



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL**



**CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO<sub>2</sub>**  
**DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE**  
**PUBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO**

**TESIS PRESENTADA POR**  
**OSCAR LUIS ANGLÉS CANLLA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE**  
**DOCTOR EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**JULIACA – PERÚ**  
**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO<sub>2</sub>**  
**DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE**  
**PUBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO**

**TESIS PRESENTADA POR:**  
**OSCAR LUIS ANGLÉS CANLLA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE**  
**DOCTOR EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**APROBADA POR EL JURADO:**

**PRESIDENTE DE JURADO**

:

  
Dr. JUAN BENITES NORIEGA

**PRIMER MIEMBRO**

:

  
Dr. RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERON

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
Dr. RICHARD CONDORI CRUZ

**ASESOR DE TESIS**

:

  
Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

:

CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P68



TESIS UANCV



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**ESCUELA DE POSGRADO**



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
 "OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



**RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 351-2024-D-EPG-UANCV/J**

Juliaca, 09 de octubre del 2024

**VISTOS:**

El expediente N° 2024-09862 presentado por el (a) Mgtr. **ANGLES CANLLA OSCAR LUIS**, con número de DNI. **29537850** y con número de matrícula **131680011**, del **DOCTORADO** en **INGENIERIA AMBIENTAL**, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" de la Sede Central Juliaca.

**CONSIDERANDO:**

**Que**, el (a) Mgtr. **ANGLES CANLLA OSCAR LUIS**, con número de DNI. **29537850**, asignado (a) con número de matrícula **131680011**, del **DOCTORADO EN INGENIERIA AMBIENTAL** de la Escuela de Posgrado, ha solicitado fecha, hora y modalidad de sustentación, de la Tesis titulada: **CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO2 DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PUBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P68** y;

Que, el (a) referido (a) Dictamen de Tesis aprobado por los jurados el 27 de junio del 2023. Establece la fecha de sustentación; habiendo para el efecto cumplido los requisitos establecidos en el reglamento para la Obtención del Grado Académico de Magíster/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV;

Que, en el Artículo 66 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de Tesis de Postgrado es un trabajo de investigación original y crítico, de actualidad y de alto valor científico;

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el Art. 76 del Estatuto Universitario;

**SE RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO. - DECLARAR EXPEDITO** para la Sustentación de la Tesis titulado: **CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO2 DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PUBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO** Elaborado por el (la) Mgtr. **ANGLES CANLLA OSCAR LUIS**. Integrado por los siguientes docentes:

Presidente del Jurado	:	Dr. JUAN BENITES NORIEGA
Miembro del Jurado	:	Dr. RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERON
Miembro del Jurado	:	Dr. RICHARD CONDORI CRUZ
Asesor de Tesis	:	Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

**ARTÍCULO SEGUNDO. -** El proceso de la Sustentación de la Tesis en mención, se llevará a cabo:

Fecha	:	Martes 15 de octubre del 2024
Hora	:	09:00 a.m.
Lugar	:	Aula N° 310 EPG - UANCV-JULIACA

A cuya finalización el Jurado registrará los resultados en el Libro de Actas de Sustentación de Tesis de Doctorado con el grado de **DOCTOR** aprobado en la ley Universitaria N° **30220**.

**ARTÍCULO TERCERO. -** Elévese la presente Resolución al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo y Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento.

Regístrese, comuníquese y Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 ESCUELA DE POSGRADO

Dr. Leopoldo Hincapié Condori Carr  
 DIRECTOR (e)

Cc./Archiv. EPG (01)  
 Interesado (01)  
 Cargo (01)  
 Jurados (03)  
 Asesor (01)  
 Expediente (01)  
 LWC/otm



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**ESCUELA DE POSGRADO**



**RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0340-2024-USA-EPG/UANCV**

Juliaca, 22 de Abril del 2024

**VISTOS:**

El expediente N°. 04893, Presentado por el (a) Mgr. **OSCAR LUIS ANGLÉS CANLLA**, con número de DNI **29537850** y con Código de matrícula N.° **131680011**, quien solicita cambio del **ASESOR** del Proyecto de Tesis titulado: **CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO2 DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO** Líneas de Investigación: **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL -P68**, Para optar el Grado Académico de **DOCTOR** en **INGENIERÍA AMBIENTAL** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez", de la Sede Central Juliaca.

**CONSIDERANDO:**

Que, mediante expediente No. 04893, el Mgr. **OSCAR LUIS ANGLÉS CANLLA**, solicita cambio del **ASESOR** de la tesis titulada: **CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO2 DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO** Aprobado con Resolución Directoral N.° 0493-2022-USA-EPG/UANCV, de fecha 05 de Setiembre del 2022, en el que se le asignó como Asesor al Dr. Carlos Manuel Rodríguez San Román, el mismo que se cambia por no tener vínculo laboral con la UANCV.

Que, el referido Dictamen de Tesis fue aprobado por los jurados el 10 de Junio del 2022, registrado en el Folio N° 664 del Libro de Registro de Proyectos de Investigación de Maestría, establece que se encuentra apto para ser desarrollado a lo establecido en el reglamento de Grado de Investigación conducente al Grado Académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" de Juliaca;

Que, en el Reglamento General de la escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de Tesis de Posgrado es un trabajo de investigación original y crítico de actualidad y de alto valor científico.

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "j" del artículo 17 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el Art. 76 del Estatuto Universitario;

**SE RESUELVE:**

**PRIMERO.- ACEPTAR EL CAMBIO DEL ASESOR**, para su revisión de la Tesis titulada: **CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO2 DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO** presentado por el (a) Mgr. **OSCAR LUIS ANGLÉS CANLLA**, del doctorado en: **INGENIERÍA AMBIENTAL**, conformado por los siguientes docentes:

- Presidente : Dr. **JUAN BENITES NORIEGA**
- Primer Miembro : Dr. **RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERON**
- Segundo Miembro : Dr. **RICHARD CONDORI CRUZ**
- Asesor : Dr. **RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI**

**SEGUNDO- AUTORIZAR** el desarrollo de Tesis, de acuerdo al Reglamento de Investigación conducente al Grado Académico de **DOCTOR** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

**TERCERO.- ELEVAR** al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo y Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento, así como a la Oficina de Economía, para cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese y Archívese

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
ESCUELA DE POSGRADO  
DIRECCIÓN  
JULIACA - PERÚ  
Dr. Leopoldo Wenceslao Condori Cari  
DIRECTOR (s)

Cc./CARGO (01)  
ARCHIVO EPG - 2024 (01)  
INTERESADO (01)  
LWCO(e)/VRCH



TESIS UANCV



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



# UNIVERSIDAD ANDINA

## "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

### ESCUELA DE POSGRADO



#### RESOLUCION DIRECTORAL N° 0493 -2022 - USA-EPG/UANCV

05 de setiembre del 2022.

#### VISTOS:

El expediente N° 036357, de fecha 14 de junio del 2022, presentado por el (la) **MAGISTER ANGLÉS CANLLA OSCAR LUIS**, con DNI N° 29537850, código de matrícula 131680011, quien solicita resolución de aprobación de proyecto de tesis titulado: **CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO2 DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO**, Línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P68**, para optar el grado de: **DOCTOR EN INGENIERÍA AMBIENTAL**, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez **Sede Central Juliaca**.

#### CONSIDERANDO:

Que, en el Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de tesis de Posgrado es un trabajo de investigación original y crítico de actualidad de alto valor científico.

Que, según Resolución N° 0555-2019-UANCV-CU-R, de fecha 08 de noviembre del 2019, se aprueba el Reglamento para la obtención del grado académico de Magister, Maestro, Doctor y Titulación de los Programas de Segunda Especialidad Profesional de la Escuela de Posgrado.

Que, el **Art. 17**, establece que la aprobación del proyecto de investigación de tesis para la obtención de grados académicos de Magister/Maestro, Doctor se inicia con la presentación del proyecto de investigación de tesis según corresponda, en forma individual y conforme a las recomendaciones de la Escuela de Posgrado y estándares de la investigación científica, tecnológica y humanística.

Que, el **Art. 60**, señala que la fecha límite para la presentación del borrador de tesis es de 02 años contados, desde la emisión de la resolución de aprobación del proyecto de tesis, vencido el plazo máximo el candidato a magíster, maestro o doctor deberá presentar un nuevo proyecto de investigación de tesis.

Que, el **Art. 21**, establece que el Director de la Escuela de Posgrado y el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, nominarán por sorteo a 03 docentes miembros del comité de investigación.

Que, mediante oficio circular N° 429-2020-USA-EPG/UANCV-J, de fecha 19 de mayo del 2022, se nombra al Comité de Investigación del proyecto de tesis conformado por los siguientes docentes:

Presidente : **Dr. JUAN BENITES NORIEGA**  
Primer miembro : **Dr. RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERON**  
Segundo miembro : **Dr. RICHARD CONDORI CRUZ**

Que, con registro N° 664, de fecha 10 de junio del 2022, el Comité de Investigación del proyecto de tesis titulado: **CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO2 DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO** presentado por el (la) **MAGISTER ANGLÉS CANLLA OSCAR LUIS**, cumple con los lineamientos y contenidos establecidos en reglamento de grado de investigación conducentes al grado académico de Magíster/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV,

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "j" del artículo 17 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado y en el artículo 76 del Estatuto Universitario;

#### SE RESUELVE:

**PRIMERO: APROBAR**, el Proyecto de investigación de Tesis de doctorado y **AUTORIZAR** el desarrollo de la Tesis, titulado: **CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO2 DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO**, presentado por el (la) **MAGISTER ANGLÉS CANLLA OSCAR LUIS**, para obtener el grado académico de **DOCTOR EN INGENIERÍA AMBIENTAL** de la UANCV, asesorado por el (la) **Dr. CARLOS MANUEL RODRIGUEZ SAN ROMÁN**.

**SEGUNDO: ELEVAR** al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo, Vicerrectorado de Investigación, Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento y cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, Comuníquese y Archívese



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
ESCUELA DE POSGRADO

*[Signature]*  
Dra. María Amparo del Pilar Chumbi Caceres  
DIRECTORA (e)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
ESCUELA DE POSGRADO

*[Signature]*  
Dra. Graciela Bernal Salas  
SECRETARIA ACADEMICA

C. c/CARGO (01)  
ARCHIVO EPG-2022(01)  
INTERESADO (01)  
MACC/meyn



## CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PUBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO

### INFORME DE ORIGINALIDAD

**22%**

INDICE DE SIMILITUD

**20%**

FUENTES DE INTERNET

**7%**

PUBLICACIONES

**10%**

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

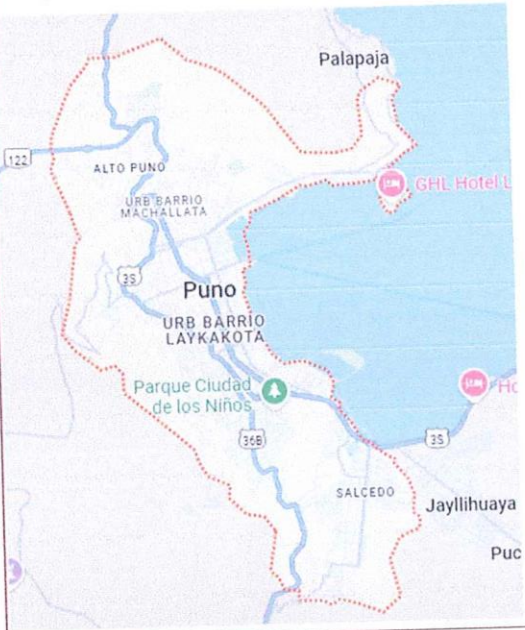
1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	5%
2	<a href="http://ciencialatina.org">ciencialatina.org</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	2%
4	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.upt.edu.pe">repositorio.upt.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%



## Metadatos complementarios - UANCV

<b>TITULO</b>	
<b>CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO2 DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PUBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y Apellidos	OSCAR LUIS ANGLES CANLLA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	29537850
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0003-1933-1782">https://orcid.org/0009-0003-1933-1782</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02429806
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0009-1482-3669">https://orcid.org/0009-0009-1482-3669</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres Y Apellidos	JUAN BENITES NORIEGA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06195745
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-3842-8435">https://orcid.org/0000-0003-3842-8435</a>
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres Y Apellidos	RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERON
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29565004
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-4274-3040">https://orcid.org/0000-0003-4274-3040</a>



Miembro del jurado 2	
Nombres Y Apellidos	RICHARD CONDORI CRUZ
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442917
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-2566-3735">https://orcid.org/0000-0003-2566-3735</a>
Datos de investigación	
Línea de investigación	CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P68
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p><b>Dirección:</b> LA CIUDAD DE PUNO  <b>País:</b> PERÚ  <b>Departamento:</b> PUNO  <b>Provincia:</b> PUNO  <b>Distrito:</b> PUNO            -15.83942, -70.02090  <a href="https://maps.app.goo.gl/cc89ieKPkzT7fFSmZ">https://maps.app.goo.gl/cc89ieKPkzT7fFSmZ</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2022 - 2024
URL de disciplinas OCDE - Librería	Ingeniería ambiental <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</a> Ingeniería ambiental y geológica <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01</a>



UNIVERSIDAD PEDRO DE CAZATELLA  
ESCUELA DE POSTGRADO

*Dr. Segundo Ortiz Casado*  
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN - EPG



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo OSCAR LUIS ANGLÉS CANLLA, identificado con DNI Nro. 29537850 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

DOCTORADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación,  Trabajo Académico denominada:

“CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO2 DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PUBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO”

Asesorado por: Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 04 de diciembre del 2024

FIRMA (ASESOR)

FIRMA (obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

A Dios, a mi hija, a mis hermanas y padres que me apoyaron siempre y que son mi fuente de inspiración de desarrollo de vida.



## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez y a todos los que me apoyan incondicionalmente docentes, asesores, estudiantes y amigos.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	ix

### CAPITULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Análisis de la situación problemática.....	1
1.2 Formulación y Planeamiento del problema .....	4
1.3 Justificación de la investigación.....	4
1.4 Objetivos .....	5
1.5 Importancia Y Alcance De La Investigación .....	6
1.6 Limitaciones Y Delimitaciones De La Investigación .....	6
1.7 Hipótesis .....	7
1.8 Variables e indicadores.....	8

### CAPITULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación .....	10
2.2 Bases Teóricas .....	16
2.3 Marco Conceptual.....	26



CAPITULO III .....	30
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	30
3.1 Método aplicado en la investigación.....	30
3.2 Tipo de investigación .....	30
3.3 Nivel de investigación .....	31
3.4 Diseño de la investigación .....	31
3.5 Población y muestra .....	32
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	33
3.7 Validez y confiabilidad del instrumento de investigación .....	34
3.8 Diseño de la estrategia para la prueba de hipótesis .....	35
3.9 Procedimiento .....	35

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización vehicular del transporte Urbano .....	42
4.2 Especificación de GEI por modelo de automóvil de transporte público (alcance 1) .....	52
4.3 CALCULO de las emisiones de GEI según la distancia recorrida por los automóviles de transporte .....	53
4.4 Totales de emisiones de GEI.....	55
4.5 Discusión de los resultados .....	57

### CONCLUSIONES

### RECOMENDACIONES

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### ANEXOS



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Operacionalización de Variables .....	9
Tabla 2.Directrices específicas de acuerdo al alcance .....	37
Tabla 3.Valor calórico neto y densidad del combustible (Diesel DB5).....	38
Tabla 4.Factor de Emisión por defecto del Diesel para fuentes móviles de combustión.....	38
Tabla 5.Potencial de calentamiento global (PCG) del GEI .....	39
Tabla 6.Factor de Emisión del CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O por tipo de vehículo .....	40
Tabla 7.Número de pasajeros por modelo de transporte .....	41
Tabla 8.Cantidad de Vehículos de transporte público por marca .....	43
Tabla 9.Uso promedio de combustible por tipo de automóvil .....	44
Tabla 10.Distancia promedio recorrida por los automóviles de transporte público.....	46
Tabla 11.horas de trabajo por día de los vehículos de transporte urbano.....	47
Tabla 12.Funcionalidad de los automóviles de transporte urbano de la ciudad capital Puno. ....	49
Tabla 13.Los Resultados del gasto promedio de combustible por tipo de automóvil de transporte urbano. ....	50
Tabla 14.Alcance 1: Emisiones de GEI .....	52
Tabla 15.Distancia recorrida total (Km) .....	54
Tabla 16.Concepción de GEI del transporte público de la ciudad de Puno.....	56
Tabla 17.HdC por alcance del transporte público de la ciudad de Puno. ....	57



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Cantidad de Vehículos por marca .....	43
Figura 2.Gasto promedio de combustible por modelo de vehículo.....	45
Figura 3.Distancia promedio recorrida por los vehículos de transporte publico	46
Figura 4.Horario de trabajo de los automóviles de transporte urbano .....	48
Figura 5.Funcionalidad de los automóviles de transporte urbano de la ciudad capital Puno .....	49
Figura 6.Uso de combustible Diesel por modelo de vehículo de transporte urbano .....	51
Figura 7.Emisión de GEI parciales por el consumo de combustible.....	53
Figura 8.Emisiones parciales de GEI equivalente para vehículos de transporte urbano .....	55
Figura 9.Emisiones de Gases de Efecto invernadero para el transporte de automóvil urbanos.....	56



## RESUMEN

La contaminación atmosférica empieza en el transporte masivo de pasajeros con las unidades vehiculares que cuentan con motores de combustión interna y utilizan combustibles fósiles. En las ciudades tienen el aire donde las concentraciones de partículas suelen ser elevadas y contaminantes, el aire en la ciudad se llena de CO<sub>2</sub> o dióxido de carbono, además de otros gases que igualmente son nocivos para la salud, las partículas emitidas, conocidas como material particulado emitidos, en especial el dióxido de carbono, que ha representado en estos últimos tiempos uno de los temas de mayor preocupación con mayor tendencia en los distintos colectivos que estudiamos, cambios en el entorno ambiental debido a los contaminantes del aire que traen como consecuencia el calentamiento global y sistema invernadero.

El gas contaminante CO<sub>2</sub> es incoloro a temperatura y presión ambiente. El cual tiene una composición de un átomo de carbono y dos átomos de oxígeno, lo encontramos presente en toda la atmósfera, la biosfera, la hidrosfera y la litosfera y es una porción muy importante del ciclo de vida de la Tierra, pero en continuo incremento, lo que provoca muchos problemas graves: la polución y el calentamiento global.

La concurrente investigación se elaboró con la intención de configurar un modelo de estimación de las concentraciones que las emisiones de dióxido de carbono emitidas por los automóviles se servicio de transporte de pasajeros en áreas urbanas específicas de la ciudad. Estas emisiones son agentes de contaminación ambiental en la ciudad capital del departamento de Puno, esta investigación está enmarcada dentro de una investigación de tipo cuantitativa, mediante la aplicación de encuestas evaluamos los agentes que delimitan el exceso de emisión de CO<sub>2</sub> tomando en cuenta especialmente; los kilómetros que los vehículos han recorrido y el su gasto de combustible.

**Palabras claves:** Contaminación del aire, dióxido de Carbono, Vehículos de transporte público, gases de efecto invernadero, emisión de CO<sub>2</sub>.



## ABSTRACT

Air pollution begins in the mass transportation of passengers with vehicle units that use fossil fuels in internal combustion engines. Cities have air where the concentrations of particles are usually high and polluting, the air in the city is filled with CO<sub>2</sub> or carbon dioxide, in addition to other gases that are also harmful to health, the particles emitted, known as particulate matter. emitted, especially carbon dioxide, which has represented in recent times one of the topics of greatest concern with the greatest trend in the different groups that we study, changes in the environmental environment due to air pollutants that result in warming global and greenhouse system.

The polluting gas CO<sub>2</sub> is colorless at room temperature and pressure. Which has a composition of two oxygen atoms and one carbon atom, we find it present throughout the atmosphere, the biosphere, the hydrosphere and the lithosphere and is a very important portion of the Earth's life cycle, but in continuous increase, which causes many serious problems: pollution and global warming.

The concurrent research was developed with the intention of establishing a model for estimating the concentrations of carbon dioxide emissions emitted by public transport vehicles in specific urban areas of the city. These emissions are agents of environmental pollution in the capital city of the department of Puno. This research is framed within a quantitative type of research, through the application of surveys we evaluate the agents that delimit the excess of CO<sub>2</sub> emissions, taking into account especially; the kilometers that the vehicles have traveled and their fuel consumption.

Keywords: Air pollution, Carbon dioxide, Public transport vehicles, greenhouse gases, CO<sub>2</sub> emission.



## INTRODUCCIÓN

La polución del aire por emisiones gases en especial de CO<sub>2</sub> de los automóviles de transporte urbano es un problema creciente en las ciudades. Estas emisiones provienen principalmente de los automóviles de transporte público que utilizan combustibles fósiles y contribuyen significativamente al calentamiento global. La sobrepoblación de vehículos en las ciudades y la falta de políticas de movilidad sostenible y regulaciones efectivas en las diversas rutas agravan aún más este problema.

Actualmente hay un interés creciente por los cambios en el clima provocado por las elevadas temperaturas y la aglutinación de gases que dan como resultado el efecto invernadero (GEI) en el aire y la atmósfera, por lo que la temperatura global en la Tierra aumenta (IPCC, 2007a); Este es considerado actualmente el problema global más importante, lo que genera no sólo un problema ambiental; también consecuencias potenciales de gran alcance para la ciudadanía, las economías y también los ecosistemas, por lo que debemos descubrir tácticas y mecanismos que pueden reducir estas aglutinaciones y, por tanto, la contaminación. El Perú no es un extraño a esta realidad de emisión de gases contaminantes que se debe principalmente al transporte de vehículos que son actualmente las mayores fuentes de gases que dan como resultado el efecto invernadero.

