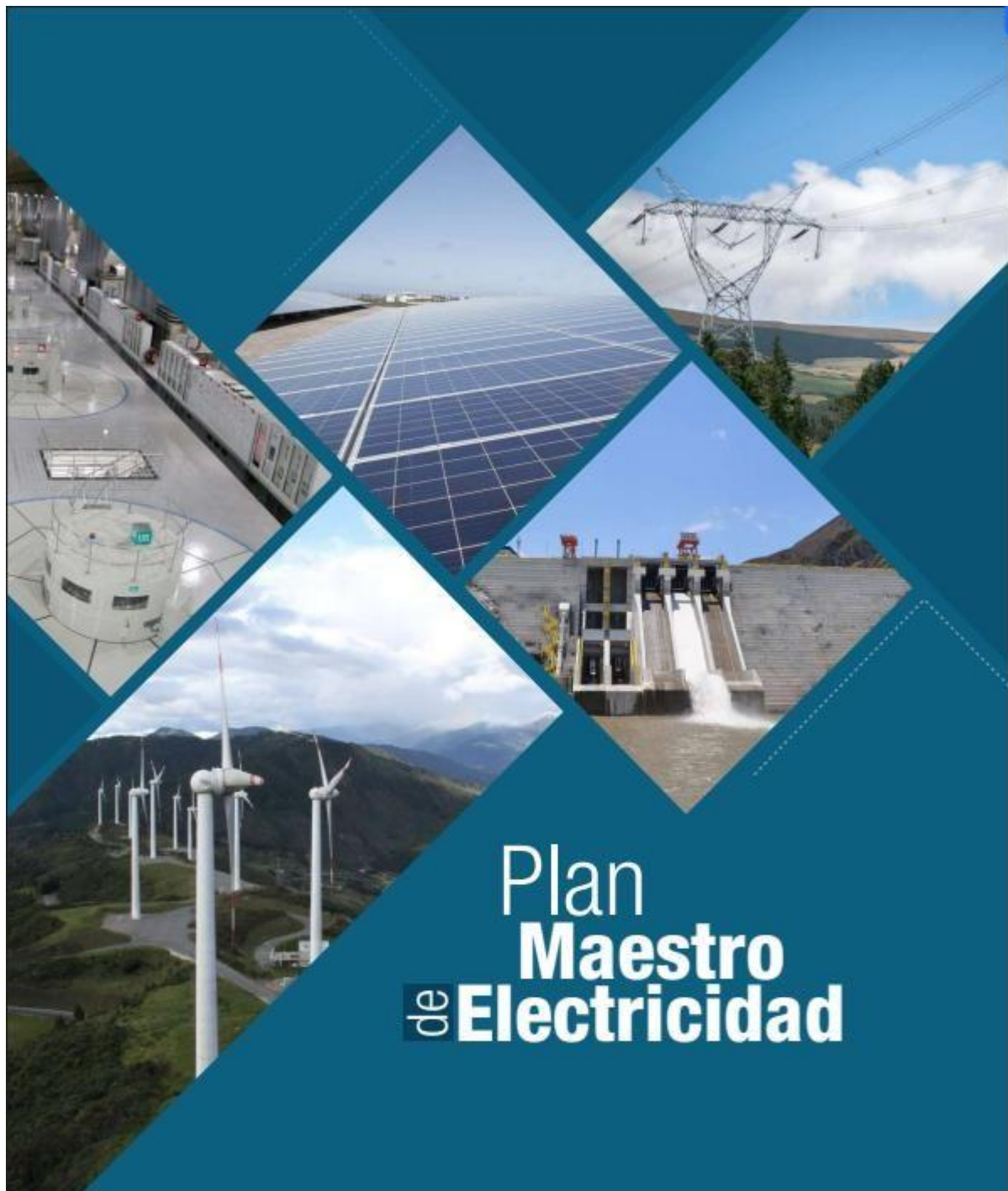
Subestaciones	Sectores
LULUNCOTO	LA RECOLETA, PASTEURIZADORA Y ALREDEDORES CHIMBACALLE, AV NAPO ENTRE LA PAUSTERIZADORA Y TÍO CAJAS LADO OCCIDENTAL, CALLES RÍO CHAMBO
CHILIBULO	VIRGENPATA, GUANOJUCHO, LOS DOS PUENTES, NUEVA AURORA, LA LIBERTAD, LA LIBERTAD BAJO, YAGUACHI, JOSEFINA ENRÍQUEZ, SANTA LUCÍA ALTA, SANTA LUCÍA BAJA, SAN DIEGO, CALLES FRANCISCO O'LEARY MILLER Y JARAMILLO, CHILIBULO, LIRIOS DEL SUR, LA LORENA, COLINAS DEL SUR, CUARTEL, MARISCAL SUCRE, SANTIAGO, SANTIAGO ALTO, BANDA MUNICIPAL, 10 DE JUNIO, SANTA BARBARA, COMBATIENTES, MARISCAL, AYACUCHO, 5 DE FEBRERO, AV, MARISCAL SUCRE LADO OCCIDENTAL, ENTRE EL CANELO Y CUSUBAMBA, CALLE JULIÁN ESTRELLA, MAGDALENA ALTA, SAN JOSÉ DE CHILIBULO, LOS LIBERTADORES, LA MAGDALENA, HERMANO MIGUEL, JESÚS DEL GRAN PODER, EL PARAISO, LA UNION, CALLES ARENILLAS, JOSÉ EGUSQUIZA Y ZARUMA
MIRAFLORES	CALLES BOLIVIA ENTRE RITTER Y AV. UNIVERSITARIA, ENRIQUE RITTER (LADO ORIENTAL), AV. LA GASCA ENTRE RITTER Y MENESES, UNIVERSIDAD CENTRAL SECTOR OCCIDENTAL, MIRAFLORES, ANTIGUO HOSPITAL MILITAR, PARQUE MATOVELLE, SAN JUAN, LA BASÍLICA
LA FLORESTA	LA FLORESTA, CALLE MADRID ENTRE REDONDEL DE LA FLORESTA Y 12 DE OCTUBRE, LA MARISCAL, CALLES WILSON, FOCH, LIZARDO GARCÍA Y BAQUERIZO MORENO ENTRE 12 DE OCTUBRE Y 6 DE DICIEMBRE, UNIVERSIDAD CATÓLICA, CALLES ROCA, CABRÓN, VEINTIMILLA ENTRE 12 DE OCTUBRE Y 6 DE DICIEMBRE AV. LA CORUÑA ENTRE EL REDONDEL DE LA FLORESTA Y REDONDEL 12 DE OCTUBRE, PLAZA LINCOLN, HOTEL QUITO, AV. GONZÁLEZ SUÁREZ AV. DE LOS CONQUISTADORES, RAFAEL LEÓN LARREA, CELIA ZALDUMBIDE, GUAPULO