Uno de los instrumentos desarrolladas para poder determinar y cuantificar las emisiones es la huella de carbono, es el método indirecto del IPCC, que a nivel internacional es una señal reconocida de las emisiones de automóviles cuyos gases producen un efecto invernadero que pueden cuantificarse y realizar mediciones de CO<sub>2</sub> de empresas de transporte, organizaciones e



instituciones. La evaluación de este parámetro está relacionada con el ascendente y rigurosos estándares de nivel internacional y diversas mejoras, Crear un mercado para productos y servicios bajos en carbono es la necesidad actual que exige la sociedad y nos permite identificar las oportunidades de bajos costos para las empresas de transporte y una mejor administración.

Abordar la irradiación de CO<sub>2</sub> de los automóviles de transporte urbano como la polución del aire es de vital importancia para garantizar la condición del aire que la población respira en la ciudad capital de Puno. Estas emisiones de gases contaminante colaboran en forma significativa y producen el cambio climático y la elevación de la temperatura global, lo que da como resultado graves consecuencias para los ecosistemas y en general para el medio ambiente. Además, la polución del aire por CO<sub>2</sub> tiene una consecuencia directa en la salud de las personas, incrementando la fatalidad de males en el sistema respiratorio y también peligros cardiovasculares.

La presente investigación nace por la preocupación del excesivo incremento de las emisiones de los GEI que ocasiona la contaminación en el aire de la ciudad de Puno. Por lo que realizaremos el computo de la HdC de las irradiaciones del servicio de transporte urbano lo que nos permitirá tener información cuantificada que sirva para que la población y autoridades se involucren en el tema para renovar el aire en calidad en la ciudad capital de Puno.

La actual investigación posee una estructura conformada por cuatro capítulos:

En la primera parte del capítulo primero cuyo título es el planteamiento del problema, donde describimos la situación problemática sobre la polución del aire por emisiones de CO<sub>2</sub> de los automóviles del servicio de transporte de personas



en la ciudad capital de Puno; también en este capítulo tenemos por qué se justifica nuestra investigación, los principales objetivos y también los objetivos específicos, finalmente presentamos las Hipótesis.

Para el capítulo segundo, que lleva como título el marco teórico. Presentamos en consideración investigaciones realizadas anteriormente, es esta sección de marco teórico se menciona teoría de la polución del aire por emisiones de CO<sub>2</sub>; también definimos la huella del carbono (HdC).

En el capítulo tercero que tiene como título la metodología de la investigación, presentamos los niveles, el diseño y los métodos los cuales se realiza el estudio, por otro lado, mostramos los datos concretos de la HdC. Indicamos el método utilizado, los procedimientos y la unidad muestral de la investigación.

Finalmente, en el capítulo cuarto, que tiene como título resultados y discusión. Tenemos los resultados de la presente investigación para luego realizar la interpretación y todos los análisis en forma detallada.

Luego del capítulo cuarto consideramos presentar las conclusiones y recomendaciones. Luego se nominan las referencias bibliográficas y se presentan los anexos correspondientes



## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Los avances tecnológicos del hombre en la tierra han traído consigo una importante consecuencia de la contaminación. La contaminación de todo tipo es probablemente el mayor de los problemas ambientales que enfrentamos hoy. La contaminación del aire ha aumentado a lo largo sobre todo de los últimos años y ahora significa una gran amenaza para nuestra existencia en nuestro planeta. La contaminación es un cambio indeseable en el estado físico, químico o biológico de las características del medio ambiente, incluidos el agua, el aire o suelo que producen resultados nocivos para diversas formas de vida y propiedad. La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera la polución ambiental en el mundo como la amenaza principal. La presencia de material en el aire en concentraciones altas supera los límites por lo que la población respira un aire perjudicial. En segundo lugar, el Instituto Nacional de Investigación Ambiental (1976) también define la contaminación como los productos y la energía indeseables producidos como resultado de acciones de los seres humanos, que tienen un efecto adverso sobre el medio ambiente.



Tenemos como sinónimo de la contaminación del aire a la polución del aire, que se refiere a la descarga de materiales o formas de energía nocivas, que puede causar deterioro a la salud de los habitantes, como molestias en la nariz y los ojos, picazón, inflamación de la garganta y varios problemas en la respiración (Gonzales, 2023).

Otra definición para la polución del aire es la existencia de elementos extraños y nocivos en el aire, como son moléculas biológicas microscópicas o partículas que presentan peligros para los habitantes de las ciudades y que realizan sus actividades diarias respirando el aire contaminado (West, 2017).

La contaminación atmosférica es localizada ó difusa y se presenta en la ciudad asociada a fuentes móviles como el transporte urbano que utiliza combustibles fósiles que incluye varios gases contaminantes y diferentes combinaciones de toxinas.

La esencia de la polución del aire depende del perfil de la fuente de la ciudad, la presencia de luz solar promover la producción de contaminantes secundarios, como el ozono, a través de reacciones fotoquímicas, la altitud, que afecta los procesos de combustión y los patrones de circulación global del aire. La condición del aire es de muy importante para tener una vida con buena salud. La contaminación del aire causa incomodidad o daña a los habitantes de la ciudad y también a otros animales y organismos, Es importante, controlar la contaminación del aire si se desea respirar y tener una buena condición en la composición del aire que se respira en la parte urbana de la ciudad.

La deficiente calidad en el aire causa daño en muchas ciudades y se debe a los elevados niveles de uso de energía en la industria, transporte y uso doméstico (OMS, 2021).



Los vehículos motorizados han sido identificados como la primordial causa de polución del aire en la gran cantidad de ciudades urbanas en el mundo, aunque Chile, Guatemala, México, Uruguay, Colombia y Brasil son en América latina los que tienen mayores niveles de polución del aire, pero las dos fuentes de contaminantes del aire omnipresentes en las áreas urbanas son el transporte en su mayoría y la quema de combustible por fuentes estacionarias, incluida la calefacción industrial

(OMS, 2021). Sin embargo, las irradiaciones de los vehículos de motor parecen ser la fuente dominante de contaminantes del aire. (Barker 2022).

Según el Informe Mundial sobre la Calidad del Aire 2018, el Perú ocupa en la relación el lugar 22 a nivel del mundo y es el país con mayor polución ambiental según el Word Air Quality. Lima ocupa el tercer lugar con mayor congestión vehicular entre las ciudades más grandes y también se ubicó como la octava ciudad más contaminada de América Latina, según el mismo informe.

En 2001, se emitió el "Reglamento de Normas de Calidad del Aire Ambiental" (ECA), que identificó 13 ciudades en todo el país con problemas de polución del aire, en su mayoría ciudades costeras, pero también algunas ciudades de sierra y selva.

En las ciudades de la costa y algunas ciudades grandes de sierra y selva, el problema principal que se tiene es el número elevado de vehículos, que actualmente está relacionado con la antigüedad de los vehículos, la distancia recorrida, hábitos de conducción, tipo de combustible, mantenimiento.

En la ciudad de Puno, tenemos que la calidad de aire según la concentración de partículas en determinadas horas del día supera los parámetros de calidad del aire, por lo que podemos concluir que la concentración de partículas superó el ECA



del aire, mientras que la concentración de CO<sub>2</sub> también superó los valores prescritos. En la ciudad de Puno, la mala calidad del aire que experimentan los residentes se debe principalmente a los gases contaminantes de los vehículos de transporte público.

La presente investigación tiene como propósito caracterizar y estimar la cuantía de emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub> producidos por los automóviles de transporte de personas en su tránsito por la calles y avenidas de la capital de Puno, identificar y conocer las emisiones del transporte urbano, utilizando un método de la HdC que permita conocer y evaluar los valores de polución presentes en el aire que respiran los ciudadanos que habitan en la ciudad.

## **1.2 FORMULACIÓN Y PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Pregunta General**

¿Cómo afectan las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por los medios de transporte público en la calidad del aire en la ciudad de Puno?

### **1.2.2 Preguntas Específicas**

¿Cuáles son los principales factores que contribuyen a las emisiones de CO<sub>2</sub> en los medios de transporte público en Puno?

¿Qué métodos se pueden utilizar para medir y cuantificar las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por los medios de transporte público en la ciudad?

¿Cómo varían las concentraciones de CO<sub>2</sub> en diferentes áreas urbanas de Puno en relación con la densidad del tráfico del transporte público?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La falta de reposición de vehículos en el parque automotor para el transporte interurbano de personas en la ciudad, junto al incumplimiento de las normas para



tránsito de los automóviles, como es los patrones de conducción, la distancia recorrida y la totalidad de combustible utilizado, están generando un incremento en los valores de concentración de gases que contaminan en el aire de la atmósfera, lo que causa problemas respiratorios en las personas y polución en el medio ambiente. Por este motivo, esta investigación calculó la concentración de gases contaminantes producidos por vehículos de transporte urbano en la ciudad.

La calidad del aire es alarmante en muchas ciudades, incluida nuestra ciudad de Puno. Los contaminantes tienen una consecuencia en la vida cotidiana y en los sistemas respiratorios de los habitantes. Investigaciones sobre la polución del aire nos ayudan a comprender mejor los peligros y encontrar soluciones.

La colaboración del conocimiento científico es esencial para tomar decisiones informadas para mitigar la polución del aire que respiramos en las principales calles y avenidas de la ciudad en beneficio de las personas que habitan en Puno.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

Establecer un modelo que cuantifique las emisiones de CO<sub>2</sub> de los medios de transporte de pasajeros en Puno y evaluar su contribución a la polución del aire en la ciudad.

### **1.4.1 Objetivos Específicos**

- a) Identificar los factores que contribuyen a las emisiones de CO<sub>2</sub> en los medios de transporte público en Puno.
- b) Analizar las metodologías existentes para medir y cuantificar las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por los medios de transporte público.



- c) Implementar un modelo de estimación que relacione la densidad del tráfico con las concentraciones de CO<sub>2</sub> en diferentes áreas urbanas de Puno.

## 1.5 IMPORTANCIA Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Actualmente, la preocupación de todos es la polución ambiental y el calentamiento global, como también la disminución de la diversidad biológica en varias ciudades importantes de nuestro país. Las actividades humanas como el transporte están empeorando estos problemas y si no se toman medidas para prevenir o reducir sus causas, en poco tiempo tendrían consecuencias perjudiciales que afectarían tanto nuestra propia existencia como la de todo el país.

Los hallazgos de la investigación brindan una herramienta para la administración del aire, mejorando su calidad y nos describen la carga de contaminante y las características del contaminante para actualizar y diseñar planes de acción con estrategias más efectivas para mejorar la calidad del aire y cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental del Aire. La investigación tiene como objetivo ayudar a solucionar los inconvenientes de polución en la calidad del aire.

## 1.6 LIMITACIONES Y DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.6.1 Limitaciones

En la presente investigación tenemos limitaciones de diseño, método y otras que detallamos a continuación:

- No existen investigaciones de estimaciones de contaminante emitido por automóviles de transporte de personas para la ciudad capital de Puno.
- El método utilizado limita la capacidad para realizar una evaluación exhaustiva de los resultados, por lo tanto, para futuras investigaciones



recomendamos considerar otras variables para tener resultados más concretos.

- Dificultades para realizar las entrevistas por falta de tiempo de los informantes por lo que se necesita una investigación futura con mayor tiempo para alcanzar la información requerida.

## 1.6.2 Delimitaciones

Se realizó la evaluación de la cuantía de emisiones contaminantes proveniente de los automóviles transporte público en la ciudad, para la estimación se consideró el método considerando los patrones de conducción, tipo y cantidad de combustible. Esta investigación se elaboró en los meses de enero a noviembre del 2023 en la ciudad de Puno. Para iniciar la investigación realizamos un estudio y una observación de las diferentes rutas en el transporte urbano y también en la tecnología de los automóviles de transporte público de pasajeros.

## 1.7 HIPÓTESIS

### 1.7.1 Hipótesis General

Las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de los medios de transporte público en Puno contribuyen significativamente a la polución del aire, afectando negativamente la calidad ambiental y la salud pública.

### 1.7.2 Hipótesis Específicas

- a) Los vehículos del servicio de transporte público en Puno que utilizan combustibles fósiles generan mayores emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con aquellos que utilizan combustibles alternativos o tecnologías más limpias.
- b) Las metodologías basadas en mediciones directas y modelos matemáticos proporcionan estimaciones más precisas de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los

vehículos del transporte público en comparación con métodos más simplificados o estimaciones teóricas.

- c) Las áreas urbanas de Puno con mayor densidad de tráfico del transporte público presentan concentraciones significativamente más altas de CO<sub>2</sub> en el aire en comparación con zonas con menor densidad de tráfico.

## 1.8 VARIABLES E INDICADORES

La investigación realizada en el presente trabajo pertenece al tipo aplicada y descriptiva. Toda investigación aplicada se definió como la búsqueda de obtener, aplicar o utilizar conocimientos con el fin de poner en práctica y estructurar la rutina fundamentada en ella. Para lograr una interpretación adecuada, la investigación descriptiva consistió en realizar una descripción, luego un análisis y finalmente interpretar procesos de manera formal. Esto se sustentó en hechos reales.

El estudio realizado adoptó un enfoque cuantitativo, centrado en calcular y registrar las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero para los alcances 1 y 3, considerando la fuente de emisión que para el caso es el transporte de pasajeros en área urbana. La investigación cuantitativa siguió un camino estructurado y una secuencia definida, considerando decisiones clave sobre el método a aplicarse antes de la recolección y procesamiento de la información.

Además, el estudio presentó un apunte no experimental de corte transversal, en el cual se observaron y registraron los datos referidos a los alcances 1 y 3 de la polución de GEI que deberán los automóviles de pasajeros de la ciudad durante el año 2023. Hernández et al. (2018), afirman que la investigación no experimental se refiere a investigaciones que no involucran la modificación de variables y que se llevan a cabo observando los fenómenos en su entorno natural.

## 1.8.1 Conceptualización de Variables

A) Variable 1: Polución del Aire en la ciudad de Puno

B) Variable 2: Emisiones de CO<sub>2</sub> vehiculares

## 1.8.2 Operacionalización de variables

**Tabla 1.**

*Operacionalización de Variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	Escala de Medición
<b>V.1. Polución del Aire en la ciudad de Puno</b>	La polución atmosférica se definió como la presencia de pequeñas partículas o productos gaseosos secundarios en el aire, los cuales podían poner en peligro, dañar o perjudicar a las personas, así como a los vegetales y animales.	Tecnología Vehicular  Patrones de conducción  Tipo y Cantidad de combustible	Funcionalidad (años) Marca Modelo del vehículo de transporte Tipo de carrocería  Km recorridos Velocidad promedio Potencia específica vehicular Diesel	Adimensional CC  Km, km/h, KW/ton  Kg /m3 M3
<b>V.2. Emisiones de CO<sub>2</sub> vehiculares</b>	Las emisiones vehiculares de gases contaminantes se habían referido a los diversos contaminantes que los vehículos de motor liberaban al ambiente durante su funcionamiento.	Emisiones de CO <sub>2</sub> vehiculares contaminantes de vehículos	CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	ppm

Nota: Elaboración en base a los datos de la investigación.



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### A nivel Internacional

Romero (2019), hizo una investigación sobre la inclinación a pagar por la polución del aire ocasionada por la irradiación del transporte urbano de Ambato; Concluyo que los factores que afectan principalmente a la interpretación de los usuarios acerca de la polución en el aire que producen principalmente los buses urbanos en la ciudad de Ambato, son: Zonas de la ciudad muy congestionadas, como Terminal Terrestre y alrededores del parque 12 de noviembre,

Los autobuses, en particular, emiten altas emisiones de gases debido al combustible diésel que utilizan.

Con poca intervención en el asunto por las autoridades de control, los efectos sobre la salud, especialmente en niños, mujeres embarazadas, ancianos y el gasto mensual por enfermedades relacionadas.

Quintero (2021). Análisis de emisiones en camiones del transporte interurbano de carga. Este ensayo investigo las emisiones de los vehículos que transportan mercancías entre ciudades, hay muchas variables que los aumentan o los disminuyen dichas emisiones. Como parte del estudio, además de las características de cada vehículo en las variables más externas las emisiones que



afectan son aspectos relacionados con características geométricas del tránsito vehicular; siendo la pendiente vertical de la línea tiene el mayor efecto sobre la cantidad de emisiones, Sin embargo, la curvatura horizontal media y los pases también contribuyen, aunque en menor medida. Esto siempre se recomienda Tenga en cuenta estos dos aspectos al analizar sus emisiones.

Existen diferentes tipos de camiones para el transporte de mercancías que se utilizan entre ciudades. Por la relación potencia-peso, algunos generan menores emisiones por tonelada transportada. Los camiones C3S3 y C4-C2S2 han demostrado ser óptimas para el transporte y las emisiones relacionadas con el transporte generadas.

Sarango (2016), precisa en su tesis determinación de las emisiones de CO<sub>2</sub> en fuentes automóbiles en la ciudad de Zamra, provincia de Zamora Chinchipe; (Ecuador). En su estudio concluye que La mayor polución por combustibles la provoca el transporte privado, que utiliza un 79% de gasolina, a contraste del transporte público, que utiliza un 21% de diésel.

No existe una diferencia significativa entre los tres métodos utilizados (el método de distancia recorrida, el método de uso de combustible y el método de el computo de la HdC). La emanación del CO<sub>2</sub> de los vehículos no dependía solo de la marca del vehículo, sino de el gasto de combustible de cada modelo de vehículo. El uso del aire acondicionado en los automóbiles nuevos incrementaba el gasto de combustible y contribuía a las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## **A nivel Nacional**

Hilario (2015), realizo un investigación de tesis el distrito de Huancayo con respecto a las emisiones contaminantes de vehículos, según su investigación llego



a la conclusión que la caracterización del parque vehicular ha demostrado para el distrito de Huancayo, la clase de automóvil representa el 73.43% del total de automóviles, cuenta con avance tecnológico para el control de aire y el combustible, con una inyección 100% multipunto, usa un motor con conversor catalítico, con una fracción significativa de automóviles que usan el acelerador como sistema de control, estos son automóviles que aparecen en estos últimos años, como automóviles que funcionan con dos combustibles a gasolina y gas.

Las motos representan del total un 4.95% del total, 100% funcionan con carburador, no cuentan con un sistema de verificación de gasolina y emisiones contaminantes.

Los camiones y buses representaban un 50% del total y no contaban con un control en los sistemas para las emisiones de escape. Los vehículos de transporte estaban con un equipo y sistema de inyección electrónica para diésel y otro sistema que controlaba los gases en el escape, funcionando con combustible diésel.

En el caso de las furgonetas, el 73% de los clientes contaba con un sistema de control electrónico de gases de escape, mientras que el 27% disponía de un motor pre - inyectado sin sistema de emisiones.

A continuación, se presentaba un cálculo del total de emisiones contaminantes provenientes de fuentes en el distrito de Huancayo.

En 2016, un total de 4.4511,4 Tm/año de contaminantes se encontraban en el ambiente. Se halló que el monóxido de carbono estaba presente en mayor cantidad, con 36.348,4 Tm/año, lo que representaba el 81,66%. Los compuestos orgánicos volátiles sumaban 4.431,6 Tm/año, equivalentes al 9,95%; los óxidos de



nitrógeno alcanzaban 2.840,2 Tm/año, representando el 6,38%; y los óxidos de azufre eran de 138,8 Tm/año, lo que correspondía al 0,31%.

Arcaya (2015), en su tesis titulada "Análisis del sistema de transporte público y la polución del aire de los vehículos livianos en la ciudad de Tacna - 2014", utilizó datos de encuestas para analizar cómo el transporte de unidades vehiculares afectaba la polución del aire causada por los vehículos livianos en la ciudad de Tacna durante el año 2014.

Debido a que la gente no estaba bien informada del método utilizado en el transporte público de pasajeros actual y la polución del aire causada por los automóviles livianos, carecía de conocimiento sobre el tema.

Los resultados obtenidos, utilizando los indicadores máximos de los estándares de calidad ambiental, habían sido analizados en relación con el esquema de transporte público actual y la polución del aire de automóviles livianos en la ciudad de Tacna durante el año 2014. Se había llegado a la conclusión de que no se cumplían con todos los estándares de calidad, incluyendo la presencia de partículas PM 2,5 en el aire como resultado de las emisiones de gases tóxicos.

Los valores obtenidos, utilizando los datos máximos de los estándares de calidad ambiental del sistema de transporte público actual y la polución del aire de automóviles livianos en la ciudad de Tacna durante el año 2014, habían sido analizados. Se había llegado a la conclusión de que no se cumplían con todos los estándares de calidad, incluyendo la presencia de partículas PM 2,5 en el aire debido a las emisiones de gases tóxicos.



Curi y Palomino (2019), en su tesis titulada "Estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el gasto de combustible y los recorridos de automóviles y colectivos en la ciudad de Cerro de Pasco en 2014", concluyeron que el gasto promedio de combustible de los carros colectivos, según su investigación, fue de 3.42 gal/día/vehículo, correspondiente al año 2017 en el transporte urbano de Cerro de Pasco.

En comparación con el casco urbano de Pasco en 2017, el promedio de kilómetros recorridos por los automóviles, según los trabajos de investigación, fue de 8.69 km/viaje/vehículo.

En comparación con las emisiones anuales del casco urbano de Cerro de Pasco, el promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> de un colectivo en la localidad fue de 0.025 toneladas de CO<sub>2</sub> por día.