RÍO COCA	URB. 6 DE DICIEMBRE, EL INCA, JIPIAPA, ISLA PINZÓN, AV. 6 DE DICIEMBRE ENTRE GASPAR DE VILLAROEI Y RÍO COCA CONDOMINIOS EL INCA, ISLA MARCHENA, LA LIDIA, LAS BROMELIAS, AV. DE LOS GRANADOS ENTRE 6 DE DICIEMBRE Y ELOY ALFARO, MONTESERRIN, CALLE DE LOS NARANJOS, DE LAS ALONDRAS PIO VALDIVIEZO, AV. 6 DE DICIEMBRE (LADO ORIENTAL) ENTRE RÍO COCA Y PIO VALDIVIEZO, AV. EL INCA ENTRE AMAZONAS E ISLA SEYMUR, AV. GALO PLAZA (LADO ORIENTAL) ENTRE REDONDEL DEL LABRADOR Y JOSÉ RAFAEL BUSTAMANTE SAN JOSÉ DEL INCA, CALLE DE LOS VIÑEDOS, JOAQUÍN SUMAITA, DAMMER 1, EL MORLAN, CALLE DE LOS GUABOS
CRISTIANÍA	CONSEJO JUDICIAL CARCELÉN ALTO, CALLE JUAN DE SELS ENTRE ANTONIO DE CASTILLO Y GALO PLAZA, IASA, AV. GALO PLAZA (LADO OCCIDENTAL) ENTRE ANANSAYAS E INTERCAMBIADOR DE CARCELÉN, CARCELÉN ALTO, CALLE VICENTE DÍJQUE, GENERAL MOTORS OMBIBUS, COMITÉ DEL PUEBLO, AV. ELOY ALFARO (LADO ORIENTAL) ENTRE DE LOS PRESNOS Y DE LOS EUCALIPTOS, CALLE FRANCISCO DE LA TORRE Y AV. JORGE GARCÉS, AV. ELOY ALFARO (LADO ORIENTAL) ENTRE DE LAS AVELLANAS Y N74C, CALLE CAPRI, EL PORTAL DE CAPRI, COLEGIO PLANETA AZUL, SANTA LUCÍA BAJA, WILSON MONJE, PARKENOR, TERMINAL CARCELÉN, CALLE BARTOLOMÉ SANCHEZ
EPICLACHIMA	GUAJALÓ, QUICENTRO SUR, PARQUE LAS CUADRAS, PLAZA QUITUMBE, PLATAFORMA GUBERNAMENTAL DEL SUR, CIUDAD QUITUMBE, MUVULLACTA, QUILLALLACTA, AV. CONDOR NAN, TERMINAL TERRESTRE QUITUMBE, AV. AMARU NAN, AV. PEDRO VICENTE MALDONADO (LADO ORIENTAL) ENTRE GUANAZAN Y EL PUENTE DE GUAJALÓ, GUAJALÓ, MAYORISTA DE NEGOCIOS ANDINOS, UNIÓN POPULAR, PLYWOOD, AYMESA, CALLE QUIMIAG, PINTURAS CONDOR, AV. PEDRO VICENTE MALDONADO (LADO OCCIDENTAL) ENTRE GUANAZAN Y LAS LAJAS, MANGLARALTO ENTRE QUIMIAG Y PLYWOOD, ARGELIA, ARGELIA BAJA, ARGELIA INTERMEDIA Y ARGELIA ALTA, SAN BARTOLO, CUARTEL EPICLACHIMA, SECTOR DE LAS ANTENAS, LA FORESTAL ALTA, HIERBA BUENA 2, ORIENTE QUITENO, MIRAVALLE, CAMINO DE LOS INCAS, SAN MIGUEL DE CHACHAS
CONOCOTO	LA ARMENIA, SAN VIRGLIO, GUANGOPOLO, LA TOGLLA, SORIALOMA, UNIVERSIDAD INTERNACIONAL, RUMILOMA, AUTOPISTA GENERAL RUMINAHUJI (LADO ORIENTAL) ENTRE PUENTE 5 Y PUENTE 2, CALLES CHARLES DARWIN, SEBASTIÁN DE BENALCÁZAR PUENGASÍ, SAN JOSÉ DE MONAJAS, AUTOPISTA GENERAL RUMINAHUJI (LADO ORIENTAL) ENTRE PUENTE 5 Y AV. SIMÓN BOLÍVAR, AV. SIMÓN BOLÍVAR DESDE EL CAMINO DE LOS INCAS HASTA LA ENTRADA A LA UNIVERSIDAD INTERNACIONAL
TUMBACO	TUMBACO CALLE ROSA ZARATE DESDE NORBERTO SALAZAR HASTA AV. OSWALDO GUAYASAMÍN; AV. OSWALDO GUAYASAMÍN ENTRE ROSA ZARATE Y ITM; TOLA GRANDE; TOLA CHICA; AV. INTEROCEÁNICA ENTRE EL REDONDEL DE LA RUTA VIVA Y AVENIDA WILSON; WILSON; EL ANDRANGO; VÍA PIFO EL QUINCHE DESDE AV. INTEROCEÁNICA HASTA EL PARQUE OYAMBARILLO; URB. LA MANCHA; LA FLORIDA DE CHANTAG; FLORES DEL VALLE; SAN FRANCISCO; LA LIBERTAD DE PUEMBO, CENTRO DE TUMBACO, LA MORITA 2, LA CERÁMICA, CHIVIGUÍ, PLAZAPAMBA, SAN FRANCISCO DE LA TOLA GRANDE, LA TOLA CHICA, EL ARENAL, AV. OSWALDO GUAYASAMÍN (LADO NORTE) ENTRE LA CALLE EL SAUCE Y JOSÉ VINUEZA, AV. OSWALDO GUAYASAMÍN (LADO SUR) ENTRE LA CERÁMICA Y AURELIO ESPINOZA, CUMBAYA SECTORES MENESES PALLARES, EL AROMITO, LOS EUCALIPTOS, PILLAGUA; SAN FRANCISCO DE CHUROLOMA; CAIZÁN; SAN JOSÉ DE COLLAQUI; ALBAN; LAS PEÑAS, AUCUÍ CHICO; LA VIÑA; TOLAGASI; LA PRIMAVERA; SAN ANTONIO; LA DOLOROSA; CUNUYACU; LA MUELA; PACHOSALAS; LEOPOLDO CHÁVEZ; RUMIHUAYCO; URB. LOMAS DE CUMBAYÁ; LUMBISI; AV. RUTA VIVA ENTRE CALLE DE LOS LIRIOS Y CARCHI; AV. OSWALDO GUAYASAMÍN (LADO SUR) ENTRE AV. FLORENCIA Y LA CERÁMICA, LAS VIÑAS; SANTA ROSA; URB. SANTA ROSA; CALLE AURELIO DÁVILA CAJAS; SAN PEDRO DEL CHICHE; CHICHE OBRAJE; NUEVA ANDALUCÍA; CENTRO DE PUEMBO; QUINTA LA PAZ; MANGAHUANTAG; ARRAYANES COUNTRY CLUB; BUENA ESPERANZA, EL CHAGUIÑAN, SCALA SHOPPING, HOSPITAL DE LOS VALLES, ARRAYANES