En la parte urbana de la ciudad de Cerro de Pasco, se estimaron las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos colectivos en 16,8 toneladas de CO<sub>2</sub> por día, lo que resultó en un total de 6,119.5 toneladas de CO<sub>2</sub> por año emitidas a la atmósfera durante todo el año.

### **A nivel regional.**

Champa (2019), en su investigación titulada "Evaluación de la polución del aire (partículas de polvo y CO<sub>2</sub>) en el mercado internacional Tupac Amaru de Juliaca, Perú, utilizando sensores de bajo costo", realizó la medición de material particulado y dióxido de carbono. En ese momento, se sabía poco sobre los contaminantes del aire urbano.

Este problema se evaluó mediante la configuración de nodos sensores diseñados y construidos con hardware Arduino Nano, los cuales se colocaron en



cuatro lugares cercanos al mercado Tupac Amaru en ciudad de Juliaca, el uso del sensor de partículas de polvo modelo brinda información sobre la concentración de CO<sub>2</sub>, se utilizó un sensor MQ135.

Los comportamientos mostrados por las curvas de CO<sub>2</sub> de los nodos se vinculan de tal forma que brindan lo necesario para determinar el aumento y disminución del tránsito vehicular en momentos específicos. De igual forma podemos observar cómo se comportan las curvas de nivel de CO<sub>2</sub> en los 4 nodos, mostrando vehículos durante el día y la noche.

Los cuatro nodos de monitoreo de partículas de polvo en las veinticuatro horas muestran actividad vehicular durante y durante la noche, ya que los nodos muestran picos los valores obtenidos de los niveles altos están en la presencia baja de precipitación constante en las fechas de seguimiento.

Chuquija (2021), su investigación elaborada en ingeniería ambiental para obtener el grado de doctor, había investigado sobre la polución del aire causada por el parque automotor de vehículos menores de la categoría L5 y su impacto en las vías en la ciudad de Juliaca.

La investigación presentada se basó primordialmente en la polución atmosférica ocasionada por el total de vehículos de categoría L5 y su impacto en el ámbito vial de la ciudad de Juliaca. Su finalidad fue describir la polución atmosférica producida por estos vehículos, que emitían gases que contaminan la atmósfera de Juliaca.

Además, la investigación se enmarcó dentro de un enfoque cualitativo y de orientación, combinando un método post - facto con un diseño explicativo y



descriptivo de nivel causal complejo, de tipología básica. Se utilizó una muestra representativa de vehículos de categoría menor L5, para lo cual se aplicó un muestreo sistemático.

Condori y Herrera (2019), en su estudio titulado "Evaluación de los niveles de dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y densidad total del polvo en la ciudad de Juliaca utilizando sensores de calidad de aire", llevaron a cabo la investigación en Puno en 2018. Para realizar este estudio, emplearon una combinación de metodologías de programación y monitoreo.

Gracias a esta combinación, se había desarrollado un modelo que atendía la necesidad de monitorear los parámetros de calidad en tiempo real mediante el método de teledetección.

Las estadísticas de gases indicaban que el inspeccionar el CO<sub>2</sub> en los lugares monitoreados era mayor a los regulados por los reglamentos, debido al desorden de la población y la actividad de tránsito de los automóviles. De manera similar, en la evaluación de los contaminantes orgánicos (COV), se indicaba una concentración mayor de acuerdo con las regulaciones, lo que representaba para la salud de la población mucho riesgo.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **La polución atmosférica**

Entendemos por polución de la atmosfera a la presencia de un elemento nocivo o indeseable procedente de fuentes naturales o artificiales en una cantidad suficiente para tener efectos nocivos para el ser humano, la vegetación, la propiedad y el medio ambiente global.



Los incendios forestales, la vegetación y las erupciones volcánicas habían sido procesos naturales que estaban entre las consecuencias de la preocupación de reducción de la calidad del aire. Además, había otras fuentes de contaminación, como las emisiones de las industrias y los automóviles.

Además, la polución del aire tiene efectos perjudiciales en los habitantes y también en la flora. Los contaminantes del aire también arruinan los materiales de construcción.

### **Tipos de contaminantes atmosféricos**

La polución del aire provenía principalmente de las siguientes fuentes de actividades humanas: manufactura, cultivos, desechos, vivienda y transporte. Estas actividades generaban una elevada cantidad de gases que producen el efecto invernadero y que resultan altamente perjudiciales para los habitantes en cuanto a su salud y para el planeta en general.

El plomo, el dióxido de azufre, el dióxido de carbono, el dióxido de nitrógeno, el ozono troposférico, el material particulado y el dióxido de carbono se consideran los gases que generan polución a niveles importantes.

Las emisiones que generan polución en el aire, tienen cinco principales fuentes de origen humano:

La polución del aire en los procesos de fabricación era causada principalmente por la producción de energía en muchas naciones, pero no era la única fuente. Las centrales eléctricas alimentadas con diésel y la combustión de carbón constituían siendo las dos fuentes de emisión más comunes y perjudiciales. La producción industrial y el uso de los procesos químicas también contribuyeron a la polución y al cambio climático, aunque en menor medida que los anteriores.



El transporte contribuyó con alrededor del 25% de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del consumo de combustible. La emisión de gases provocaba alrededor de 400 mil muertes prematuras debido a la mala calidad del aire. La emisión por utilización del diésel y los óxidos de nitrógeno causaron la mitad de estas muertes. Debido a que el transporte actual no se puede mantener al mismo ritmo sin comprometer generaciones, es indudable que es ineficiente, gravoso e inadmisibles.

En la agricultura el 24% de los gases de efecto invernadero en este sector provienen de dos fuentes principales. La combustión de desechos agrícolas y la producción de metano y amoníaco de la ganadería. En particular, destacan las emisiones de metano, que producen ozonización a nivel del suelo. La polución del aire aumentaba los casos de asma y causaba enfermedades. Un gas de efecto invernadero que tenía un mayor impacto a largo plazo que el CO<sub>2</sub> era el metano.

Se estimaba que se quemaban en el aire el 40% de los compuestos orgánicos y los desechos producidos en todo el mundo, lo que causaba emisiones de carbono negro, dioxinas, furanos y metano, que eran perjudiciales para la atmósfera. Este problema afectaba principalmente a regiones urbanas o naciones en vías de desarrollo.

De dos maneras, la polución del aire en el hogar era perjudicial. El aire que las personas respiraban tenía dos efectos negativos: por un lado, afectaba negativamente al aire exterior; por otro, causaba enfermedades respiratorias a largo plazo. Esta polución fue causada por la combustión de madera y combustibles fósiles para actividades como la iluminación, la cocción de alimentos y la calefacción de los hogares.

## **Calidad de aire**



La presencia de agentes físicos y la concentración de diversas sustancias en cantidades mayores a las naturales generan una polución en el aire que perjudica la salud de los habitantes, los elementos y bienes naturales y cambia el equilibrio medioambiental. Por lo tanto, la presencia o apariencia física de contaminantes y la concentración o densidad nos señalan si el aire es de calidad.

El incremento de la población y la economía, junto con el crecimiento de distintas industrias, como la agroindustria, la petrolera y los servicios, y el aumento de la cantidad de automóviles, contribuyó a un consumo elevado de combustibles fósiles. Esto provocó la producción de mayores cantidades de contaminantes, los cuales afectaban la respiración de los habitantes y los ecosistemas de la ciudad.

### **Gases de Efecto invernadero (GEI)**

Los gases de efecto invernadero (GEI) eran gases que, ya fueran naturales o provocados por la actividad humana, absorbían y emitían radiación en una longitud de onda determinada del espectro de radiación infrarroja térmica emitida por las nubes, la superficie terrestre y la atmósfera. La radiación solar había calentado el suelo, y la presencia de GEI en la atmósfera ayudaba a retener una parte de la energía que emitía.

A pesar de que la mayor cantidad de los gases de efecto invernadero (GEI) estaban presentes naturalmente en la atmósfera, también existían gases artificiales que surgían de la actividad industrial. Los gases de efecto invernadero más importantes eran el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ).

Aunque los gases de efecto invernadero (GEI) estaban presentes de manera natural, las actividades humanas habían aumentado su concentración desde la



época industrial, lo que había agravado el problema del calentamiento global (IPCC, 2007a). Aunque no el total de los GEI eran capaces de causar el calentamiento global de manera simultánea, su intensidad variaba según su potencial de radiación y el promedio del tiempo que cada partícula de gas podía permanecer a nivel de la atmósfera.

El "potencial de calentamiento global", que se calculaba matemáticamente y se expresaba con ligación con el nivel de  $\text{CO}_2$ , se refería al potencial de calentamiento global (PCG) que tenía el dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2\text{e}$ ) por unidad, si se consideraban juntos estos dos factores.

### **Gases de Efecto invernadero (GEI) provenientes de fuentes móviles**

La combustión de diversos tipos de combustible producía emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), en las fuentes móviles. El material particulado, el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM) y el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) formaban parte de estas emisiones (IPCC, 2007).

### **Huella del Carbono**

Aunque se creó como una forma de huella ecológica, su concepto actual era más amplio al tener en cuenta todos los efectos ambientales. En ese momento, se hablaba de la huella de carbono como un parámetro completamente autónomo debido a la creciente relevancia del impacto climático. Por lo tanto, el instrumento utilizado para calcular las emisiones de  $\text{CO}_2$  era la huella de carbono; su análisis se basaba en métodos reconocidos a nivel mundial, que constituían un estándar mundial para las investigaciones sobre la huella de carbono (Ambrós et al., 2012). Según Espíndola y Valderrama (2012), una de las herramientas principales y más



relevantes para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero es la huella de carbono.

La técnica de la huella de carbono nos permitirá obtener la medida total (balance) de gases de efecto invernadero (GEI) que se emitían a la atmósfera a través de actividades diarias, como la producción agrícola, la fabricación de bienes para el consumo, la generación de energía eléctrica, la minería y el transporte de bienes y personas (Borquéz, 2010).

Cada paso de una etapa productiva, que inicia con la obtención de materias primas hasta realizar la eliminación de desperdicios, estaba incluido en el cálculo. Esto permitió la creación de planes estratégicos para disminuir dichas emisiones, que incluían planes de eficiencia energética, reingeniería de procesos y mejoras tecnológicas (Brito, 2011). Según Rodas (2014), la relevancia radicaba en que, una vez identificada la huella, se podía llevar a cabo una estrategia para disminuir y/o compensar las emisiones a través de varios proyectos, tanto públicos como privados.

El cálculo incluía un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) o se enfocaba en las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por los automóviles de transporte urbano en las ciudades; esto permitió establecer planes y estrategias para monitorearlas y reducirlas, fomentar la responsabilidad ambiental y mejorar la sustentabilidad de las acciones de transporte (Barreda y Polo, 2012). Además, se pensaba que la huella de carbono era una herramienta potente en la administración y una motivación para implementar planes y estrategias que contribuyeran a la sustentabilidad de las compañías de transporte.



## Factor de emisión

Utilizando información de las actividades de transporte realizadas, como el combustible consumido en galones por día, las toneladas de producto producido y el total de emisiones de gases de efecto invernadero, el factor de emisiones permitía evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero. La conexión entre una unidad de actividad y la cantidad de contaminante que se liberaba a la atmósfera se denominaba factor de emisión (Barreda y Polo, 2012). Los factores locales eran más adecuados y los factores de emisión registrados debían ser empleados, según WBCSD-WRI (2004).

De acuerdo con la metodología del IPCC, al elegir los factores de emisión a emplear, era necesario disponer de un nivel de especificidad en la información recopilada para determinar qué componentes de emisión eran exclusivo de cada país. En caso que los factores de emisión no estuvieran determinados a nivel país, podrían provenir de fuentes internacionales.

Para calcular el peligro del cambio climático por causa de las actividades humanas, en particular las de transporte, debemos realizar una cuantificación de los gases contaminantes de efecto invernadero, las directrices del IPCC ofrecían una guía metodológica. Esto permitía evaluar las alternativas de adaptación, las modificaciones necesarias, las consecuencias potenciales en el aire que se respiraba y cómo disminuir los efectos en el clima en su totalidad.

Los datos sobre el alcance de la actividad humana, también conocidos como datos de actividad (AD, del inglés "activity data"), se combinaban con los coeficientes que calculaban las emisiones o la impregnación por unidad de actividad humana. Este era el método más sencillo y común para estimar los gases de efecto invernadero (GEI), y se les conocía como factores de emisión (EF, del

inglés "emisión factors"). Por consiguiente, según WBCSD-WRI (2011), la ecuación básica que utilizamos fue:

$$\text{Emisiones} = \text{AD} * \text{EF}$$

Dónde:

AD : Activity Data

EF : Emisión Factors

### **Compensaciones de carbono**

Con el fin de contrarrestar las emisiones de terceros y/o en otros lugares, el propósito de la compensación de carbono era compensar la liberación de gases de efecto invernadero mediante el almacenamiento o la evitación de emisiones de una cantidad determinada de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Un crédito de carbono era una compensación negociable con un valor monetario, ya que equivale a una tonelada métrica de CO<sub>2</sub>. Se indicó, además, que los créditos y las compensaciones de carbono debían demostrar que el proyecto había disminuido o eliminado las emisiones de gases de efecto invernadero, así como las que habrían ocurrido si no hubiera sido así (González, 2022).

La contribución de una suma económica voluntaria, conocida como compra de créditos de carbono, era proporcional a las toneladas de CO<sub>2</sub> publicadas por un proyecto en un país en vías de desarrollo, y se consideraba como una forma de compensación voluntaria de emisiones de CO<sub>2</sub>. Utilizando un proyecto de sumidero de carbono, ya sea por medio de la reforestación o la forestación, el propósito de esta forma de compensación era obtener una cuantía de toneladas de CO<sub>2</sub> que equivale a la elaborada en una actividad. Por otro lado, evitar la emisión de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes a la producida en una actividad mediante la implementación de proyectos de eficiencia energética o ahorro, el uso de energías



que se puedan renovar en lugar de combustibles fósiles, el tratamiento de desechos o la deforestación evitada. (ECODES, 2016).

Las emisiones de gases de efecto invernadero podrían ser compensadas por sumideros naturales, que incluyen cuerpos de agua, suelos, bosques y en plantas de tratamiento de aguas residuales con la producción de compost. Los bosques producían carbono por medio de la fotosíntesis. Debido a que disminuía el impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero, las áreas boscosas eran cruciales y deben mantenerse. Un mecanismo crucial para la regeneración de oxígeno molecular a partir de agua y dióxido de carbono era este proceso.

El proceso por el cual los árboles y las plantas fijaban el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y guardaban carbono, que representaba aproximadamente la mitad de la materia seca de una planta, se conoce como fotosíntesis. En un estudio publicado en la revista Science, Christian Körner, del Instituto de Botánica de la Universidad de Basilea, afirmó que los árboles solo podían compensar el aumento del  $\text{CO}_2$  en la atmósfera si la entrada de carbono superaba la salida y que la diferencia en los flujos de carbono debía mantenerse durante muchos años. Como ejemplo, podría haber una ganancia temporal en el almacenamiento de carbono si ocurría un cambio ambiental que fomentaba el crecimiento de los árboles. Sin embargo, una ola de liberación de carbono ocurría a medida que los árboles crecían y morían. A menos que la vida útil del árbol se prolongara o se mantuviera, un aumento del secuestro de carbono no resultaba de un crecimiento más rápido. Aumentar la superficie de los bosques existentes y evitar la tala de bosques antiguos fue la forma más efectiva de mejorar el almacenamiento de carbono forestal. Una vez que los nuevos bosques alcanzaran su capacidad de almacenamiento, no secuestrarían más carbono, independientemente de cuán rápido crecieran y



absorbieran el carbono. Para atrapar más carbono en la biosfera, según el climatólogo James Hansen, profesor de la Universidad de Columbia, es esencial mejorar las prácticas forestales y agrarias. Sin embargo, advirtió que "si no disminuye nuestras emisiones, no servirá de nada" (Acosta, 2017).

### **Experiencias del cálculo de huella de carbono**

En las universidades y en los campus universitarios, el cambio climático había sido una preocupación durante décadas. No obstante, las instituciones de educación superior han comenzado a tomar medidas para abordar este problema y a reconocerlo como crucial solo en los últimos años. El establecimiento de planes para mejorar la gestión ambiental con el objetivo de reducir sus emisiones y la realización de análisis del ciclo de vida, huellas de carbono o huellas ecológicas, entre otras cosas, formaban parte de esto (Mondéjar et al., 2011).

### **Perú**

En Perú, alguna compañías han logrado disminuir sus costos después de haber medido sus emisiones de carbono. La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en un parque temático fue uno de estos casos (Burga y Ordoñez, 2014), y se realizó otro estudio en una empresa de procesamiento de madera (Pinillos y Díaz, 2012).

Para calcular su inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, el MINAM, la agencia gubernamental encargada de asegurar el progreso sostenible del país, había estimado y revelado su implicación en el fenómeno del cambio climático en 2009. El MINAM había producido un total de 674,64 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e) durante las operaciones realizadas ese año.

En ese año, 188 personas trabajaban en el MINAM, lo que resultó en una emisión anual de 3,6 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e) por persona. La contribución más significativa a las emisiones de gases de efecto invernadero fue la de los viajes aéreos nacionales del alcance 3, que representan el 42,23% de todas las emisiones de GEI.

El transporte de los trabajadores desde su hogar hasta el lugar de trabajo y viceversa, que pertenecía al alcance 3 y representaba el 20,49 por ciento del total, fue la segunda fuente de emisiones más importante (MINAM, 2010).

### **2.3 MARCO CONCEPTUAL**

Los términos relevantes que se utilizarían con gran frecuencia en la tesis como principales tenemos: calidad del aire, cambio climático, congestión, efecto invernadero, emisiones de dióxido de carbono, gas metano, óxido nitroso, contaminación del aire, tránsito vehicular, vehículo de transporte.

#### **Calidad de aire**

La calidad del aire se refiere a la condición en la que el aire está libre de contaminantes y es apto para la respiración. La falta de aire de buena calidad representa un problema que conlleva riesgos o daños para la respiración y el bienestar de las personas así como del medio ambiente. Este concepto describe la mezcla y concentración de diversos gases y partículas en la atmósfera.

#### **Cambio climático**

El "cambio climático" es un término que hace referencia a las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo y a la creciente "crisis ecológica". Las acciones de los habitantes han sido el principal impulsor para el cambio climático desde el siglo XIX, especialmente debido a la utilización de combustibles como el petróleo y otros gases. Estas actividades sobre todo de transporte emiten gases de



contribuyen al efecto invernadero provocando cambios en el clima mundial y el deterioro en la atmosfera de la capa de ozono.

### **Congestionamiento**

El problema de tránsito más evidente es el caos. Esto ocurre cuando un mayor número de automóviles circulan por las calles y avenidas principales, esto desborda la capacidad de del tránsito, lo que causa un tránsito lento. Al ocurrir una congestión, los automóviles se ven obligados a disminuir su velocidad o incluso detener su marcha

### **Efecto invernadero**

El efecto invernadero es la manifestación por el cual la energía solar recibida por la Tierra en todo momento de la radiación solar natural no puede regresar al espacio. Explicado de otra forma es cuando el calor se refleja de vuelta hacia la superficie terrestre, queda atrapado en la Tierra debido a la capa formada por los gases de efecto invernadero, los cuales impiden su escape.

Los rayos solares logran penetrar más fácilmente a través de grandes agujeros causados por la degradación de las partículas en la capa de ozono, que es una barrera de la radiación. Esta degradación es resultado de la acción de los gases de efecto invernadero, que funcionan como una especie de manta alrededor de la Tierra

### **Emisiones de dióxido de carbono**

Las emisiones de CO<sub>2</sub> constituyen el principal gas de efecto invernadero generado por las actividades humanas, y el incremento observado en la atmósfera se atribuye principalmente a estas actividades. Las emisiones de CO<sub>2</sub> tienen su origen en diversas fuentes, tanto naturales como relacionadas con la acción humana.



Sabemos que, a lo largo del tiempo, las emisiones de carbono se han incrementado como efecto de la combustión de combustibles fósiles. El combustible y el carbón liberan cantidades considerables de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, lo que se traduce de manera directa en un desequilibrio climático y contribuye al cambio climático.

### **Gas metano (CH<sub>4</sub>)**

El metano (CH<sub>4</sub>) gas de efecto invernadero más importante después del dióxido de carbono, ocupa el segundo lugar. Sus fuentes son tanto naturales como humanas. Las fuentes naturales principales son: pantanos y humedales, océanos, bosques, geológicas y térmicas. Las fuentes antropogénicas abarcan ganadería, cultivos de arroz, vertederos, minería de carbón, agricultura, fuentes fijas y móviles de combustión de derivados químicos.

### **Óxido nitroso**

El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), considerado el gas de efecto invernadero más subestimado a nivel mundial, posee un potencial de calentamiento 300 veces superior al del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En el esfuerzo global por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, se están llevando a cabo esfuerzos importantes.

### **Polución del aire**

La polución del aire, o polución atmosférica, hace referencia a la existencia de partículas y sustancias ajenas que pueden alterar la calidad del aire, lo que ocasiona un impacto negativo en la salud de la población y en el medio ambiente.

A nivel global, la polución del aire refleja el principal riesgo ambiental para la salud pública, provocando aproximadamente siete millones de muertes prematuras cada año. Dado que todos los contaminantes principales afectan el clima y muchos



de ellos provienen de fuentes comunes a los gases de efecto invernadero, existe una conexión estrecha entre la contaminación del aire y el cambio climático. Mejorar la calidad del aire beneficiará el desarrollo, las condiciones medioambientales y la salud de los habitantes.