**Viernes 04 al domingo 06
de octubre de 2024**

04:00 - 08:00 / 18:00 - 19:00

RECUERDA QUE DEBIDO A LA MEJORA DE LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS, LOS CORTES DE ENERGÍA PUEDEN REDUCIRSE DENTRO DEL PERIODO DE CORTE PROGRAMADO.

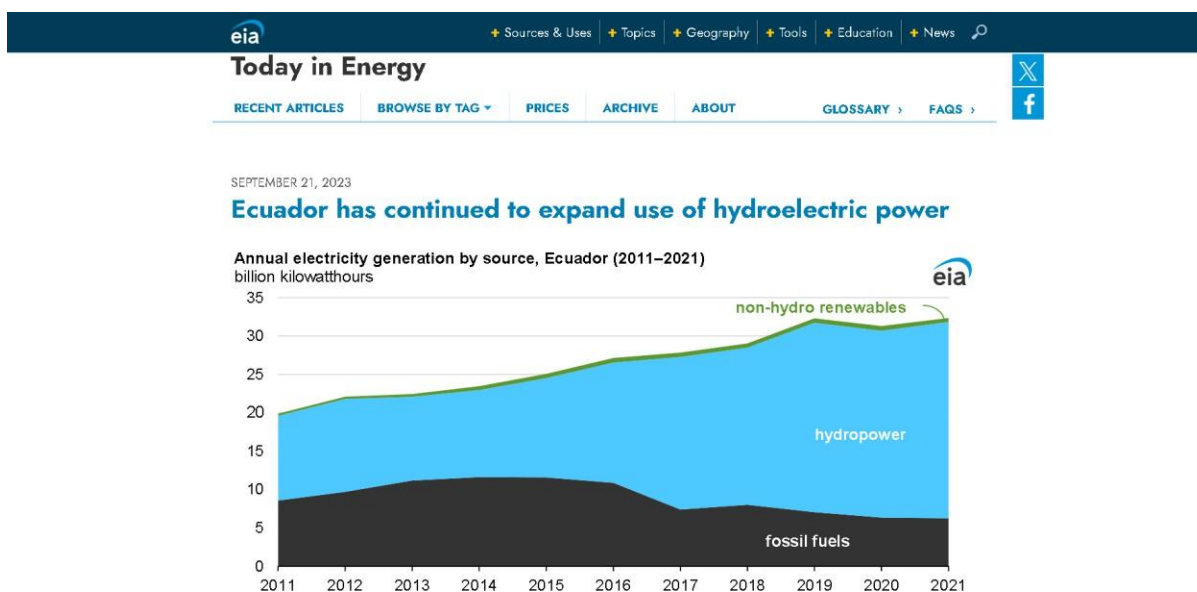
Anexo B. Plan maestro de electricidad



MINISTERIO DE
ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES
NO RENOVABLES



Anexo C. Uso de energía Hidroeléctrica en Ecuador (2011-2021)



Anexo D: Erosión del Río Coca afecta a la central Coca Codo Sinclair

CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN ENERGÉTICA, CIE

EROSIÓN RETROCEDENTE CASCADA DE SAN RAFAEL

COCA CODO erosión regresiva VERSIÓN II 2020 05 15

**CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN
ENERGÉTICA, C.I.E.**

**EL PROCESO DE EROSIÓN REGRESIVA DE LA CASCADA DE SAN
RAFAEL Y LAS IMPLICACIONES SOBRE LOS DEPÓSITOS DE AGUAS
ARRIBA y LAS OBRAS EXISTENTES.**

Autor: Vladimir Játiva Sevilla
Quito, 2020 05 15

Anexo E. Evaluación de la calidad del aire de Guayaquil



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Evaluación de la calidad de aire de la ciudad de Guayaquil por
la acción de las emisiones de fuentes fijas, mediante el uso del
modelo de dispersión AERMOD”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL

Presentada por:

**Miriam Isabel Cepeda Robinson
Tomás Edinson Hernández Paredes**

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

Anexo F. La Organización Meteorológica Mundial confirma que 2024 fue el año más cálido jamás registrado al superar en cerca de 1,55 °C los niveles preindustriales



عربي 中文 English Français Русский Español

Q Buscar en

[Acercas de la OMM](#) [Actividades](#) [Temas](#) [Noticias](#) [Recursos](#) [Comunidad](#)

[Inicio](#) / La Organización Meteorológica Mundial confirma que 2024 fue el año más cálido jamás registrado al superar en cerca de 1,55 °C...

La Organización Meteorológica Mundial confirma que 2024 fue el año más cálido jamás registrado al superar en cerca de 1,55 °C los niveles preindustriales

● COMUNICADO DE PRENSA

10 de enero de 2025

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) ha confirmado que 2024 fue el año más cálido del que se tiene constancia, según seis conjuntos de datos internacionales. En una excepcional concatenación de récords de temperatura, los últimos diez años han sido los diez años más cálidos jamás registrados.

Anexo G. Annual Carbon Footprint From Local Electricity Generation in Federal University of Technology, Owerri, Imo State, Nigeria

Annual Carbon Footprint From Local Electricity Generation in Federal University of Technology, Owerri, Imo State, Nigeria

[Chijioke M Amakom](#) [Oluwasogo A Ogunbenro](#), [I. I.](#), and [Joseph Okoye](#) [View all authors and affiliations](#)

[All Articles](#) | <https://doi.org/10.1177/11786302221136732>

[Contents](#) | [PDF/EPUB](#) | [Cite](#) | [Share options](#) | [Information, rights and permissions](#) | [Metrics and citations](#) | [Figures and tables](#)

Abstract

The carbon di-oxide (CO₂) emissions emanating from the consumption of fossil fuels for generation of electric power in order to sustain the smooth running of activities at the Federal University of Technology, Owerri (FUTO) has been investigated. With appropriate emission factors and the amount of fuel consumption by the generators per annum, the annual CO₂ emissions from both diesel and PMS operated electricity generators were estimated. This emission amounted to ~1460.20 tons of CO₂ per annum with the institution's diesel generators accounting for ~59%. The several gasoline generating sets scattered across the institution accounts for ~31% of the total CO₂ emission. From literature, the result of this study shows that FUTO is one of the highest carbon emitters amongst other institutions where such studies have been carried out. There is a crucial need to control pollution and diversify into renewable sources of energy so as to reduce the carbon footprint emanating from generating power for the institution's use.

Similar articles:

[Restricted access](#)

[Waste-to-energy incineration plants as greenhouse gas reducers: A case study of seven Japanese metropolises](#)

[Show Details](#) ▾

[Free access](#)

[Electric Vehicles, Biofuels, and Transitions in Transportation Energy](#)

Anexo F. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

TABLE 2.2 DEFAULT EMISSION FACTORS FOR STATIONARY COMBUSTION IN THE ENERGY INDUSTRIES (kg of greenhouse gas per TJ on a Net Calorific Basis)										
Fuel	CO ₂			CH ₄			N ₂ O			
	Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	Upper	
Crude Oil	73 300	71 100	75 500	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
Orimulsion	r 77 000	69 300	85 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
Natural Gas Liquids	r 64 200	58 300	70 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
Gasoline	Motor Gasoline	r 69 300	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Aviation Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Jet Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Jet Kerosene	r 71 500	69 700	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
Other Kerosene	71 900	70 800	73 700	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
Shale Oil	73 300	67 800	79 200	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
Gas/Diesel Oil	74 100	72 600	74 800	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
Residual Fuel Oil	77 400	75 500	78 800	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
Liquefied Petroleum Gases	63 100	61 600	65 600	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3	
Ethane	61 600	56 500	68 600	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3	
Naphtha	73 300	69 300	76 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
Bitumen	80 700	73 000	89 900	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
Lubricants	73 300	71 900	75 200	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
Petroleum Coke	r 97 500	82 900	115 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
Refinery Feedstocks	73 300	68 900	76 600	r 3	1	10	0.6	0.2	2	
Other Oil	Refinery Gas	n 57 600	48 200	69 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Paraffin Waxes	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	White Spirit and SBP	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Other Petroleum Products	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Anthracite	98 300	94 600	101 000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5	
Coking Coal	94 600	87 300	101 000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5	
Other Bituminous Coal	94 600	89 500	99 700	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5	
Sub-Bituminous Coal	96 100	92 800	100 000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5	
Lignite	101 000	90 900	115 000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5	
Oil Shale and Tar Sands	107 000	90 200	125 000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5	
Brown Coal Briquettes	97 500	87 300	109 000	n 1	0.3	3	r 1.5	0.5	5	
Patent Fuel	97 500	87 300	109 000	1	0.3	3	n 1.5	0.5	5	
Coke	Coke Oven Coke and Lignite Coke	r 107 000	95 700	119 000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
	Gas Coke	r 107 000	95 700	119 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Coal Tar	n 80 700	68 200	95 300	n 1	0.3	3	r 1.5	0.5	5	
Derived Gases	Gas Works Gas	n 44 400	37 300	54 100	n 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Coke Oven Gas	n 44 400	37 300	54 100	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Blast Furnace Gas	n 260 000	219 000	308 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Oxygen Steel Furnace Gas	n 182 000	145 000	202 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Natural Gas	56 100	54 300	58 300	1	0.3	3	0.1	0.03	0.3	

Anexo G. Ficha Sectorial Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales
Subgerencia de Análisis de Productos y Servicios





QUITO 
cómo vamos
5 años

CÓMO VAMOS EN
**ENTORNO ECONÓMICO
Y EMPRESARIAL 2024**

Anexo I. PLAN DE ACCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DE QUITO 2025 Resumen Ejecutivo



Anexo J. Libro sobre Centrales Hidroeléctricas

1
CENTRALES HIDROELECTRICAS

CENTRALES HIDROELECTRICAS

1.1 ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

El agua proveniente de la evaporación de los océanos, además de servir para otros fines, tales como riego, limpieza, enfriamiento, consumo etc. , que lo convierten en un líquido vital para los seres humanos, se utiliza también para accionar máquinas giratorias llamadas turbinas, que a su vez mueven generadores que transforman la energía mecánica en energía eléctrica.