La contaminación del aire se define como la existencia de sustancias perjudiciales en la atmósfera que pueden afectar a las personas, los animales y las plantas. Estas sustancias incluyen partículas sólidas y gases, y su liberación se produce principalmente a través de actividades humanas, como fuente principal la utilización de combustibles fósiles en el transporte urbano.

### **Tránsito vehicular**

El tránsito de vehículos por las vías se conoce como tráfico de vehículos o tráfico. El tránsito de automóviles forma parte y es importante para el movimiento diario en todas las ciudades debido a la contaminación que generan. Además, porque las personas pueden llegar tarde a realizar sus actividades como el trabajo o perder varias horas en su viaje debido a las condiciones de tránsito.

### **Vehículo de transporte**

Los automóviles son artefactos destinados a transportar personas, mercancías y otros equipos que se encuentran en un vehículo. La clasificación de los modos de transporte se basa en el entorno en el que opera el vehículo y cómo se lleva a cabo el transporte.

.



## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 MÉTODO APLICADO EN LA INVESTIGACIÓN

El trabajo se lleva a cabo de manera secuencial y utiliza un enfoque cuantitativo. El transporte urbano de pasajeros realizado por unidades automotrices que son las que liberan a la atmosfera GEI, según el registro de las emisiones en los alcances 1 y 3. La investigación inicia con la finalidad de establecer la polución del aire en la ciudad, luego surgen los objetivos y preguntas sobre el tema, finalmente se inicia con el marco teórico, donde aparecen y se fijan los supuestos e hipótesis, y se definen las variables. Hernández et al. (2016) afirma que se utilizan métodos estadísticos para analizar las medidas obtenidas y llegar a algunas conclusiones sobre la hipótesis.

#### 3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación realizada en esta tesis se clasificó como aplicada y descriptiva. De acuerdo con Martínez (2020), la investigación descriptiva incluye la explicación, el registro, la observación y el análisis de la naturaleza, composición o evolución de fenómenos contemporáneos. Este tipo de investigación se centró en las conclusiones predominantes y en el funcionamiento de personas, grupos o



cosas en el presente. Una de las características más destacadas de la investigación descriptiva es que proporciona una interpretación precisa de la actual realidad.

De acuerdo con Schwarz (2017), la investigación aplicada se definió como la búsqueda, utilización o empleo de conocimientos con el fin de poner en práctica y estructurar la práctica investigativa. Por otro lado, la investigación descriptiva se enfocó en examinar, detallar e interpretar procesos o fenómenos naturales con el fin de alcanzar una comprensión adecuada.

### **3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

La investigación de segundo nivel llevada a cabo tenía como finalidad principal de recoger datos e información sobre la contaminación del aire por las emisiones del transporte que es el objeto de este estudio descriptivo. La investigación descriptiva comprendía la recopilación de datos y la caracterización de hechos, fenómenos y circunstancias actuales de los sucesos de investigación.

### **3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Dado que no era posible manipular las variables de manera deliberada, el diseño del estudio realizado fue de tipo no experimental. En consecuencia, se observaron y analizaron los fenómenos en un contexto natural.

Este tipo de investigación no requería efectuar cambios deliberados en las variables; en otras palabras, no se alteraron intencionalmente las variables independientes para estudiar su impacto en otras variables. En la investigación no experimental, se observaron y analizaron los fenómenos mientras ocurrían en su entorno natural (Hernández et al., 2016, p. 152).



## 3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

### Población

Para nuestra investigación la población está compuesta por 935 unidades que conforman las diferentes rutas del transporte urbano en toda la ciudad, considerando a todas las empresas, unidades vehiculares y rutas urbanas de transporte que brindan el servicio en la ciudad. En el Anexo 2 se puede observar la cantidad de vehículos por cada empresa de transporte que transitan por la ciudad de Puno brindando el servicio.

### Muestra

Se utilizó el muestreo simple aleatorio para poder realizar una selección adecuada de la muestra para la tesis. Sabemos que el muestreo aleatorio simple es un tipo de muestreo probabilístico que permite elegir entre el total de elementos de una población o universo para formar una muestra de investigación. Este proceso de selección se realizó de manera aleatoria.

Dado que se emplearon para estimar variables poblacionales, los ensayos probabilísticos resultaron cruciales para diseñar estudios transeccionales, así como para los estudios descriptivos y también causales. Se utilizaron pruebas estadísticas muestrales para analizar y medir las dos variables, suponiendo que eran probables y que todos los elementos de la población tendrían valores muy similares a los del total de la población (Hernández et al., 2016, p. 177).

Para determinar el tamaño de la muestra, aplicamos la siguiente fórmula:

$$n = \frac{(Z)^2 (p \times q \times N)}{(E)^2 (N-1) + (Z)^2 \times p \times q}$$

Donde:

n = El tamaño de muestra

Z = Nivel de confianza = 95% (equivale a Z= 1.96)

p = proporción de éxito = 0.5

q = 1 – p = 0.5

N = Población = 935 vehículos

E = error muestral = 5%

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5 \times 0.5 \times 935)}{(0.05)^2 (935-1) + (1.96)^2 \times (0.5) \times (0.5)} = 272.49$$

Resultando 272 vehículos de transporte público urbano que son la muestra para la presente tesis.

### 3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

#### Técnicas de la investigación

Esta investigación utilizó métodos de realización como son las encuestas y el recojo de información mediante observación a los conductores seleccionados aleatoriamente de las diferentes rutas de transporte de pasajeros de la ciudad.

Un método de investigación social de los más populares es la encuesta, que recopila información a través de una muestra de personas hablando o escribiendo.

Según Campos (2021), la observación es un proceso empírico fundamental de la ciencia cuyo principal objetivo es el estudio de uno o varios hechos.

### **Instrumentos de investigación**

Para nuestro estudio, se empleará una ficha con preguntas diseñadas según las diferentes maneras de investigar a las personas, sus opiniones, características, hábitos y otros aspectos. Las fichas de recopilación de información se completarán con la información pertinente para posteriormente llevar a cabo los cálculos requeridos.

## **3.7 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

### **Validez de los instrumentos**

La validez se entiende como el grado en que un instrumento de medición efectivamente evalúa la variable que se desea medir, es decir, si el instrumento captura efectivamente el concepto o la variable que se estaba investigando (Hernández et al., 2016, p. 200).

La validez se describe como la conexión entre lo que se está midiendo y lo que realmente se quiere medir, según Hernández et al. (2016). La validez de contenido se refería a la medida en que una herramienta reflejaba una sección específica del contenido que se estaba evaluando. Este nivel indicaba en qué medida la herramienta representaba la idea o la variable en cuestión.

En este estudio, el instrumento fue analizado por tres especialistas en ingeniería ambiental y metodología de la investigación para determinar su validez de contenido. Estos expertos también evaluaron la relevancia de los ítems en relación con los objetivos, variables, dimensiones e indicadores, así como la interconexión entre ellos.

### **Confiabilidad de los instrumentos**

El instrumento de medición que tiene la competencia para producir resultados consistentes y reproducibles cuando se aplica en forma repetida a un grupo de informantes en diferentes momentos se conoce como confiabilidad. (Hernández, et al, 2016, p. 200).

En la investigación, fue crucial distinguir entre validez y confiabilidad. La validez está referida a la precisión y exactitud de los resultados obtenidos por la aplicación del instrumento, mientras que la confiabilidad hacía alusión a la consistencia y estabilidad de esos resultados. En otras palabras, un instrumento confiable generaría resultados consistentes, aunque no necesariamente precisos. Por lo tanto, ambos conceptos eran esenciales y complementarios para el estudio.

### **3.8 DISEÑO DE LA ESTRATEGIA PARA LA PRUEBA DE HIPÓTESIS**

Microsoft Excel fue utilizado en esta tesis con la finalidad de procesar los datos estadísticos de la encuesta, donde se ingresaron, se describieron y se analizaron las variables, y luego se presentaron los datos mediante tablas y gráfico para mostrar los resultados en cantidades y porcentajes.

### **3.9 PROCEDIMIENTO**

#### **Determinación de los alcances**

El World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) y el World Resources Institute (WRI), organizaciones que han establecido las fuentes principales de liberación de gases contaminantes para la investigación en cuestión.



Con el propósito de identificar las fuentes de liberaciones directas e indirectas, aumentar la confiabilidad y facilitar un cálculo más preciso, se definieron tres alcances que establecen la forma en que se debe realizar el reporte:

- Alcance 1: Emisiones directas de gases de efecto invernadero generadas por fuentes que son de propiedad o están bajo el control de la organización. Estas emisiones resultan de la combustión en fuentes móviles, como el transporte de materiales, productos o empleados en vehículos que pertenecen a la organización.
- Alcance 2: Emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) que se generan a partir de la producción de energía eléctrica que la organización adquiere y consume.
- Alcance 3: Esta referido a las liberaciones en forma indirecta de gases que dan un efecto invernadero y que resultan de las acciones de la organización, pero que provienen de fuentes que no están bajo su control ni son de su propiedad. Este alcance tres es una sección de reporte opcional que permite incluir liberaciones indirectas adicionales

Además de los documentos mencionados, que constituyen el núcleo de esta investigación, se emplearon diversas herramientas y así poder identificar las liberaciones de gases de efecto invernadero (GEI) y se recurrió a múltiples fuentes para conseguir los factores de emisión. Además se identificaron otros factores como la ruta, las características del vehículo, el modelo de vehículo, la cuantía de combustible consumido, entre otros.

## **Cálculo de la huella del carbono**

En la determinación de la huella del carbono (HdC), se aplicaron las directrices siguientes:

## Tabla 2.

### *Directrices específicas según el alcance*

Alcance	Directriz
Alcance 1: Las liberaciones directas	
Gasto de Combustible por el transporte en Puno	IPPC (2006)
Alcance 3: Las liberaciones indirectas	
Distancia recorrida por las unidades de transporte en Puno.	IPPC (2006)

Nota: Alcance 1 y 3 para determinar HdC

## Identificación de las fuentes de emisión

### Alcance 1

Para la presente investigación, las emisiones directas son las fuentes de liberación para el alcance 1. Tenemos el gasto de combustible y el tipo de combustible desde setiembre, octubre y noviembre de 2023.

### Alcance 3

Para el alcance 3 consideramos las liberaciones indirectas de GEI del transporte urbano en Puno incluye la ruta y el horario del transporte urbano durante el día, así como las características de marca y modelo de vehículos, etc.

## Valoración de los gases de efecto invernadero

### Valoración de GEI por el gasto de combustible (alcance 1)

Se llevó a cabo la recolección del gasto semanal de combustible de los automóviles de transporte de pasajeros en la ciudad de Puno, este recojo de información se realizó en los meses de setiembre, octubre y noviembre de 2023. Se obtuvo el consumo mensual promedio de combustible, el cual fue convertido de galones (gal) a metros cúbicos ( $m^3$ ) y luego a kilogramos (kg). Para el combustible Diesel tenemos el valor calórico neto, la densidad con sus unidades respectivas y se presentan en la tabla 3.

Luego, realizamos la multiplicación de los Kg de combustible por el VCN (ver tabla 3), se realiza la multiplicación por separado por cada factor de liberación de que conforma los GEI, es decir, para el  $CO_2$ , luego para  $CH_4$  y finalmente para  $N_2O$ , luego se multiplica por PCG (ver tabla 4)

#### Tabla 3.

*Valor calórico neto y densidad del combustible (Diesel DB5)*

Tipo de combustible	Valor calórico neto (GJ/kg) <sup>1</sup>	Densidad (kg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Diesel	0.043	850

Nota: 1 dato del valor calórico neto (GJ/Kg) de IPPC 2006

2 dato de la densidad (Kg/m<sup>3</sup>) de CPGMV 2006

#### Tabla 4.

*Factor de Emisión por defecto del Diesel*

Tipo de Combustible	Kg $CO_2$ /GJ	Kg $CH_4$ /GJ	Kg $N_2O$ /GJ
Diesel	9.67	0.0033	0.000568

Nota: Para fuentes móviles de combustión

**Tabla 5.***Potencial de calentamiento global (PCG) del GEI*

GEI	PCG
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	25
N <sub>2</sub> O	298

Nota: Para fuentes móviles de combustión

Finalmente, se tuvo como resultado final la suma que no da como resultado el total de liberaciones del GEI, todo el proceso descrito se calcula con aplicación de la siguiente ecuación que la llamaremos: Formula 1 (IPPC 2006).

**Formula de Emisiones directas de GEI (t CO<sub>2</sub>e)**

$$ED = \sum \frac{(CU_i \times VCN_i \times FE_c)}{10^3} + \frac{(CU_i \times VCN_i \times FE_m \times PCG_m)}{10^3} + \frac{(CU_i \times VCN_i \times FE_o \times PCG_o)}{10^3}$$

Para calcular las liberaciones directas de gases de efecto invernadero del transporte, se utiliza la ecuación y los factores de emisión que depende del tipo del combustible, considerando el valor calórico y un factor de emisión de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, considerando para estos dos últimos el potencial de calentamiento. Una mayor descripción de la formula utilizada se muestra en el anexo.

**Valoración del GEI por la distancia recorrida (alcance 3)**

En el marco de este estudio, se creó una tabla que describe las características de cada vehículo de transporte urbano con el objetivo de calcular las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) en la ciudad. Esta tabla contenía información sobre la distancia recorrida en kilómetros, el horario laboral diario y otras especificaciones de cada vehículo. Posteriormente, conforme

a la Tabla 6, se multiplicaron estos datos por los factores de emisión de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, según el tipo de vehículo.

**Tabla 6.**

*Factor de Emisión por tipo de vehículo*

Tipo de transporte	Unidad	Kg CO <sub>2</sub>	Kg CH <sub>4</sub>	Kg N <sub>2</sub> O	Kg CO <sub>2</sub> e
Hiace	Km	0.90374	0.1165	0.000007	1.02025

Por otro lado, se consideró el número de pasajeros de cada unidad de transporte porque nos sirve para el cálculo de los gases de efecto invernadero (GEI), por lo tanto, lo consideramos como la variable "n" en la ecuación 2, ya que cada pasajero corresponde a un porcentaje de emisión de GEI por cada vehículo de transporte urbano.

Por la información recopilada por la encuesta, se realizó luego el cálculo de las distancias recorridas por las unidades de transporte, luego se multiplica por los factores e emisión de acuerdo a la tabla 6 presentada, finalmente calculamos las emisiones totales a través de la ecuación que llamaremos fórmula 2, una descripción detallada de la formula la encontramos en el anexo.

**Formula de emisiones indirectas de GEI (t CO<sub>2</sub>e)**

$$OEI_t = \sum \frac{DR_i \times FE_c}{n} + \left( \frac{DR_i \times FE_m}{n} \right) \times PCG_m + \left( \frac{DR_i \times FE_o}{n} \right) \times PCG_o$$

**Tabla 7.***Cantidad de pasajeros por tipo de medio de transporte*

Modelo	N
Combi	14

En la tabla 7, presentamos según los datos recopilados que en promedio son 14 pasajeros, el total de asientos de cada unidad de transporte.

### Valoración total de emisiones de GEI

Se utilizó la siguiente ecuación para realizar los cálculos las liberaciones totales de gases de efecto invernadero del transporte público (IPPC 2006).

Ecuación 3: Valoración total GEI (tCO<sub>2</sub>e)

$$ET = ED + OIE$$

Donde:

ET: Emisiones totales de GEI (tCO<sub>2</sub>e)

ED: Emisiones Directas de GEI (tCO<sub>2</sub>e) (alcance 1)

OIE: Emisiones indirectas (tCO<sub>2</sub>e) (alcance 3)



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 CARACTERIZACIÓN VEHICULAR DEL TRANSPORTE URBANO

Para la presente investigación, se llevó a cabo el análisis y proceso de la información recopilada, la cual se presenta en la tabla 8, que muestra la caracterización vehicular según la información obtenida de las unidades de transporte urbano encuestadas. Se puede consultar más detalles en los anexos.

De la tabla 8 se observa dieciocho modelos de vehículos de transporte urbano de un total de 272 unidades vehiculares, donde observamos que su mantenimiento es de 15 días o 2 veces al mes, todos los vehículos de transporte utilizan el mismo combustible Diesel (D2B5), solo se encontró un vehículo que utiliza gasolina.

**Tabla 8.**

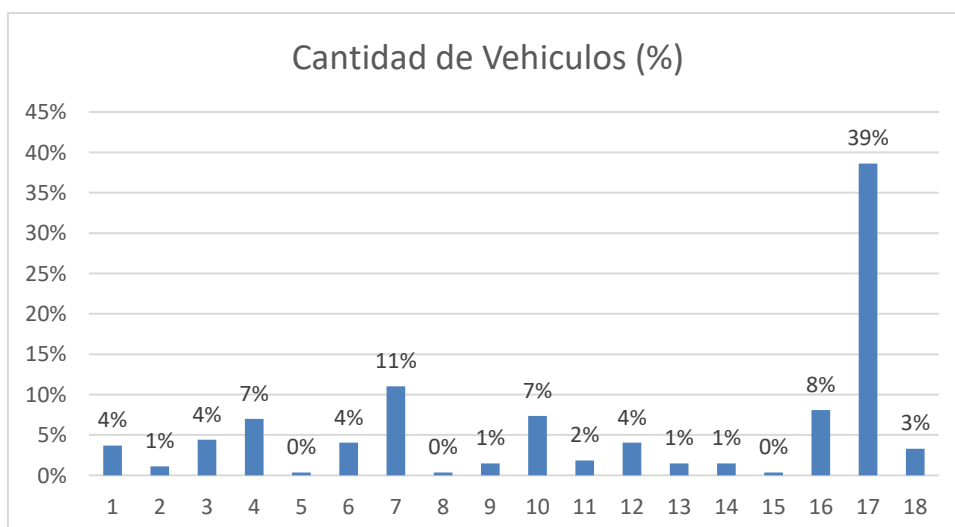
*Cantidad de Vehículos de transporte público por marca*

Código	Marca de Vehículo	Cantidad de Vehículos
1	AICHI SAN	10
2	AUTOCRAFT	3
3	BAW	12
4	BAWM	19
5	DONGFENG	1
6	FIGHTER	11
7	FOTON	30
8	JAIC	1
9	JIN BEI	4
10	JINCHENG	20
11	JOYLONG	5
12	KINGLONG	11
13	KINGSTAR	4
14	PANTOJA	4
15	SHENGLI	1
16	SHINELAND	22
17	TOYOTA	105
18	WINGS	9

Nota: Encuesta a los conductores o propietarios.

**Figura 1.**

*Cantidad de Vehículos por marca*



Interpretación:

De la Fig. 1, podemos observar de un total de 272 vehículos encuestados, 105 vehículos de transporte urbano son de la marca TOYOTA, que representa el 39.00% de los encuestados. Por otro lado 30 vehículos son de la marca FOTON, con un 11,00% de los encuestados, y 22 vehículos son de la marca SHINELAND de los encuestadas con un 8,00% de vehículos de servicio público.

### Uso de combustible por automóvil de transporte urbano en Puno Ciudad (alcance 1)

Tabla 9.

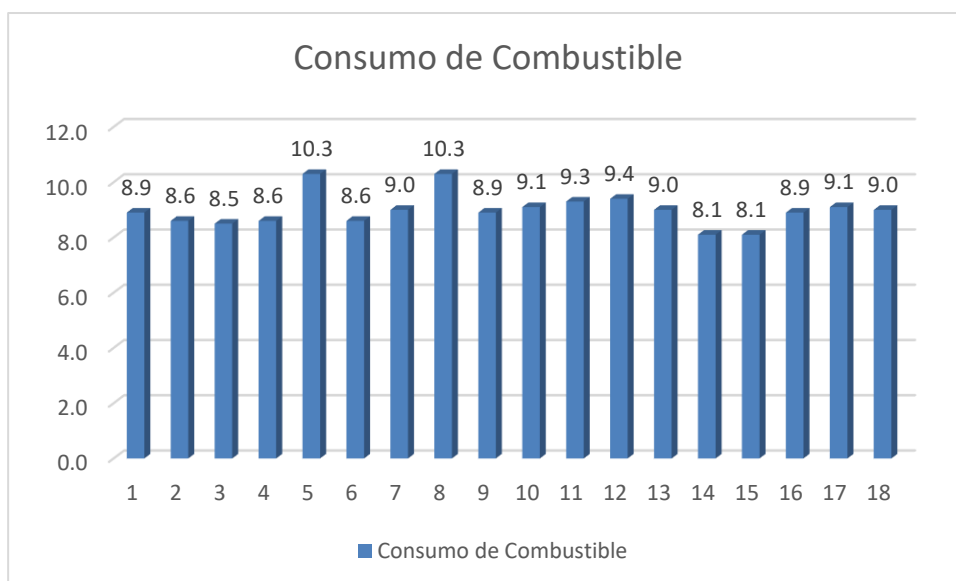
*Consumo promedio de combustible según tipo de automóvil*

Código	Marca de Automóvil	Cantidad de Unidades	Consumo de Combustible
1	AICHI SAN	10	8.9
2	AUROCRAFT	3	8.6
3	BAW	12	8.5
4	BAWM	19	8.6
5	DONGFENG	1	10.3
6	FIGHTER	11	8.6
7	FOTON	30	9.0
8	JAIC	1	10.3
9	JIN BEI	4	8.9
10	JINCHENG	20	9.1
11	JOYLONG	5	9.3
12	KINGLONG	11	9.4
13	KINGSTAR	4	9.0
14	PANTOJA	4	8.1
15	SHENGLI	1	8.1
16	SHINELAND	22	8.9
17	TOYOTA	105	9.1
18	WINGS	9	9.0

Nota: Encuesta aplicada.