Las plantas hidroeléctricas aprovechan los caudales y caídas de agua. Todo comienza cuando el sol calienta las masas de agua, de su evaporación se forman nubes y eventualmente lluvia que fluye a través de caudalosos ríos. El agua en estos ríos tiene una enorme cantidad de energía mecánica potencial, y para aprovechar esta energía se seleccionan cauces de ríos que tienen algunas características importantes que incluyen amplio caudal de agua y diferencias importantes de altura en corta distancia.

El ciclo hidrológico continua con la formación de arroyuelos y ríos que descienden desde las montañas a las llanuras y mar, completándose de esta manera el ciclo termodinámico (caldera: sol; condensador: atmósfera). En este recorrido del agua de los ríos es posible aprovechar parte de la energía que posee y obtener trabajo útil, que de otra manera se perdería en rozamientos. En efecto en un punto determinado del río el agua posee energía cinética y energía potencial; la primera es pequeña comparada con la segunda, ya que raramente excede los 20 J/kg, mientras que la energía potencial puede superar los 3000 J/kg.

CICLO HIDROLOGICO DEL AGUA

Anexo K. Excel Resultados horas, consumo, huella de carbono y emisiones CO2 por kwh generado.

Sector Industrial (rama de actividad)	Nº Industrias (Mediana/Grandes)	Potencia Promedio (Mediana/Grandes) (kW)	Consumo Diest 75% Carga (gal/h)	Consumo Trimestral Total (Galones)	Huella de Carbono Total (Ton CO ₂)	Huella de Carbono Total (Ton CO ₂) %
Alimentos y Bebidas	290	500	82.4	5,526,744	60,324	46
Tenidos y Confección	145	300	16.1	1,006,903	10,354	14
Metalmecánica	100	400	21.3	2,142,256	23,068	17
Química y Farmacéutica	100	400	23.96	2,040,167	20,769	16
Madera, Papel y Gráfico	95	250	13.6	1,000,000	10,180	8
TOTAL Industria (M)	770	---	---	12,916,070	131,485	---

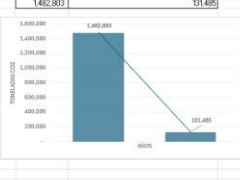
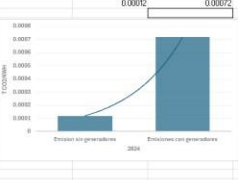
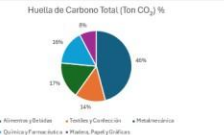
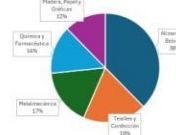
Mes	Días Totales	Días "Muertos" (Feriados/Domingos)	Días Operativos	Horas Corte Promedio	Horas Operativas
Octubre	31	4 (Domingos)	27 días	15 h	342 h
Noviembre	30	5 (Feriado Día Intol/Cuencas + Domingo)	25 días	11 h	275 h
Diciembre	31	5 (Feriados Quin. Navidad, Fin de Año + Día)	26 días	11 h	286 h
TOTAL	92	14 días inactivos	77 días	---	774 Horas

Consumo Promedio (gal/h)	Consumo Diest 75% Carga (gal/h)	Emissiones (t CO ₂ /h)	Emissiones (t CO ₂ /año)
500	26.4	0.27	0.00072
300	16.1	0.16	0.00052
400	21.3	0.22	0.00072
450	23.96	0.24	0.00072
200	13.6	0.14	0.00054

Mes	Promedio Diario (Horas)
Octubre	12 Horas
Noviembre	11 Horas
Diciembre	17 Horas

Mes	Emissiones sin generadores (t CO ₂)	Emissiones con generadores (t CO ₂)
2023	0.00012	0.00072
2024	1,482,803	131,485

Metric	Value
6.740.014	123,566.92
8.333333333	43,828.39
525,940.67	



Anexo L. Impact of City-Wide Diesel Generator Use on Air Quality in Quito, Ecuador, during a Nationwide Electricity Crisis



Article

Impact of City-Wide Diesel Generator Use on Air Quality in Quito, Ecuador, during a Nationwide Electricity Crisis

Rasa Zalakeviciute ^{1,*}, Valeria Diaz ² and Yves Rybarczyk ³

¹ Grupo de Biodiversidad Medio Ambiente y Salud (BIOMAS), Universidad de Las Américas UDLA, Quito 170124, Ecuador

² Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, Quito 170138, Ecuador; maria.diaz@quito.gob.ec

³ School of Information and Engineering, Dalarna University, 78189 Borlänge, Sweden; yry@du.se

* Correspondence: rasa.zalakeviciute@udla.edu.ec

Abstract: As climate change intensifies and 2023 sets the record for the hottest year, the Amazonian region faces severe drought, leading to a hydroelectricity crisis. This study examines the effects of using environmentally harmful backup power solutions, which are all too common in developing countries—specifically, diesel-powered generators—on urban air quality in Quito, Ecuador, during the hydroelectric crisis of 2023/2024. The impact of the blackouts on air pollution is assessed by comparing it to a reference period before the crisis and to an earlier year with similar weather conditions. The findings indicate that extended blackouts (up to 8 h per day) considerably increased concentrations of SO₂ (180%), CO (43%), NO₂ (39%), and PM_{2.5} (20%) compared to ‘normal’ conditions. Conversely, O₃ pollution levels decreased (−6%). Our findings suggest potential respiratory and cardiovascular health risks for the urban population, highlighting the urgent need for improved energy infrastructure and cleaner backup power solutions in the developing world. Addressing these challenges is critical for ensuring a healthier and more sustainable urban future amidst climate change projections.

Keywords: urban air pollution; electricity crisis; diesel generators; power blackouts



Citation: Zalakeviciute, R.; Diaz, V.; Rybarczyk, Y. Impact of City-Wide Diesel Generator Use on Air Quality in Quito, Ecuador, during a Nationwide Electricity Crisis. *Atmosphere* **2024**, *15*, 1192. <https://doi.org/10.3390/atmos15101192>

Academic Editor: Daniele Contini

Received: 2 June 2024

Revised: 3 September 2024

Accepted: 26 September 2024

Published: 5 October 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

When the World Meteorological Organization (WMO) announces 2023 as the hottest year on record [1], an extraordinary drought in the Amazon River basin adds to the extensive list of negative effects of anthropogenic climate change [2]. The severity of this drought has been heightened by the El Niño phenomenon, which typically reduces rainfall and increases temperatures in the region. This has led to record low levels in the Amazon River and its basin, disrupting transportation, communities, wildlife, and crucially, hydroelectric power production. In countries like Brazil (80% dependency), Colombia (79%), Venezuela (68%), Bolivia (32%), and Peru and Ecuador (55%), hydroelectricity is a key power source, leading to power shortages starting in June 2023 and stretching well into April 2024 [2,3].

Human activities, responsible for climate change, also contribute to toxic global air pollution, posing risks to both the environment and public health. According to the World Health Organization (WHO), air pollution causes about 7 million premature deaths each year, with 88% of those deaths occurring in low- and middle-income countries due to weaker air quality regulations [4–7]. Toxic air pollution primarily originates from the combustion of fossil fuels in industries, transportation, and energy production [8]. The primary global source of air pollution is energy and heat production [9], underscoring the global urgency to shift towards renewable energy sources like hydroelectricity. However, hydroelectric power depends on a reliable water supply, which is increasingly threatened by changing climatic conditions. Furthermore, climate change is expected to increase the frequency and intensity of extreme weather events such as droughts, heavy rainfall, floods,

Distrito Metropolitano de Quito



Plan de Acción de Cambio Climático de Quito

PACQ 2020

Anexo N. DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, SEDE QUITO, CAMPUS SUR.

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:

**DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA SALESIANA, SEDE QUITO, CAMPUS SUR.**

AUTORES:

FERNANDO JONATHAN DÁVILA COLLAGUAZO

DANIEL SANTIAGO VARELA ROSARIO

DIRECTOR:

RICHARD JACHSON VILCHES MORENO

Quito, marzo del 2014

Universidad San Francisco de Quito USFQ



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO

Resumen Ejecutivo - Cuantificación de Huella Carbono USFQ 2022

Elaborado por:	El logo de la USFQ SMART CAMPUS muestra las letras "USFQ" en un tipo de letra serif, con un dragón rojo que se integra con la letra "S". A la derecha, las palabras "SMART CAMPUS" están escritas en un tipo de letra sans-serif.
Oficina de Sostenibilidad-Smart Campus	
Fecha: Julio 2023	

Anexo O. GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN



Anexo P. Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono en puertos

Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono en puertos

Versión abril 2025

Documento elaborado con el apoyo de:



Anexo Q. Estimation of Carbon Footprints from Diesel Generator Emissions

2012 International Conference in Green and Ubiquitous Technology

Estimation of Carbon Footprints from Diesel Generator Emissions

Abdul Qayoom Jakhrani

Faculty of Engineering, Universiti Malaysia Sarawak,
Kota Samarahan, Sarawak, Malaysia
e-mail: aqunimas@hotmail.com