**Figura 2.**

*Gasto promedio de combustible por modelo de vehículo*



De la Fig. 2, se muestran de un total de 272 vehículos, observamos para el consumo de combustible, 10,3 galones por día las marcas DONGFENG y JAIC. En cuanto a los vehículos con menor consumo de combustible, 8.1 galones por día para las marcas PANTOJA y SHENGLI.

En total, el gasto de combustible por el automóvil de servicio público en nuestra ciudad de Puno es de 9.0 galones por día.

**Tabla 10.**

*Distancia promedio recorrida por los automóviles de transporte público.*

Código	Marca de Vehículo	Cantidad de Unidades	Distancia promedio Recorrida
1	AICHI SAN	10	189.6
2	AUTOCRAFT	3	161.3
3	BAW	12	169.8
4	BAWM	19	179.5
5	DONGFENG	1	216.0
6	FIGHTER	11	168.7
7	FOTON	30	184.1
8	JAIC	1	208.0
9	JIN BEI	4	180.5
10	JINCHENG	20	188.1
11	JOYLONG	5	198.4
12	KINGLONG	11	190.5
13	KINGSTAR	4	190.0
14	PANTOJA	4	160.0
15	SHENGLI	1	176.0
16	SHINELAND	22	183.2
17	TOYOTA	105	184.7
18	WINGS	9	183.1

Nota: Encuesta Aplicada.

**Figura 3.**

*Distancia promedio recorrida por los vehículos de transporte público*



Interpretación:

De la Fig. 3, podemos observar de un total de 272 vehículos de transporte público, la marca DONGFENG tiene la mayor distancia recorrida con 216 km por día, mientras la marca PANTOJA tiene la menor distancia recorrida con 160 Km por día. Finalmente, el promedio de recorrido de los vehículos de transporte público es 184 Km por día.

**Tabla 11.**

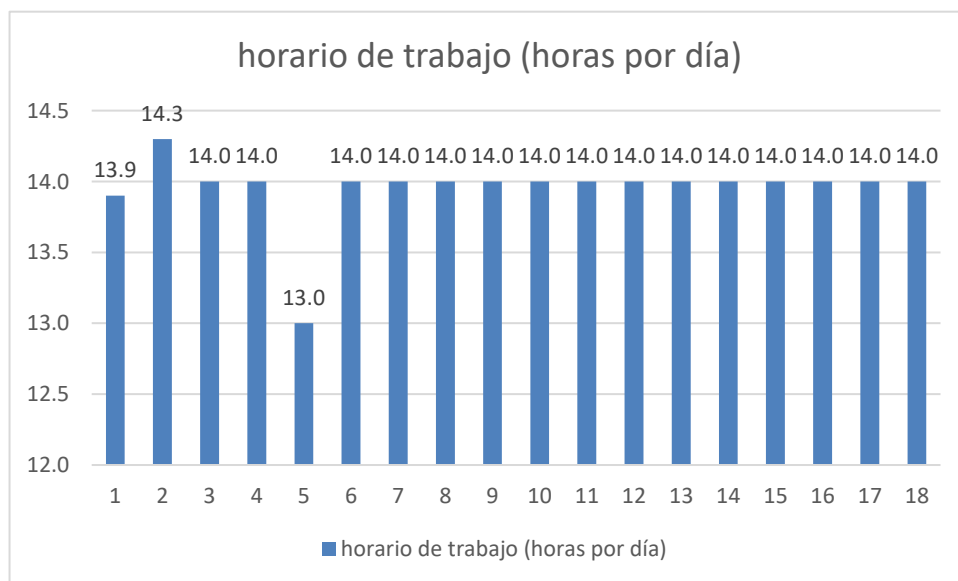
*horas de trabajo por día de los vehículos de transporte urbano.*

Código	Marca de Vehículo	Cantidad de Unidades	horario de trabajo (horas por día)
1	AICHI SAN	10	13.9
2	AUTOCRAFT	3	14.3
3	BAW	12	14.0
4	BAWM	19	14.0
5	DONGFENG	1	13.0
6	FIGHTER	11	14.0
7	FOTON	30	14.0
8	JAIC	1	14.0
9	JIN BEI	4	14.0
10	JINCHENG	20	14.0
11	JOYLONG	5	14.0
12	KINGLONG	11	14.0
13	KINGSTAR	4	14.0
14	PANTOJA	4	14.0
15	SHENGLI	1	14.0
16	SHINELAND	22	14.0
17	TOYOTA	105	14.0
18	WINGS	9	14.0

Nota: Encuesta Aplicada.

**Figura 4.**

*Horario de trabajo de los automóviles de transporte urbano*



Interpretación:

De la Fig. 4, podemos ver que, el horario de trabajo de los automóviles de transporte urbano de un total de 272 vehículos. Registra el mayor número de horas el modelo AUTOCRAFT con 14.3 horas; mientras que el modelo de vehículo con menor número de horas trabajadas es DONGFENG con 13 horas. En cuanto al promedio de horas trabajadas por los automóviles de transporte es de 14 horas por día.

**Tabla 12.**

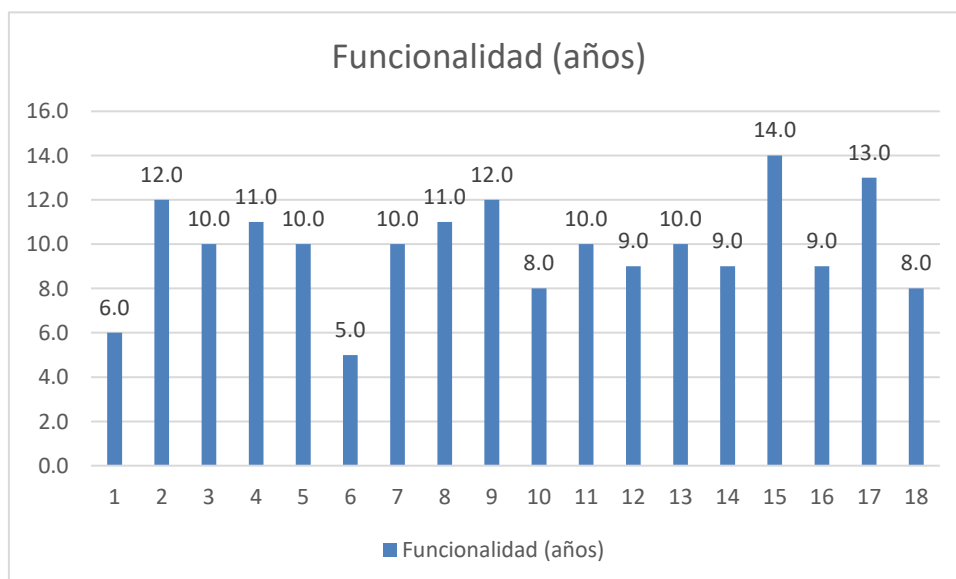
*Funcionalidad de los automóviles de transporte.*

Código	Marca de Vehículo	Cantidad de Unidades	Funcionalidad (años)
1	AICHI SAN	10	6.0
2	AUTOCRAFT	3	12.0
3	BAW	12	10.0
4	BAWM	19	11.0
5	DONGFENG	1	10.0
6	FIGHTER	11	5.0
7	FOTON	30	10.0
8	JAIC	1	11.0
9	JIN BEI	4	12.0
10	JINCHENG	20	8.0
11	JOYLONG	5	10.0
12	KINGLONG	11	9.0
13	KINGSTAR	4	10.0
14	PANTOJA	4	9.0
15	SHENGLI	1	14.0
16	SHINELAND	22	9.0
17	TOYOTA	105	13.0
18	WINGS	9	8.0

Nota: Encuesta Aplicada.

**Figura 5.**

*Funcionalidad de los automóviles de transporte.*



### Interpretación:

De la Fig. 5, encontramos que el para el aspecto de funcionabilidad del automóvil de transporte urbano. Tenemos en promedio la marca SHENGLI funciona 14 años, para el caso de la marca FIGHTER su funcionamiento es de 5 años en promedio. El promedio de funcionamiento de los automóviles de transporte en la ciudad según los datos obtenidos en la encuesta corresponde a 10 años.

### Cálculo de la huella de Carbono:

Los resultados del consumo de combustible por modelo de los vehículos de transporte en la ciudad de Puno se presenta en el anexo 11, mientras que los resultados promedio se observan en la tabla 13.

#### Tabla 13.

*Los resultados del gasto promedio de combustible por tipo de automóvil de transporte urbano.*

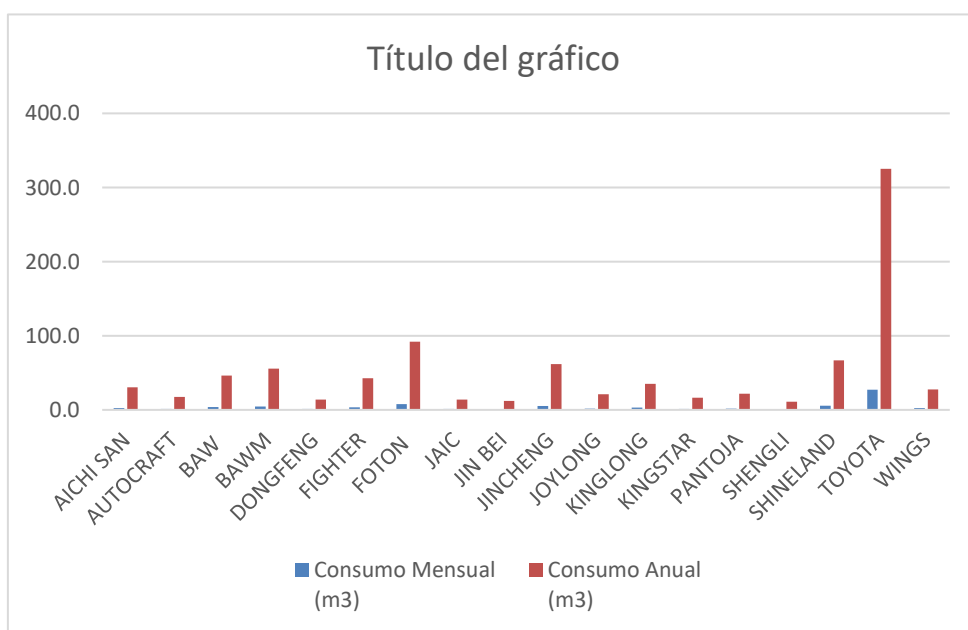
Modelo de vehículo	Gasto Mensual (m <sup>3</sup> )	Gasto Anual (m <sup>3</sup> )	Peso
AICHI SAN	2.5	30.3	25791.1
AUTOCRAFT	1.5	17.7	15022.2
BAW	3.8	46.1	39214.5
BAWM	4.6	55.7	47328.9
DONGFENG	1.2	14.1	11945.3
FIGHTER	3.6	42.9	36439.3
FOTON	7.7	92.0	78187.6
JAIC	1.2	14.1	11945.3
JIN BEI	1.0	12.1	10316.4
JINCHENG	5.2	61.9	52577.6
JOYLONG	1.8	21.0	17857.7
KINGLONG	2.9	35.2	29953.8
KINGSTAR	1.4	16.3	13875.9
PANTOJA	1.8	21.9	18642.0
SHENGLI	0.9	11.1	9411.5
SHINELAND	5.6	67.0	56921.3
TOYOTA	27.1	325.1	276371.6
WINGS	2.3	27.5	23347.7

Nota: Elaboración propia.

De la tabla 13, podemos observar el promedio de uso de combustible por el origen de emisión donde el mayor consumo es de Toyota con un consumo 27.1 m<sup>3</sup> mensual y 325.1 m<sup>3</sup> anual, luego estos valores se convirtieron en peso obteniendo 276 371.6 Kg.

**Figura 6.**

*Uso de combustible Diesel por modelo de vehículo de transporte urbano*



**Interpretación:**

De la Fig.6; encontramos que la preferencia de consumo de cada mes y al año entre el origen de emisión. Donde observamos que el mayor consumo de combustible es de Toyota, con 325.1 m<sup>3</sup>, luego le sigue Fotón con 92.0 m<sup>3</sup>, en tercer lugar, esta Shineland con 67m<sup>3</sup>.

## 4.2 ESPECIFICACIÓN DE GEI POR MODELO DE AUTOMÓVIL DE TRANSPORTE PÚBLICO (ALCANCE 1)

Los resultados promedio para determinar los GEI por modelo de automóvil se muestran en la tabla 14, los cálculos realizados se encuentran en el anexo 12.

**Tabla 14.**

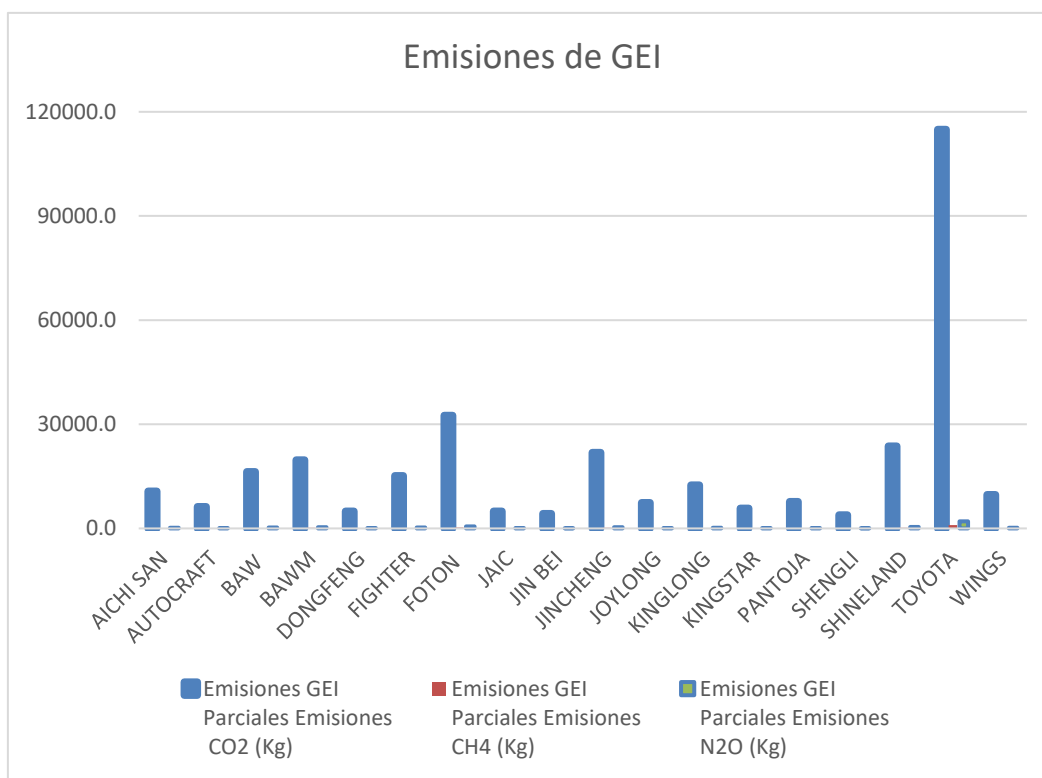
*Alcance 1: Emisiones de GEI*

Modelo de vehículos	Emisiones GEI Parciales			Totales		Participación (%)
	Emisiones CO <sub>2</sub> (Kg)	Emisiones CH <sub>4</sub> (Kg)	Emisiones N <sub>2</sub> O (Kg)	(KgCO <sub>2</sub> e)	(tCO <sub>2</sub> e)	
AICHI SAN	10724.2	91.5	187.7	11003.4	11.0	3%
AUTOCRAFT	6246.4	53.3	109.3	6409.0	6.4	2%
BAW	16305.8	139.1	285.4	16730.3	16.7	5%
BAWM	19679.8	167.9	344.5	20192.2	20.2	6%
DONGFENG	4967.0	42.4	86.9	5096.3	5.1	2%
FIGHTER	15151.8	129.3	265.2	15546.3	15.5	5%
FOTON	32511.2	277.4	569.1	33357.7	33.4	10%
JAIC	4967.0	42.4	86.9	5096.3	5.1	2%
JIN BEI	4289.7	36.6	75.1	4401.4	4.4	1%
JINCHENG	21862.3	186.5	382.7	22431.5	22.4	7%
JOYLONG	7425.4	63.4	130.0	7618.7	7.6	2%
KINGLONG	12455.1	106.3	218.0	12779.4	12.8	4%
KINGSTAR	5769.7	49.2	101.0	5920.0	5.9	2%
PANTOJA	7751.5	66.1	135.7	7953.3	8.0	2%
SHENGLI	3913.4	33.4	68.5	4015.3	4.0	1%
SHINELAND	23668.5	201.9	414.3	24284.7	24.3	7%
TOYOTA	114918.1	980.4	2011.5	117910.0	117.9	36%
WINGS	9708.2	82.8	169.9	9961.0	10.0	3%
Total	322315.0	2749.8	5641.8	330706.6	330.7	100%

Nota: Elaboración propia.

**Figura 7.**

*Emisión de GEI parciales por el consumo de combustible*



Interpretación:

En la figura 7 se muestran las emisiones parciales por el consumo de combustible y el total de GEI por cada origen de emisión (modelo de automóvil) que corresponde al primer alcance. Donde según los resultados de las liberaciones de GEI para Toyota tenemos para dióxido de carbono 114918,1 Kg, para metano 980.4Kg y óxido nitroso 2011.5 Kg.

### 4.3 CALCULO DE LAS EMISIONES DE GEI SEGÚN LA DISTANCIA

#### RECORRIDA POR LOS AUTOMÓVILES DE TRANSPORTE

A continuación, podemos ver los cálculos de la distancia recorrida total en (Km / día), por automóvil de transporte urbano y la cantidad total de automóvil, ver tabla 15.

**Tabla 15.***Distancia recorrida total (Km)*

Modelo de vehículo	Emisiones Parciales			Emisiones Totales (tCO <sub>2</sub> e)	Participación (%)
	CO <sub>2</sub> (ton)	CH <sub>4</sub> (ton)	N <sub>2</sub> O (ton)		
AICHI SAN	8731950.3	28140621.6	20155.0	36892.7	4%
AUTOCRAFT	2228996.1	7183428.0	5144.9	9417.6	1%
BAW	9385741.3	30247606.1	21664.0	39655.0	4%
BAWM	15704292.9	50610522.1	36248.4	66351.1	7%
DONGFENG	994779.2	3205893.6	2296.1	4203.0	0%
FIGHTER	8547870.1	27547382.9	19730.1	36115.0	4%
FOTON	25431805.4	81959560.4	58701.3	107450.1	11%
JAIC	957935.5	3087156.8	2211.1	4047.3	0%
JIN BEI	3325141.4	10715996.2	7675.0	14048.8	1%
JINCHENG	17325736.9	55835980.2	39991.0	73201.7	8%
JOYLONG	4568615.4	14723363.2	10545.2	19302.5	2%
KINGLONG	9653272.4	31109783.7	22281.5	40785.3	4%
KINGSTAR	3500148.9	11279996.0	8079.0	14788.2	2%
PANTOJA	2947493.8	9498944.0	6803.4	12453.2	1%
SHENGLI	810560.8	2612209.6	1870.9	3424.6	0%
SHINELAND	18559815.7	59813069.3	42839.5	78415.7	8%
TOYOTA	89315969.9	287840266.4	206157.9	377362.4	39%
WINGS	7589750.4	24459632.4	17518.6	32066.9	3%
Total	229579876.5	739871412.4	529913.1	969981.2	100%

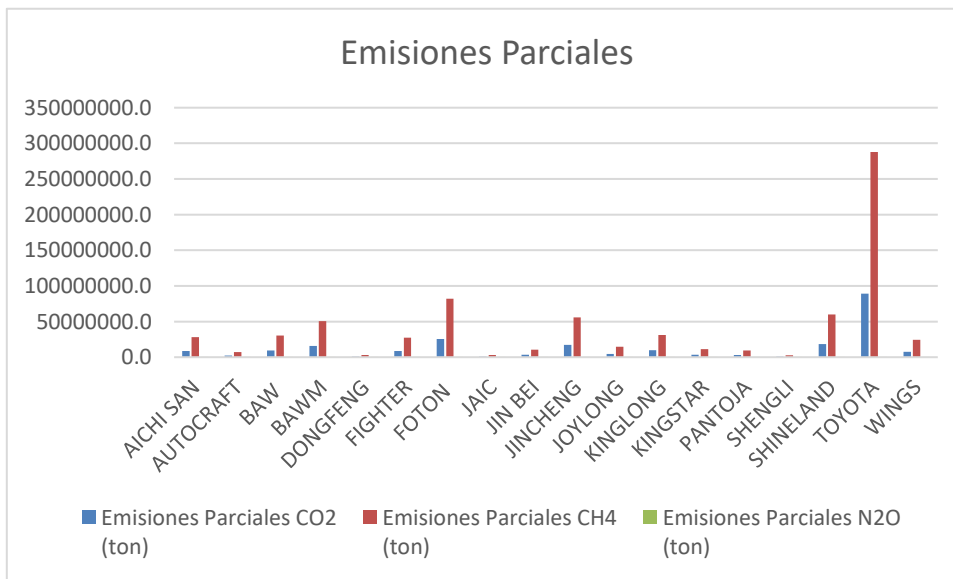
Nota: Elaboración propia.

**Interpretación:**

De la Tabla 15, observamos las liberaciones parciales por cada modelo móvil donde Toyota tiene un valor de 89315969.9 toneladas del CO<sub>2</sub>, 287840266.4 toneladas de CH<sub>4</sub> y 206157.9 toneladas de N<sub>2</sub>O.