Al-Khalid Othman

Faculty of Engineering, Universiti Malaysia Sarawak,
Kota Samarahan, Sarawak, Malaysia
e-mail: okhalid@feng.unimas.my

Andrew Ragai Henry Rigit

Faculty of Engineering, Universiti Malaysia Sarawak,
Kota Samarahan, Sarawak, Malaysia
e-mail: arigit@feng.unimas.my

Saleem Raza Samo

Faculty of Engineering, Quaid-e-Awam University of
Engineering, Science and Technology, Nawabshah,
Sindh, Pakistan
e-mail: sfaizsamo@yahoo.com

Shakeel Ahmed Kamboh

Faculty of Computer Science and Information Technology, Universiti Malaysia Sarawak,
Kota Samarahan, Sarawak, Malaysia
e-mail: shakeel.maths@yahoo.com

Abstract—The aim of this paper is to estimate the amount of carbon footprints emitted from diesel generators in terms of carbon dioxide. A constant load demand of 1.05 kW per hour (6.3 kW/day) with six hours of operation of a diesel generator per day was selected for this analysis. The fuel consumption rate and carbon footprints in terms of carbon dioxide (CO₂) were determined. It was discovered that emission of carbon footprints increased by five folds as emission factor was increased from 1kg to 5 kgCO₂/liter. Similarly, the increment of a single kW rated power diesel generator at a constant emission factor increases 1.1 to 1.2 times carbon footprint emissions. It is revealed that the efficiency of diesel generator is inversely proportional to its rated power, fuel consumption rate and CO₂ emissions. Therefore, the rated power of selected diesel generator should be close to the required load demand.

Keywords—carbon footprints; carbon dioxide emissions; diesel generator; fuel consumption rate

I. INTRODUCTION

The diesel generators are the most widely used as small electrical power generating units in off-grid locations in the world due to their low capital costs [1]. Sarawak Electricity Supply Corporation (SESCO) producing 68 MW power from small diesel generating units for supply of electricity in rural communities living in remote locations from national grid. However, diesel engines release many hazardous air contaminants and greenhouse gases (GHG) including particulate matter (diesel soot and aerosols), carbon monoxide, carbon dioxide and oxides of nitrogen. Particulate matters are largely elemental and organic carbon soot, coated by gaseous organic substances such as formaldehyde and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) which are highly toxic [2]. In 2001, the mortality due to diesel soot exposure was at least 14400 people out of 82 million people living in Germany [3]. The total amount of greenhouse gases (GHGs)

emitted by any system to support human activities directly and indirectly is termed as carbon footprint [4]. It is difficult to get all required data for every particular greenhouse gas emissions due to technical and monitoring problems. Therefore, for simplicity, it is often expressed in terms of the amount of carbon dioxide (CO₂) emitted [5]. The best way is to calculate the carbon dioxide emissions is based on the amount of fuel consumption by diesel generator [6]. Carbon content of fuels slightly varies, but typically the average carbon content values to estimate CO₂ emissions could be adapted [7]. The consumption of one liter diesel emits around 2.7kg of CO₂ [8]. However, the number of kg of CO₂ produced per liter of fuel consumed by the diesel generator depends upon the characteristics of the diesel generator and of the characteristics of the fuel, and it is usually falls in the range of 2.4–2.8 kg/l [6]. Carbon footprints can also be expressed in kg carbon rather than kg carbon dioxide [9]. It can be converted from kg carbon to kg carbon dioxide by multiplying with a factor 0.27 (i.e. 1000 kg CO₂ equals 270 kg carbon). The emission factor considered for a diesel generator was 1.27 kg CO₂/kWh [6], 3.15 kgCO₂/l [10] and 3.50 kgCO₂/l [11].

In remote areas, the diesel generators can be replaced by SAPV power producing units. The SAPV units are environmental friendly as did not produce any greenhouse gases which cause global warming [12-13]. The users can adapt the system capacity up to the desired level due to their modularity and expandability [14-17]. Additionally, the manufacturing cost of PV cell per watt has been dropped and its daylight-to-power conversion efficiency has also been increased [18-19]. It is estimated that by 2050, photovoltaic systems will provide around 11% of global electricity production and avoid 2.3 gigatonnes of CO₂ emissions per year [20]. PV production has been increasing by an average

978-1-4577-2171-7/12/\$26.00 ©2011 IEEE

Anexo R. GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

*GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE
EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO
(GEI)*

Versión de marzo de 2011



Generalitat de Catalunya
Comisión Interdepartamental
del Cambio Climático



Oficina Catalana
del Canvi Climàtic

Anexo S. BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL 2021

BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL 2021

Refinería Shushufindi
Sucumbios - Ecuador

Ministerio de Energía y Minas

CAPÍTULO
1 Energía, sociedad y ambiente