**Figura 8.**

*Emisiones parciales de GEI equivalente de vehículos de transporte urbano*



**Interpretación:**

En la figura 8 se pueden observar las cantidades de las emisiones parciales de gases de efecto invernadero (GEI) para cada vehículo de transporte urbano. En total, se registraron 229,579,876.5 toneladas de CO<sub>2</sub>, 739,871,412.4 toneladas de CH<sub>4</sub> y 529,913.1 toneladas de N<sub>2</sub>O.

#### 4.4 TOTALES DE EMISIONES DE GEI

El total estimado de liberación de gases de efecto invernadero (GEI) que resulta de la huella de carbono (HdC) para los vehículos de transporte de pasajeros en la ciudad, considerando el alcance 1 (consumo de combustible) y el alcance 3 (distancia recorrida), se presenta en la siguiente tabla 16.

**Tabla 16.**

*Concepción de GEI del transporte público de la ciudad de Puno*

Fuente de Emisión	Emisiones CO2 (ton)	Emisiones CH4 (ton)	Emisiones N2O (ton)
Alcance 1	322.3	2.7	5.6
Alcance 3	229579876.5	739871412.4	529913.1
Total	229580198.8	739871415.1	529918.7

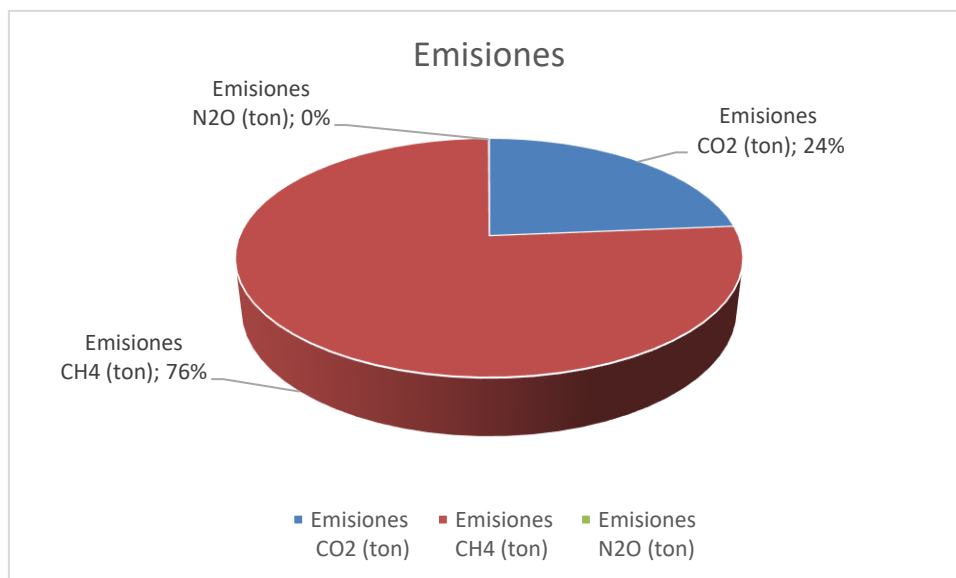
Nota: resultados de emisiones totales

Interpretación:

Observamos en la Tabla 16, según el alcance 1 y 3, las liberaciones por tipo de GEI, nos muestra una tendencia mayor de 739871415.1 toneladas de CH<sub>4</sub>, comparando con los 229580198.8 toneladas de CO<sub>2</sub> y 529918.7 toneladas de N<sub>2</sub>O.

**Figura 9.**

*Emisiones de gases de efecto invernadero para el transporte de automóvil urbanos*



De la figura 9. De acuerdo al alcance 1 y 2 nos indica el porcentaje de GEI para los vehículos de transporte de pasajeros de la ciudad capital de Puno, donde



la emisión con mayor porcentaje tiene un valor de 76% para CH<sub>4</sub>, también tenemos un 24% para CO<sub>2</sub> y por último un 0% de N<sub>2</sub>O.

**Tabla 17.**

*HdC por alcance del transporte de pasajeros de la ciudad de Puno.*

Alcance	Fuente de Emisión	tCO2 eq	% del total
Alcance 1	consumo de combustible	330.7	0%
Alcance 2	Distancia Recorrida	969981.2	100%
Total		970311.9	100%

Nota: resultados por alcance y totales

En la tabla 17 se presenta la modificación por alcance de la HdC de automóviles de transporte urbanos de la ciudad capital de Puno, que resultó un 100% del alcance 3 (Distancia recorrida) y un 0.003% del alcance 1 (gasto de combustible).

**4.5 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

Como resultado de la investigación, se descubrió que las liberaciones de CO<sub>2</sub> para el año 2023 fueron de 970,311.9 tCO<sub>2</sub> eq, lo que permitió estimar y computar la huella de carbono del servicio de transporte público. Según la información proporcionada por el transporte diario en Puno, se identificaron los tres gases de efecto invernadero más importantes analizados en la mayoría de los artículos científicos actuales. El CH<sub>4</sub> presentó la más alta cantidad de emisiones con un 76%, seguido por el CO<sub>2</sub> con un 24% y el N<sub>2</sub>O con un aproximado 0%.

La marca y modelo del vehículo, la funcionalidad de los automóviles de transporte urbano, el combustible utilizado por los vehículos, la cantidad de galones consumidos por día por cada vehículo encuestado, el horario de trabajo diariamente y el servicio de mantenimiento que realizan a las unidades vehiculares de transporte fueron las características de cada automóvil de transporte que se



identificó en la presente tesis. Según los resultados del recojo de información tenemos los siguientes datos: se encontraron dieciocho modelos de vehículos utilizados para el transporte público en la ciudad capital Puno, donde la funcionalidad de los automóviles de transporte urbano oscila entre 2 a 30 años, todas las unidades emplean el combustible Diesel que actualmente él más económico del país, solo se encontró una sola unidad vehicular que utiliza gasolina; el consumo de combustible va desde 7.81 a 10.31 galones por día, el recorrido de las diferentes rutas por día es de 120 a 220 Km. Dependiendo de la distancia de cada ruta. El mantenimiento principal de cada vehículo se realiza quincenalmente que consiste en cambio de aceite del motor y revisión de los sistemas de fluidos básicamente, para otros aspectos el mantenimiento es mensual.

De un total de 272 vehículos cuyos propietarios o conductores entrevistados se tiene que La marca y los modelos que predominan son en primer lugar Toyota con 105 unidades vehiculas, que representa el 38.6%, luego está el modelo Foton con 30 unidades que representa el 11.0%, en tercer lugar, es el modelo Shineland con un 8%.

En comparación con los resultados presentados con respecto a las toneladas de gases que contaminan se encontraban en el ambiente en el distrito de Huancayo fue mayor en un 50% según los resultados encontrados en la ciudad de Puno.

El consumo promedio del combustible Diesel D2B5 para la marca Toyota con un consumo 27.1 m<sup>3</sup> mensual y 325.1 m<sup>3</sup> anual, luego estos valores se convirtieron en peso obteniendo 276 371.6 Kg.



Otro factor investigado es la distancia recorrida por la unidad automotriz realizada en su ruta establecida para cada empresa en el transporte urbano, otro punto que se consideró el tiempo de trabajo, que según el trabajo de campo tenemos que el vehículo de la marca DONGFENG tiene la mayor distancia recorrida con 216 km por día, mientras la marca PANTOJA tiene la menor distancia recorrida con 160 Km por día. Finalmente, el promedio de recorrido de los vehículos de transporte público es 184 Km por día.

Se encontraron emisiones que cumplieran con los alcances 1 y 3 de la HdC del transporte vehicular público. Para los vehículos, el alcance 1 (gasto de combustible) fue de 330 tCO<sub>2</sub> eq. En el alcance 3 (distancia recorrida) los vehículos obtuvieron un valor total de 969981.2 t CO<sub>2</sub> para este alcance.

La emisión de la huella de carbono (HdC) del transporte público en la ciudad de Puno para el 2023 corresponde al 100% en relación con el alcance 3 (distancia recorrida) y del 0.003% en relación con el alcance 1.



## CONCLUSIONES

**PRIMERA.-** Los vehículos de transporte urbano en Puno, predominantemente de la marca Toyota, presentan un impacto significativo en la calidad del aire debido a sus emisiones de CO<sub>2</sub>. Con un total de 274 unidades en operación, donde 105 son Toyota y 30 son Fotón, se ha observado que estos vehículos, con una antigüedad que varía entre dos y treinta años, utilizan Diesel D2B5 como combustible. El consumo diario de combustible oscila entre 7.8 y 10.3 galones, lo que se traduce en un recorrido estimado de entre 120 a 220 km por ruta durante un horario operativo de 12 a 15 horas al día. Este patrón operativo, junto con el mantenimiento quincenal, sugiere que las emisiones acumuladas son significativas. Los datos recopilados nos muestran que las emisiones totales de CO<sub>2</sub> anuales alcanzan cifras alarmantes, contribuyendo al deterioro de la calidad del aire en Puno.

**SEGUNDA.-** Los vehículos del servicio de transporte de pasajeros en Puno presentan características que influyen directamente en sus emisiones de CO<sub>2</sub>. En primer lugar, la predominancia de modelos antiguos, con antigüedades que oscilan entre dos y treinta años, se asocia con una menor eficiencia en el gasto de combustible y un mayor nivel de emisiones. La mayoría de estos vehículos utilizan Diesel D2B5, un combustible que, aunque común, contribuye a niveles elevados de CO<sub>2</sub>.

Los resultados muestran que las emisiones totales anuales alcanzan aproximadamente 330.7 toneladas para el alcance 1 y 969,981.2



toneladas para el alcance 3, lo que señala la considerable contribución del transporte público a la polución del aire en la ciudad.

**TERCERA.** El análisis de las metodologías para medir y cuantificar las emisiones de CO<sub>2</sub> revela una variedad de enfoques que varían en precisión y aplicabilidad. Las técnicas más comunes incluyen el uso de factores de emisión basados en el gasto de combustible y la distancia recorrida, así como modelos de simulación que consideran las dinámicas del tráfico. En particular, se destaca el uso del Comprehensive Modal Emissions Model (CMEM), que facilita calcular emisiones en función de las velocidades y aceleraciones de los vehículos en situaciones reales de tráfico, proporcionando estimaciones más precisas. Además, se ha identificado que los métodos indirectos, como el propuesto por el IPCC, son útiles para estimar emisiones a gran escala, aunque pueden carecer de la precisión necesaria para estudios locales detallados. Por otro lado, las metodologías que integran encuestas a pasajeros y datos específicos sobre el tipo de vehículos ofrecen una visión más completa del impacto del transporte público en la polución del aire.

**CUARTA.** - El modelo desarrollado ha demostrado que existe una correlación significativa entre la densidad del tráfico del transporte público y las concentraciones de CO<sub>2</sub> en diversas zonas de Puno. Las áreas con mayor afluencia de vehículos presentan niveles elevados de emisiones, lo que resalta la participación del transporte público a la polución del aire en la ciudad. Los datos recopilados indican que, durante períodos de alta congestión, las concentraciones de CO<sub>2</sub> superan los límites recomendados por organismos internacionales, lo que refleja un peligro



para la salud de la población y el medio ambiente. Este hallazgo resalta la necesidad de considerar la planificación del transporte urbano no solo desde una perspectiva de movilidad, sino también como un factor crítico en la gestión ambiental. La implementación del modelo ha permitido identificar zonas críticas donde las emisiones son más pronunciadas, proporcionando una base sólida para futuras intervenciones.



## RECOMENDACIONES

**PRIMERA.** - Elaborar e ejecutar un Sistema Integrado de Monitoreo y Evaluación de Emisiones de CO<sub>2</sub> que combine tecnologías avanzadas de medición con un enfoque multidisciplinario, integrando datos sobre la densidad del tráfico, características de los vehículos y patrones de uso. Este sistema debe incluir: Instalar sensores y dispositivos en vehículos del transporte público para medir las emisiones directamente durante su operación. Esto permitirá obtener datos precisos y actualizados sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>. Utilizar herramientas analíticas y modelos matemáticos que relacionen las variables del tráfico (como la densidad y el tipo de vehículo) con las concentraciones de CO<sub>2</sub> en diferentes áreas urbanas. Esto facilitará la identificación de zonas críticas y el análisis del impacto ambiental. Implementar programas de capacitación para operadores y conductores sobre prácticas sostenibles y eficientes que reduzcan el gasto de combustible y, por ende, las emisiones. Utilizar los datos recopilados para informar y guiar la formulación de políticas públicas que incentiven el uso de tecnologías limpias, la modernización de la flota vehicular y el desarrollo de infraestructuras adecuadas para el transporte sostenible. Esta recomendación busca no solo cuantificar las emisiones de CO<sub>2</sub>, sino también proporcionar una base robusta para la toma de decisiones informadas que mejoren la calidad del aire en Puno y promuevan un sistema de transporte más sostenible.



**SEGUNDA.-** Es importante adoptar un enfoque integral que contemple todas las variables que afectan las emisiones de CO<sub>2</sub> en el transporte público. A continuación, se detallan recomendaciones específicas: Modernización de la Flota Vehicular, para ello se debe incentivar la renovación de los vehículos en circulación, priorizando la adquisición de modelos más eficientes y menos contaminantes. Esto incluye la promoción de vehículos eléctricos o híbridos, así como aquellos que utilicen combustibles alternativos. Capacitación y Concientización, se debe realizar programas de capacitación para conductores y operadores sobre formas de conducción eficiente que reduzcan el gasto de combustible y, por ende, las emisiones. La toma de conciencia sobre lo relevante de la disminución de emisiones también debe extenderse a los usuarios del transporte público. Implementar un sistema de monitoreo constante que permita evaluar las emisiones generadas por los vehículos en tiempo real. Esto facilitará la identificación rápida de unidades que no cumplan con los estándares establecidos y permitirá realizar ajustes en las políticas públicas.

**TERCERA.-** Se recomienda utilizar metodologías reconocidas internacionalmente, como las propuestas por el IPCC y los factores de emisión específicos para cada modelo de vehículo. Estas metodologías proporcionan un marco sólido para la estimación precisa de las emisiones. Integrar dispositivos de monitoreo en tiempo real que permitan calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> durante la operación diaria de los vehículos. Esto incluye el uso de software especializado que registre el consumo de combustible, la distancia recorrida y otros parámetros relevantes,



mejorando así la precisión en la estimación. Realizar estudios sobre las rutas más utilizadas y el comportamiento de conducción, ya que estos factores influyen significativamente en el gasto de combustible y, por ende, en las emisiones. Optimizar las rutas y promover prácticas de conducción eficiente puede dar como resultado una disminución considerable de las emisiones.

**CUARTA.** - A las autoridades locales y a los responsables de la formulación de políticas se les recomienda implementar estrategias que reduzcan la densidad del tráfico en las áreas más afectadas. Esto podría incluir: Desarrollo de corredores exclusivos para transporte público, fomentando el uso eficiente del espacio vial y reducir la congestión vehicular. Promoción de alternativas de transporte sostenible, Incentivar a la población el uso de bicicletas y caminar mediante la creación de infraestructuras adecuadas. Modernización de la flota vehicular, se recomienda sustituir vehículos antiguos por modelos más eficientes y menos contaminantes, así como considerar el uso de combustibles alternativos. Implementación de sistemas de monitoreo continuo, para establecer estaciones fijas para medir las concentraciones de CO<sub>2</sub> en tiempo real, permitiendo ajustes inmediatos en las políticas según sea necesario. Estas acciones no solo contribuirán a mejorar la calidad del aire en Puno, sino que también promoverán un sistema de transporte urbano más sostenible y eficiente.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Acosta; A. (2017). La Capacidad de los árboles para absorber CO2 está limitada por su longevidad. ABC Sociedad. Publicado 12 enero 2017. Madrid, España. Consultado 10 feb. 2017. Disponible en [http://www.abc.es/sociedad/abci-capacidad-arboles-para-absorber-esta-limitada-longevidad-201701122018\\_noticia.html](http://www.abc.es/sociedad/abci-capacidad-arboles-para-absorber-esta-limitada-longevidad-201701122018_noticia.html).
- Albareda José M. (2011) Consideraciones sobre la investigación Científica. Editorial Vita BREVIS.
- Álvarez, Ordoñez, Nieto Wills Romero, Calderón Hernández Arguello delgado (2015). Compromiso de Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: Consecuencias económicas de: <http://www.dotec-colombia.org/index.php/series/118-departamento-nacional-de-planeacion/archivos-de-economia/14157-compromiso-de-reduccion-de-emisiones-de-gases-de-efecto-invernaderoconsecuencias-economicas>
- Ambrós, A., Rieradevall, J., Gabarrell, X., Vidal, M., Sanyé, E., & Llorach, P. (2012). La huella de carbono como indicador de ecoeficiencia en la construcción. Aplicación en materiales de albañilería. Informes de la Construcción, 64(527), 547-558. <https://doi.org/10.3989/ic.11.050>
- Ambrós, L; Calabria, I; Ripoll, O; Román, E. 2012. Proyecto final de máster en Ingeniería y Gestión Medioambiental. Criterios de selección de un estándar para la medida de huella de carbono. (en línea, curso). Madrid, España. Escuela de Organización Industrial. 136 p. Consultado 18 may. 2016. Disponible en:



[http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:80108/EOI\\_HuellaCarbono\\_2012.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80108/EOI_HuellaCarbono_2012.pdf).

Arcaya, P. C. (2015). Análisis del sistema de transporte público y la polución del aire de los vehículos livianos en la ciudad de Tacna - 2014 (Tesis de pregrado). Universidad de Tacna. Recuperado de <https://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/vestsc/article/download/213/197/764>

Arias (2020). Determinación de la huella de carbono en las actividades administrativas correspondientes a la Municipalidad Distrital de Carhuamayo – Provincia de Junín, para controlar la emisión de gases de efecto invernadero - 2018. De: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1806>

Arias, F. G. (2012). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. 6ta. Edición. F. G. Arias Odón.

Arranz, M; Elosegui, M; Estrada, D; Terradillos, M. (2012). Cálculo de la Huella de Carbono de los másteres full time de Medio Ambiente y Sostenibilidad EOI (en línea, curso). Madrid, España Escuela de Organización Industrial. Consultado 18 mayo 2016. Disponible en: [https://static.eoi.es/savia/documents/EOI\\_HuellaCarbonoMIGMA\\_2013.pdf](https://static.eoi.es/savia/documents/EOI_HuellaCarbonoMIGMA_2013.pdf).

Barker, T. (2022). Compensación de carbono: Una guía práctica para reducir tu huella de carbono. Green Press.

Barreda, M; Polo, J. (2012). Evaluación de la huella de carbono en una institución educativa de nivel superior. Estudio de caso (en línea). Revista de Investigación 3(1):1-2. Arequipa, Perú., Universidad



Católica de San Pablo. Consultado 20 abr. 2016. Disponible en:  
[http://www.ucsp.edu.pe/images/direccion\\_de\\_investigacion/PDF/Evaluacion\\_de\\_la\\_huella\\_de\\_carbono\\_-\\_revista.pdf](http://www.ucsp.edu.pe/images/direccion_de_investigacion/PDF/Evaluacion_de_la_huella_de_carbono_-_revista.pdf).

Borquéz, R. (2010). Huella de Carbono. ADCMA 26(1):1-9. Chile. Fundación Terram. Consultado 30 abr. 2016. Disponible en:  
<http://www.terram.cl/images/ADCMA/adcma-26-huella-de-carbono-final-ok.pdf>.

Brito, O. (2011). Diagnóstico de implementación de metodología de cálculo de la huella de agua y huella de carbono en empresa DSM. Tesis Ing. Civil Industrial. Puerto Montt. Chile. Universidad Austral de Chile. Consultado 12 abr. 2016. Disponible en:  
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bpmfcib862d/doc/bpmfcib862d.pdf>.

Burga, J., & Ordoñez, A. (2014). Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en un parque temático en Perú. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Cajia y Cuba (2020). Implementación de mejoras de Ingeniería para reducir La huella de Carbono de La empresa transportes Polux S.A.C.de:  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/11429>

Campos, G., & Lule Martínez, N. E. (2021). La observación, un método para el estudio de la realidad. Revista Xihmai, 7(13), 45-60. Recuperado de  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3979972>

Canales (2021). La Huella de Carbono en la Producción de Oro, Mina Shahuindo, Cajamarca, 2020 de:



[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73735/1nga\\_CRSD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73735/1nga_CRSD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cárdenas (2017). Cálculo de Huella de Carbono del Archivo Central Hochschild Mining sede Lima 2016 a través del Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte de: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/7080>

Cavalier y Paredes (2019). Diseño Del Modelo De Gestión Ambiental Que Minimice Los Impactos Ambientales Negativos En El Colegio San Ignacio de Recalde de: <https://repositorio.usil.edu.pe/items/445829b3-b7c9-4a16-953baaf48a16e8b0>

Champa, F. (2019). Evaluación de la polución del aire (partículas de polvo y CO<sub>2</sub>) en el mercado internacional Tupac Amaru de Juliaca, Perú (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica del Perú. Recuperado de <https://www.coursehero.com/file/146127172/Trabajo-final-Individuo-y-medio-ambiente-Grupo-4docx/>

Charaja, F. (2011). El MAPIC en la Metodología de Investigación (2 ed.). Puno, Perú: Sagitario Impresiones.

Chuquija, J. (2021). Contaminación del aire causada por el parque automotor de vehículos menores de la categoría L5 y su impacto en las vías de la ciudad de Juliaca (Tesis de doctorado). Universidad Nacional Federico Villarreal. Recuperado de <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/14>



Común y Saavedra (2017). Estimación de La Huella de Carbono de La Comunidad Universitaria Proveniente De Fuentes Móviles Utilizados Para Desplazarse Hacia La UNALM de: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3048>.

Condori, A., & Herrera, R. (2019). Evaluación de los niveles de dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y densidad total del polvo en la ciudad de Juliaca utilizando sensores de calidad de aire.

Curi Aguirre, J. Z., & Palomino Isidro, R. E. (2019). Estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el gasto de combustible y los recorridos de automóviles y colectivos en la ciudad de Cerro de Pasco en 2014 (Tesis de maestría). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Recuperado de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1481>

Dávila, F; Varela, D. 2014. Determinación de la Huella de Carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur. Tesis Ing. Ambiental. Ciudad Quito, Ecuador. p. 5-22.

Díaz, S. C. (2015). Metodología de la investigación científica: Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. San Marcos.

ECODES. (2016). Proyectos de ahorro y eficiencia energética para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. <https://ecodes.org/tiempo-de-actuar/hogares-sostenibles/ahorro-energetico/etiqueta-energetica-y-el-consumo-en-el-hogar>



EPA (2017). Descripción general de los gases de efecto invernadero de:  
<https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente>

Espíndola, C; Valderrama, J. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas (en línea). Información Tecnológica 23(1):163-176. Consultado 24 mayo 2016.

Flores (2017). Determinación del Nivel de Contaminación de Dióxido de Carbono Por Parque Automotor En La Ciudad de Puno. De:  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9281>

Gonzales y Luque (2015). Cálculo De La Huella De Carbono Del Parque Automotor De La Policía Nacional Seccional Bogotá de:

González, A. (2023). Compensación de carbono: Estrategias para mitigar el cambio climático. Editorial Eco.

González, M. (2022). Compensación de carbono: Estrategias y desafíos en la mitigación del cambio climático. Ediciones Eco.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

Hilario, J. (2015). Emisiones contaminantes de vehículos en el distrito de Huancayo (Tesis de pregrado). Universidad de Huancayo, Perú.  
<http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/14120>

Instituto nacional de estadística e informática inei, (2016) *Perú Compendio Estadístico*.



- IPPC (2006). Directrices del IPC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero Capítulo 3: Combustión móvil. de: [https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_Combustion.pdf](https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf)
- IPPC(2021). Climate Change 2021 Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Summary for Policymakers.de: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Martínez-Olmo, F., & González-Catalán, F. (2020). Apuntes de investigación descriptiva y explicativa. Dipòsit Digital. <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/204620/4/IDEE-Apuntes-01.pdf>
- Melo (2018). Medidas De Reducción y Mitigación de La Huella de Carbono En La Pontificia Universidad Católica del Ecuador Matriz Quito". De
- MINAM(2016). Categorías: Guía N°1 Elaboración del reporte anual de Gases de efecto invernadero SECTOR ENERGÍA. Obtenido de: <http://infocarbono.minam.gob.pe>
- MINAM. (2010). Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero en el Perú. Ministerio del Ambiente.
- Mondéjar, J., Vargas, M., & Meseguer, M. L. (2011). Gestión ambiental en las organizaciones: análisis desde los sistemas de información. Revista del Instituto Internacional de Costos, 8, 84-122. <https://www.redalyc.org/journal/290/29058776009/html/>
- Morales(2018). Huella de Carbono en el Alcance 1 y 2, utilizando la metodología del GreenHouse Gas Protocol (GHG Protocol) y la



Norma ISO 14064-1:2006, en el Centro de Producción "Productos Unión". de:

<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1648>

OMS. (2021). Nuevas directrices globales de calidad del aire de la OMS tienen como objetivo salvar millones de vidas de la contaminación del aire. <https://www.who.int/es/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>

Ortega. (2016). El Parque Automotor (Mototaxi) Y Su Influencia En La Generación De La Huella De Carbono En El Distrito De Villa Rica, Oxapampa-Perú 2016 De:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/18393>

Peña (2017). Caracterización de La Emisión de Gases del Efecto Invernadero En El Sector Transporte. de: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/36767?show=full>

Pinillos, M., & Díaz, R. (2012). Estudio sobre la huella de carbono en una empresa de procesamiento de madera en Perú. [Tesis de maestría]. Universidad de Lima.

Quintero, R. (2021). Análisis de emisiones en camiones del transporte interurbano de carga (Tesis de maestría). Universidad de Antioquia.

Rodas, J. (2014). Estrategias para la disminución y compensación de emisiones de gases de efecto invernadero a través de proyectos públicos y privados. [Tesis de maestría]. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Romero Ortiz, J. P. (2019). La predisposición al pago por la contaminación del aire generada por el transporte urbano en Ambato (Tesis de



pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Recuperado de  
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30057>

*Sarango Peláez, K. Y. (2016). Determinación de los niveles de contaminación a la atmósfera por emisiones de CO2 en fuentes móviles de la ciudad de Zamora, provincia de Zamora Chinchipe (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja, Zamora, Ecuador.*

*Schwarz, M. (2017). Guía de referencia para la elaboración de una investigación aplicada. Universidad de Lima. [https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/6029/Schwarz\\_guia\\_investigacion\\_aplicada.pdf?sequence=1](https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/6029/Schwarz_guia_investigacion_aplicada.pdf?sequence=1)*

Sotelo, Sotelo y Tolon (2011). Las Emisiones De Gases De Efecto Invernadero En El Sector Transporte Por Carretera Obtenido de:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17622555005>

Valderrama, Espindola y Quezada (2011). Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias.

West, J. J. (2017). Air Pollution: A Global Perspective on Health Effects. Environmental Sciences and Engineering, University of North Carolina at Chapel Hill.

World Business Council for Sustainable Development, & World Resources Institute. (2004). The Greenhouse Gas Protocol: A corporate accounting and reporting standard (Revised edition). World Resources Institute.

Zebulzu, Lopez,Gutierrez y Blanco (2014). Modelo de Cálculo de Las Emisiones Difusas de Gases de Efecto Invernadero Procedentes del Transporte. Análisis Según Variables de Diseño Urbanístico.



# ANEXOS



### ANEXO N° 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA	PROBLEMA DE LA INVESTIGACION	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	VARIABLES	METODO
CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO2 DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PUBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO	<p><b>Problema General:</b> ¿Cómo afectan las emisiones de CO2 generadas por los medios de transporte público en la calidad del aire en la ciudad de Puno?</p> <p><b>Problemas específicos:</b> ¿Cuáles son los principales factores que contribuyen a las emisiones de CO2 en los medios de transporte público en Puno?</p> <p>¿Qué métodos se pueden utilizar para medir y cuantificar las emisiones de CO2 generadas por los medios de transporte público en la ciudad?</p> <p>¿Cómo varían las concentraciones de CO2 en diferentes áreas urbanas de Puno en relación con la densidad del tráfico del transporte público?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Establecer un modelo que cuantifique las emisiones de CO2 de los medios de transporte de pasajeros en Puno y evaluar su contribución a la polución del aire en la ciudad</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> Identificar los factores que contribuyen a las emisiones de CO2 en los medios de transporte público en Puno</p> <p>Analizar las metodologías existentes para medir y cuantificar las emisiones de CO2 generadas por los medios de transporte público.</p> <p>Implementar un modelo de estimación que relacione la densidad del tráfico con las concentraciones de CO2 en diferentes áreas urbanas de Puno</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> Las emisiones de CO2 provenientes de los medios de transporte público en Puno contribuyen significativamente a la polución del aire, afectando negativamente la calidad ambiental y la salud pública.</p> <p><b>Hipótesis Específica:</b> Los vehículos del servicio de transporte público en Puno que utilizan combustibles fósiles generan mayores emisiones de CO2 en comparación con aquellos que utilizan combustibles alternativos o tecnologías más limpias.</p> <p>Las metodologías basadas en mediciones directas y modelos matemáticos proporcionan estimaciones más precisas de las emisiones de CO2 de los vehículos del transporte público en comparación con métodos más simplificados o estimaciones teóricas.</p> <p>Las áreas urbanas de Puno con mayor densidad de tráfico del transporte público presentan concentraciones significativamente más altas de CO2 en el aire en comparación con zonas con menor densidad de tráfico.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b> Polución del Aire en la ciudad de Puno</p> <p><b>Variable Dependiente:</b> Emisiones de CO2 vehiculares</p>	<p><b>Diseño de la Investigación:</b> No experimental</p> <p><b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada – descriptiva</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Población:</b> Compuesta por 935 unidades de transporte urbano.</p> <p><b>Muestra:</b> Después de aplicar la técnica de selección aleatoria y la fórmula tenemos: 272 unidades.</p> <p><b>Técnica:</b> Encuesta.</p> <p><b>Instrumentos:</b> Cuestionarios</p>

## ANEXO N° 2

## Distribución de vehículos de transporte público por empresa

N°	Empresas	Vehículos por Empresa
1	E.T. SAN ROSA SCRL.TDA.	20
2	E.T. AL PARAISO HERMANOS JULY SRL.	21
3	E.T. TURISMO CLASSIC SER. MULTIPLES SCRL.	38
4	E.T. 14 DE SETIEMBRE SCR. LTDA.	39
5	E.T. SAN JUDAS TADEO S.A.A.	38
6	E.T. PRIMERO DE MAYO SR. LTDA.	27
7	E.T. AROMA SCR. LTDA.	28
8	E.T. URBANO PASAJERO REYES SCR. LTDA.	26
9	E.T. VIRGEN DE URUCUPIÑA E.I.R.LTDA.	8
10	E.T.P. ANCCO HNOS. S.R. LTDA.	24
11	EPRESA MULTISERVIS CRISTO MORADO S.A.C.	18
12	E.T. U.P.EL BALSERITO SCR. LTDA.	33
13	E.T. NUEVA ESPERANZA DEL MILENIO S.R. LTDA.	29
14	E.T. SANTA MARIA SCR. LTDA.	18
15	E.T. LOS MAGNIFICOS DEL SUR	15
16	E.T. SAN FRANCISCO DE ASIS SCR. LTDA.	43
17	E.T. Y CONSORCIO PRIMAVERA S.C.R.L.	15
18	E.T. FORTALEZA SCR. LTDA.	20
19	E.T. VIRGEN DEL CARMEN SCR. LTDA.	27
20	E.T. U.P. ESTRELLA DEL SUR S.R.LTDA.	27
21	E.T. SAN SANTIAGO QUERIDO S.A.	19
22	E.T. SR. DE JUSTICIA E.I.R.L.	13
23	E.T. LA JOYA DEL SUR S.A.C.	21
24	E.T. 8 DE DICIEMBRE SCR. LTDA.	20
25	E.T. LIBERTADOR S.R.L.	6
26	E.T. MARIA AUXILIADORA SCR. LTDA.	15
27	E.T. LUVA EIR. LTDA.	15
28	E.T. NUEVA ALIANZA EXPRESS SAC.	32
29	E.T. VIRGEN DE LA CANDELARIA S.C.R.LTDA.	19
30	E.T. NUEVO HORIZONTE SRL.	15
31	E.T. CONSORCIO GUERRA S.R.L.	20
32	E.T. ZVALETA SCR. LDTA.	13
33	E.T. CONSORCIO ROSARIO DE JAILLIHUAYA SCRL.	14
34	E.T. APOSTOL SANTIAGO S.R. LTDA.	11
35	E.T. EL MASTER TRANS SRL.	23
36	E.T. AMISTAD EXPRESS SRL.	17
37	E.T. ROMA S.C.R. LTDA.	17



38	E.T. LLAVINI S.R.LTDA.	14
39	E.T. TOURS 8 DE SETIEMBRE SAC.	13
40	E.T. S.U. 24 DE MAYO SCR. LTDA.	17
41	E.T. DANTE NAVA SCR. LTDA.	18
42	E.T. RAYITOS DEL SOL E.I.R.L.	19
43	E.T. 2 DE FEBRERO S.R.LTDA.	14
44	E.T. SAN CRISTOBAL DE BORJA S.R.L.	10
45	E.T. COPACABANA SUR S.R.L.	15
46	E.T. SAN LUIS DE ALBA S.R.LTDA.	11
	TOTAL	935



**ANEXO N° 3**

**CUESTIONARIO**

**ENCUESTA APLICADA A CONDUCTORES DEL SERVICIO DE TRANSPORTE URBANO DE LA CIUDAD DE PUNO**

Buen día, les pido su apoyo para completar esta encuesta. Agradecería que respondieran todas las preguntas, ya que la información es confidencial.

<b>Cuestionario de Emisiones de vehículos de transporte</b>		<b>ESCALA</b>		
<b>Preguntas</b>				
1	¿Qué marca y año de fabricación es su vehículo?			
2	¿Cuánto tiempo demora en realizar una vuelta en su ruta?	Menos de una hora	Entre 1 a 2 horas	Mas de 2 horas
3	¿Cuántos vueltas en promedio realiza al día en su vehículo?	Menos de 8 vueltas	Entre 9 a 12 vueltas	Mas de 12 vueltas
4	¿Qué cantidad de Km tiene de recorrido su vehículo?	Menos a 80000 km	Entre 80000 a 160000 km	Mas de 160000 km
5	¿Cuál es el promedio de kilómetros recorridos por viaje?	Menos de 8 km	Entre 9 a 10 km	Mas de 10 km
6	¿Tipo de combustible que utiliza?	Diesel	Gasolina	Gas
7	¿ Señale la capacidad en centímetros cúbicos (CC) del motor de su vehículo?	Menos de 2000 CC	Mas de 2000 CC	
8	¿Cuál es el promedio de consumo de combustible por día?	Menos de 7 galones / día	Entre 8 a 9 galones / día	Mas de 10 galones / día
9	¿Con que frecuencia utiliza el aire acondicionado por día?	ocasional	siempre	nunca
10	¿Cuántas horas trabajo por día?	4-8 horas	9-12 horas	13-16 horas
11	¿Durante la semana que días trabaja normalmente?	Lunes - viernes	Lunes - sábado	Lunes - Domingo









ANEXO N° 7  
PLANILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

PLANILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

huella de carbono del transporte urbano público en la ciudad de Puno 2023

Autor : Angles Canlla  
Oscar Luis  
Fecha: marzo de  
2023

N	Características Vehiculares			Tipo y Cantidad de Combustible						Ruta (Distancia y Horario)						Otras Características Vehiculares				
	Modelo de la Unidad Vehicular	Funcionalidad			Combustible			Galones /día			Distancia Recorrida (Km)				horario de trabajo (horas / día)			Mantenimiento		marca de Vehículo
		<5	10	<10	GLP	GASOL.	DIESEL	7 gal	8 gal	9gal	10gal	8km	9km	10km	11km	13 h	14 h	15 h	15 días	
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				

## ANEXO N° 8

### LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

## PUNO

The floating islands of Uros and Amantani are located near the city, as well as archaeological sites such as Sillustani, Cutimbo, and Pucara; also the Capachica and Chucuito peninsulas. The towns of Lampa, Ayauri, Chucuito, Juli, and Pomata are another choice.

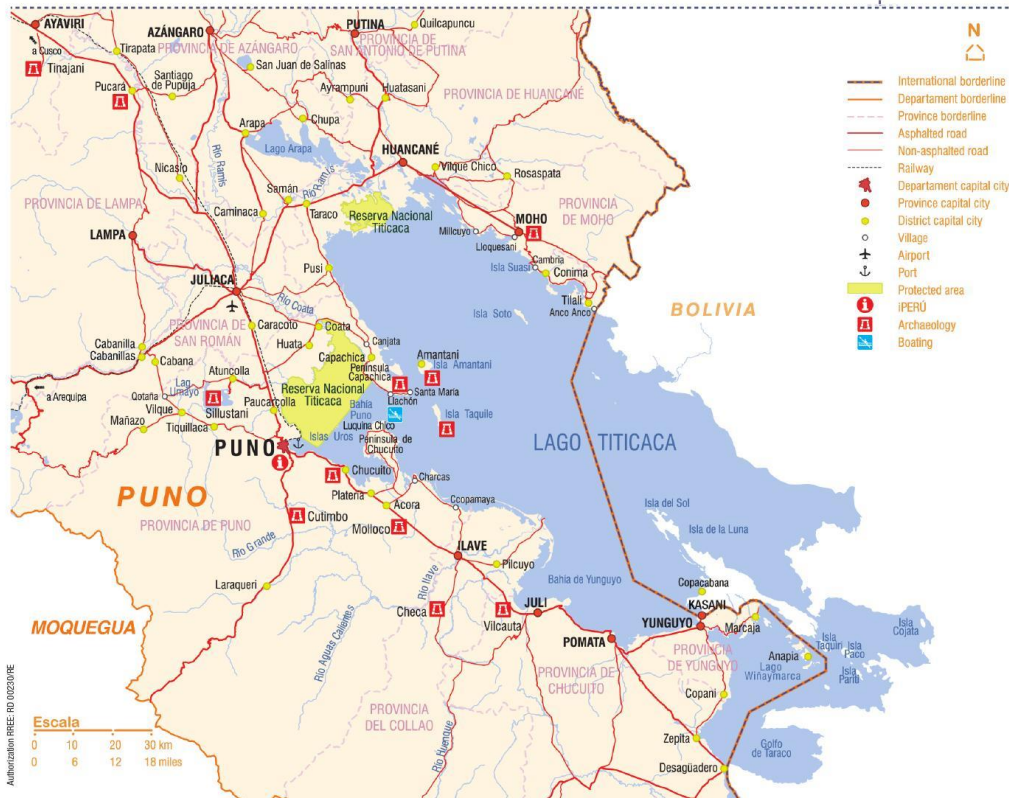
#### Distances from Puno (Main Square)

Destination	Km	(Miles)	Time
Lampa	79	(50)	1 hr 20 mins
Capachica	64	(36)	1 hr
Cutimbo	17	(11)	20 mins
Amantani	36	(25)	3 hrs 30 mins
Anapia	167	(103)	4 hrs 30 mins
Ayauri	141	(85)	3 hrs 30 mins
Toquile	35	(22)	3 hrs
Uros	5	(3)	20 mins
Sillustani	34	(21)	35 mins
Llachón	78	(49)	1 hr 40 mins

#### PERU



#### EXCURSIONS MAP





### ANEXO N° 9

#### Formula 1 General

$$ED = \sum \frac{(CU_i \times VCN_i \times FE_c)}{10^3} + \frac{(CU_i \times VCN_i \times FE_m \times PCG_m)}{10^3} + \frac{(CU_i \times VCN_i \times FE_o \times PCG_o)}{10^3}$$

Donde:

ED: Emisiones Directas de GEI (t CO<sub>2</sub>e)

CU<sub>i</sub>: Combustible utilizado (Kg)

CUN<sub>i</sub>: Valor Calórico neto del Combustible utilizado (GJ/Kg)

FE<sub>c</sub>: Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> del combustible utilizado (KgCO<sub>2</sub>/GJ)

FE<sub>m</sub>: Factor de Emisión de CH<sub>4</sub> del combustible utilizado (KgCH<sub>4</sub>/GJ)

FE<sub>o</sub>: Factor de Emisión de N<sub>2</sub>O de combustible utilizado (KgN<sub>2</sub>O/GJ)

PCG<sub>m</sub>: Potencial de Calentamiento Global del CH<sub>4</sub>

PCG<sub>o</sub>: Potencial de Calentamiento Global del N<sub>2</sub>O

## ANEXO N° 10

## Formula 2

$$OEI_t = \sum \frac{DR_i \times FE_c}{n} + \left( \frac{DR_i \times FE_m}{n} \right) \times PCG_m + \left( \frac{DR_i \times FE_o}{n} \right) \times PCG_o$$

Donde:

OEI<sub>t</sub>: Otras Emisiones Indirectas de GEI por transporte (tCO<sub>2</sub>e)

DR<sub>i</sub>: Distancia recorrida por persona (Km)

FE<sub>c</sub>: Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> del vehículo empleado por el conductor de unidad vehicular (KgCO<sub>2</sub>/Km)

FE<sub>m</sub>: Factor de Emisión de CH<sub>4</sub> del vehículo empleado por el conductor de unidad vehicular (KgCH<sub>2</sub>/Km)

FE<sub>o</sub>: Factor de Emisión de N<sub>2</sub>O del vehículo empleado por el conductor de unidad vehicular (kgN<sub>2</sub>O/Km)

PCG<sub>m</sub>: Potencial de Calentamiento Global del CH<sub>4</sub>

PCG<sub>o</sub>: Potencial de Calentamiento Global del N<sub>2</sub>O

N: Número de pasajeros que ocupa la unidad de transporte público.



**ANEXO N° 11**  
**Consumo de Combustible**

CONSUMO DE COMBUSTIBLE ALCACE 1											
Conversión de gal a m3						Consumo de combustible mensual y anual					
				F=D*E		G=C*F		I=G*H		K=I*J	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Nro.	Fuente de Emisión	Cantidad de Vehículos	Combustible por día (gal/día)	Valor de galones a m3	Combustible por día (m3/día)	Combustible por la cantidad de Vehículos (m3/día)	Días	Consumo mensual (m3)	Meses	Consumo anual (m3)	peso (Kg)
1	AICHI SAN	1	7.8125	0.00378541	0.02957352	0.02957352	30	0.88720547	12	10.6464656	10646.4656
		4	8.125	0.00378541	0.03075646	0.12302583	30	3.69077475	12	44.289297	44289.297
		3	9.375	0.00378541	0.03548822	0.10646466	30	3.19393969	12	38.3272763	38327.2763
		2	10.3125	0.00378541	0.03903704	0.07807408	30	2.34222244	12	28.1066693	28106.6693
2	AUTOCRAFT	2	7.8125	0.00378541	0.02957352	0.05914703	30	1.77441094	12	21.2929313	21292.9313
		1	10.3125	0.00378541	0.03903704	0.03903704	30	1.17111122	12	14.0533346	14053.3346
3	BAW	3	7.8125	0.00378541	0.02957352	0.08872055	30	2.66161641	12	31.9393969	31939.3969
		5	8.125	0.00378541	0.03075646	0.15378228	30	4.61346844	12	55.3616213	55361.6213
		4	9.375	0.00378541	0.03548822	0.14195288	30	4.25858625	12	51.103035	51103.035
4	BAWM	2	7.8125	0.00378541	0.02957352	0.05914703	30	1.77441094	12	21.2929313	21292.9313
		10	8.125	0.00378541	0.03075646	0.30756456	30	9.22693688	12	110.723243	110723.243
		6	9.375	0.00378541	0.03548822	0.21292931	30	6.38787938	12	76.6545525	76654.5525
		1	10.3125	0.00378541	0.03903704	0.03903704	30	1.17111122	12	14.0533346	14053.3346
5	DONGFENG	1	10.3125	0.00378541	0.03903704	0.03903704	30	1.17111122	12	14.0533346	14053.3346
6	FIGHTER	5	7.8125	0.00378541	0.02957352	0.14786758	30	4.43602734	12	53.2323281	53232.3281



		3	8.125	0.00378541	0.03075646	0.09226937	30	2.76808106	12	33.2169728	33216.9728
		3	10.3125	0.00378541	0.03903704	0.11711112	30	3.51333366	12	42.1600039	42160.0039
7	FOTON	7	7.8125	0.00378541	0.02957352	0.20701461	30	6.21043828	12	74.5252594	74525.2594
		7	8.125	0.00378541	0.03075646	0.21529519	30	6.45885581	12	77.5062698	77506.2698
		7	9.375	0.00378541	0.03548822	0.24841753	30	7.45252594	12	89.4303113	89430.3113
		9	10.3125	0.00378541	0.03903704	0.35133337	30	10.540001	12	126.480012	126480.012
8	JAIC	1	10.3125	0.00378541	0.03903704	0.03903704	30	1.17111122	12	14.0533346	14053.3346
9	JIN BEI	1	7.8125	0.00378541	0.02957352	0.02957352	30	0.88720547	12	10.6464656	10646.4656
		1	8.125	0.00378541	0.03075646	0.03075646	30	0.92269369	12	11.0723243	11072.3243
		1	9.375	0.00378541	0.03548822	0.03548822	30	1.06464656	12	12.7757588	12775.7588
		1	10.3125	0.00378541	0.03903704	0.03903704	30	1.17111122	12	14.0533346	14053.3346
10	JINCHENG	1	7.8125	0.00378541	0.02957352	0.02957352	30	0.88720547	12	10.6464656	10646.4656
		8	8.125	0.00378541	0.03075646	0.24605165	30	7.3815495	12	88.578594	88578.594
		5	9.375	0.00378541	0.03548822	0.17744109	30	5.32323281	12	63.8787938	63878.7938
		6	10.3125	0.00378541	0.03903704	0.23422224	30	7.02666731	12	84.3200078	84320.0078
11	JOYLONG	2	8.125	0.00378541	0.03075646	0.06151291	30	1.84538738	12	22.1446485	22144.6485
		1	9.375	0.00378541	0.03548822	0.03548822	30	1.06464656	12	12.7757588	12775.7588
		2	10.3125	0.00378541	0.03903704	0.07807408	30	2.34222244	12	28.1066693	28106.6693
12	KINGLONG	1	7.8125	0.00378541	0.02957352	0.02957352	30	0.88720547	12	10.6464656	10646.4656
		3	8.125	0.00378541	0.03075646	0.09226937	30	2.76808106	12	33.2169728	33216.9728
		1	9.375	0.00378541	0.03548822	0.03548822	30	1.06464656	12	12.7757588	12775.7588
		6	10.3125	0.00378541	0.03903704	0.23422224	30	7.02666731	12	84.3200078	84320.0078
13	KINGSTAR	2	8.125	0.00378541	0.03075646	0.06151291	30	1.84538738	12	22.1446485	22144.6485
		1	9.375	0.00378541	0.03548822	0.03548822	30	1.06464656	12	12.7757588	12775.7588
		1	10.3125	0.00378541	0.03903704	0.03903704	30	1.17111122	12	14.0533346	14053.3346
14	PANTOJA	1	7.8125	0.00378541	0.02957352	0.02957352	30	0.88720547	12	10.6464656	10646.4656
		3	8.125	0.00378541	0.03075646	0.09226937	30	2.76808106	12	33.2169728	33216.9728



15	SHENGLI	1	8.125	0.00378541	0.03075646	0.03075646	30	0.92269369	12	11.0723243	11072.3243
16	SHINELAND	5	7.8125	0.00378541	0.02957352	0.14786758	30	4.43602734	12	53.2323281	53232.3281
		3	8.125	0.00378541	0.03075646	0.09226937	30	2.76808106	12	33.2169728	33216.9728
		12	9.375	0.00378541	0.03548822	0.42585863	30	12.7757588	12	153.309105	153309.105
		2	10.3125	0.00378541	0.03903704	0.07807408	30	2.34222244	12	28.1066693	28106.6693
17	TOYOTA	18	7.8125	0.00378541	0.02957352	0.53232328	30	15.9696984	12	191.636381	191636.381
		30	8.125	0.00378541	0.03075646	0.92269369	30	27.6808106	12	332.169728	332169.728
		19	9.375	0.00378541	0.03548822	0.67427616	30	20.2282847	12	242.739416	242739.416
		38	10.3125	0.00378541	0.03903704	1.48340754	30	44.5022263	12	534.026716	534026.716
18	WINGS	1	7.8125	0.00378541	0.02957352	0.02957352	30	0.88720547	12	10.6464656	10646.4656
		4	8.125	0.00378541	0.03075646	0.12302583	30	3.69077475	12	44.289297	44289.297
		1	9.375	0.00378541	0.03548822	0.03548822	30	1.06464656	12	12.7757588	12775.7588
		3	10.3125	0.00378541	0.03903704	0.11711112	30	3.51333366	12	42.1600039	42160.0039



**ANEXO N° 12**  
**Cálculo de la huella de carbono – Alcance 1 (consumo de combustible)**

Energía Consumida				Emisiones de CO2 (L)		Emisiones de CH4 (M)		Emisiones de N2o (N)						
A	B	C	D	F	G	H	I	J	K					
Consumo	Densidad	Peso	Valor Calórico	Factor de Emisión de CO2	PCG de CO2	Factor de emisión de CH4	PCG de CH4	Factor de emisión de N2O	PCG de N2O					
(m3)	(Kg/m3)	Kg	GJ/k	(Kg CO2/GJ)	(Kg CO2)	(Kg CH4/GJ)	(Kg CH4)	(Kg N2O/GJ)	(Kg N2O)					
A*B=C			E=C*D		L=E*F*G		M=E*H*I		N=E*J*K					
Emisiones Totales de GEI (t CO2 eq) = (L+M+N)														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Fuente de Emisión	N° de Unidades	Consumo Mensual (M3)	Consumo Anual (m3)	Densidad	Peso	Valor Calórico	Energía Consumida	Factor de Emisión	Emisiones CO2	Factor de emisión	Emisiones de CH4	Factor de Emisión	Emisiones de N2O	Total
AICHI SAN	10	2.52853559	30.342427	850	25791.063	0.043	1109.01571	9.67	10724.1819	0.0033	91.4937959	0.000568	187.716435	11003.3921
AUTOCRAFT	3	1.47276108	17.6731329	850	15022.163	0.043	645.953009	9.67	6246.3656	0.0033	53.2911232	0.000568	109.33659	6408.99331
BAW	12	3.84455703	46.1346844	850	39214.4817	0.043	1686.22271	9.67	16305.7736	0.0033	139.113374	0.000568	285.416801	16730.3038
BAWM	19	4.6400846	55.6810152	850	47328.8629	0.043	2035.14111	9.67	19679.8145	0.0033	167.899141	0.000568	344.476124	20192.1898
DONGFENG	1	1.17111122	14.0533346	850	11945.3344	0.043	513.649381	9.67	4966.98951	0.0033	42.3760739	0.000568	86.9423487	5096.30793
FIGHTER	11	3.57248069	42.8697683	850	36439.303	0.043	1566.89003	9.67	15151.8266	0.0033	129.268427	0.000568	265.218074	15546.3131
FOTON	30	7.66545525	91.985463	850	78187.6436	0.043	3362.06867	9.67	32511.2041	0.0033	277.370665	0.000568	569.077192	33357.6519
JAIC	1	1.17111122	14.0533346	850	11945.3344	0.043	513.649381	9.67	4966.98951	0.0033	42.3760739	0.000568	86.9423487	5096.30793
JIN BEI	4	1.01141423	12.1369708	850	10316.4252	0.043	443.606283	9.67	4289.67276	0.0033	36.5975184	0.000568	75.0865739	4401.35685
JINCHENG	20	5.15466377	61.8559653	850	52577.5705	0.043	2260.83553	9.67	21862.2796	0.0033	186.518931	0.000568	382.678065	22431.4766



JOYLONG	5	1.75075213	21.0090255	850	17857.6717	0.043	767.879882	9.67	7425.39846	0.0033	63.3500903	0.000568	129.97442	7618.72297
KINGLONG	11	2.9366501	35.2398012	850	29953.831	0.043	1288.01473	9.67	12455.1025	0.0033	106.261216	0.000568	218.014526	12779.3782
KINGSTAR	4	1.36038172	16.3245806	850	13875.8935	0.043	596.663422	9.67	5769.73529	0.0033	49.2247323	0.000568	100.993637	5919.95366
PANTOJA	4	1.82764327	21.9317192	850	18641.9613	0.043	801.604336	9.67	7751.51393	0.0033	66.1323577	0.000568	135.682756	7953.32905
SHENGLI	1	0.92269369	11.0723243	850	9411.47561	0.043	404.693451	9.67	3913.38567	0.0033	33.3872097	0.000568	68.5000323	4015.27292
SHINELAND	22	5.5805224	66.9662688	850	56921.3285	0.043	2447.61712	9.67	23668.4576	0.0033	201.928413	0.000568	414.293465	24284.6795
TOYOTA	105	27.095255	325.14306	850	276371.601	0.043	11883.9788	9.67	114918.075	0.0033	980.428255	0.000568	2011.5298	117910.034
WINGS	9	2.28899011	27.4678813	850	23347.6991	0.043	1003.95106	9.67	9708.20677	0.0033	82.8259626	0.000568	169.932773	9960.9655

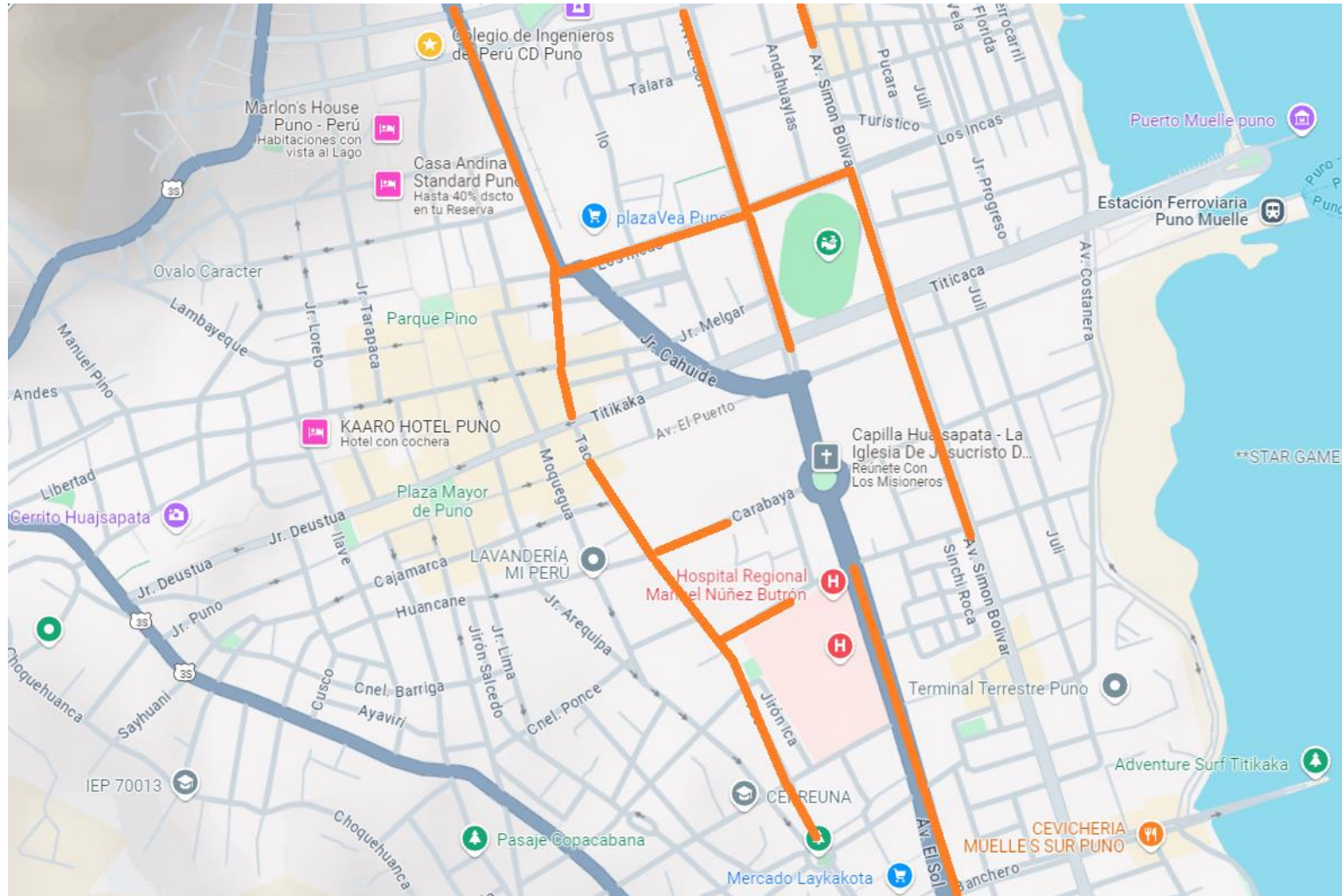


### ANEXO N° 13 Cálculo de la huella de carbono – Alcance 3 (Distancia Recorrida)

G=A*B*C*D*E*F			J=A*B*C*D*H*I			M=A*B*C*D*K*L			(N) Emisiones Totales de GEI (tCO2e)=(G + J + M) / 1000						
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Fuente Movil	Cantidad de Unidades	Distancia Recorrida (Km)	Dias por semana de trabajo	Semanas de trabajo anual	Cantidad de Pasajeros	Factor de Emisión CO2	PCG - CO2	Emisión de CO2	Factor de Emisión CH4	PCG - CH4	Emisión de CH4	Factor de Emisión N2O	PCG - N2O	Emisión de N2O	Emisiones Totales de GEI
AICHI SAN	10	189.6	7	52	14	0.90374	1	8731950.34	0.1165	25	28140621.6	0.000007	298	20154.9654	36892.7269
AUTCRAFT	3	161.33	7	52	14	0.90374	1	2228996.12	0.1165	25	7183427.98	0.000007	298	5144.9376	9417.56904
BAW	12	169.83	7	52	14	0.90374	1	9385741.31	0.1165	25	30247606.1	0.000007	298	21664.0365	39655.0115
BAWM	19	179.47	7	52	14	0.90374	1	15704292.9	0.1165	25	50610522.1	0.000007	298	36248.4288	66351.0634
DONGFENG	1	216	7	52	14	0.90374	1	994779.153	0.1165	25	3205893.6	0.000007	298	2296.1353	4202.96889
FIGHTER	11	168.73	7	52	14	0.90374	1	8547870.14	0.1165	25	27547382.9	0.000007	298	19730.074	36114.9831
FOTON	30	184.07	7	52	14	0.90374	1	25431805.4	0.1165	25	81959560.4	0.000007	298	58701.3367	107450.067
JAIC	1	208	7	52	14	0.90374	1	957935.48	0.1165	25	3087156.8	0.000007	298	2211.09325	4047.30337
JIN BEI	4	180.5	7	52	14	0.90374	1	3325141.43	0.1165	25	10715996.2	0.000007	298	7675.04483	14048.8127
JINCHENG	20	188.1	7	52	14	0.90374	1	17325736.9	0.1165	25	55835980.2	0.000007	298	39991.0231	73201.7081
JOYLONG	5	198.4	7	52	14	0.90374	1	4568615.37	0.1165	25	14723363.2	0.000007	298	10545.214	19302.5238
KINGLONG	11	190.55	7	52	14	0.90374	1	9653272.42	0.1165	25	31109783.7	0.000007	298	22281.5481	40785.3377
KINGSTAR	4	190	7	52	14	0.90374	1	3500148.87	0.1165	25	11279996	0.000007	298	8078.99456	14788.2239
PANTOJA	4	160	7	52	14	0.90374	1	2947493.79	0.1165	25	9498944	0.000007	298	6803.36384	12453.2411
SHENGLI	1	176	7	52	14	0.90374	1	810560.791	0.1165	25	2612209.6	0.000007	298	1870.92506	3424.64132
SHINELAND	22	183.18	7	52	14	0.90374	1	18559815.7	0.1165	25	59813069.3	0.000007	298	42839.5065	78415.7245
TOYOTA	105	184.7	7	52	14	0.90374	1	89315969.9	0.1165	25	287840266	0.000007	298	206157.87	377362.394
WINGS	9	183.11	7	52	14	0.90374	1	7589750.44	0.1165	25	24459632.4	0.000007	298	17518.5556	32066.9014

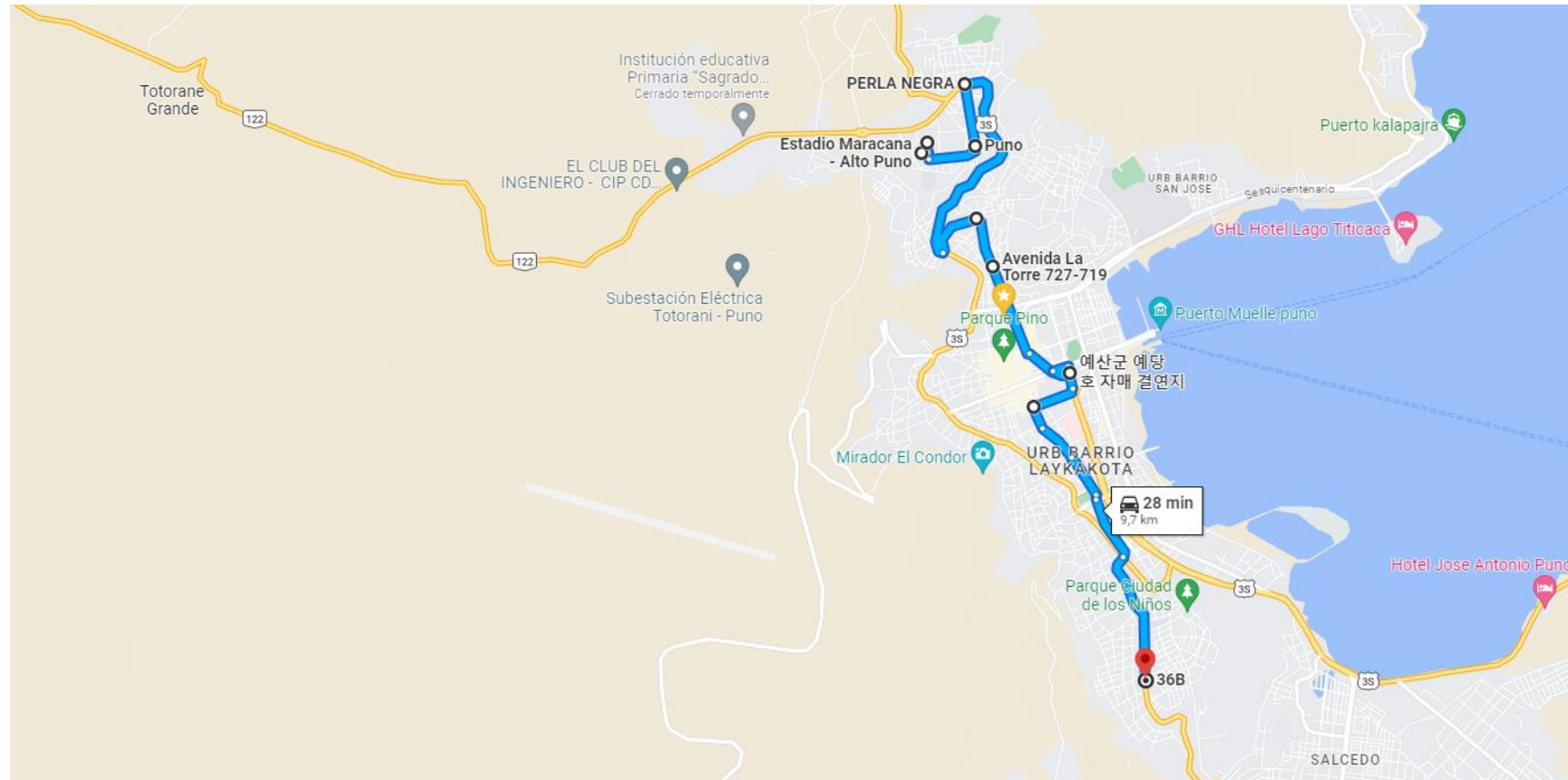


### ANEXO N° 14 RUTAS DE MAYOR CONTAMINACIÓN



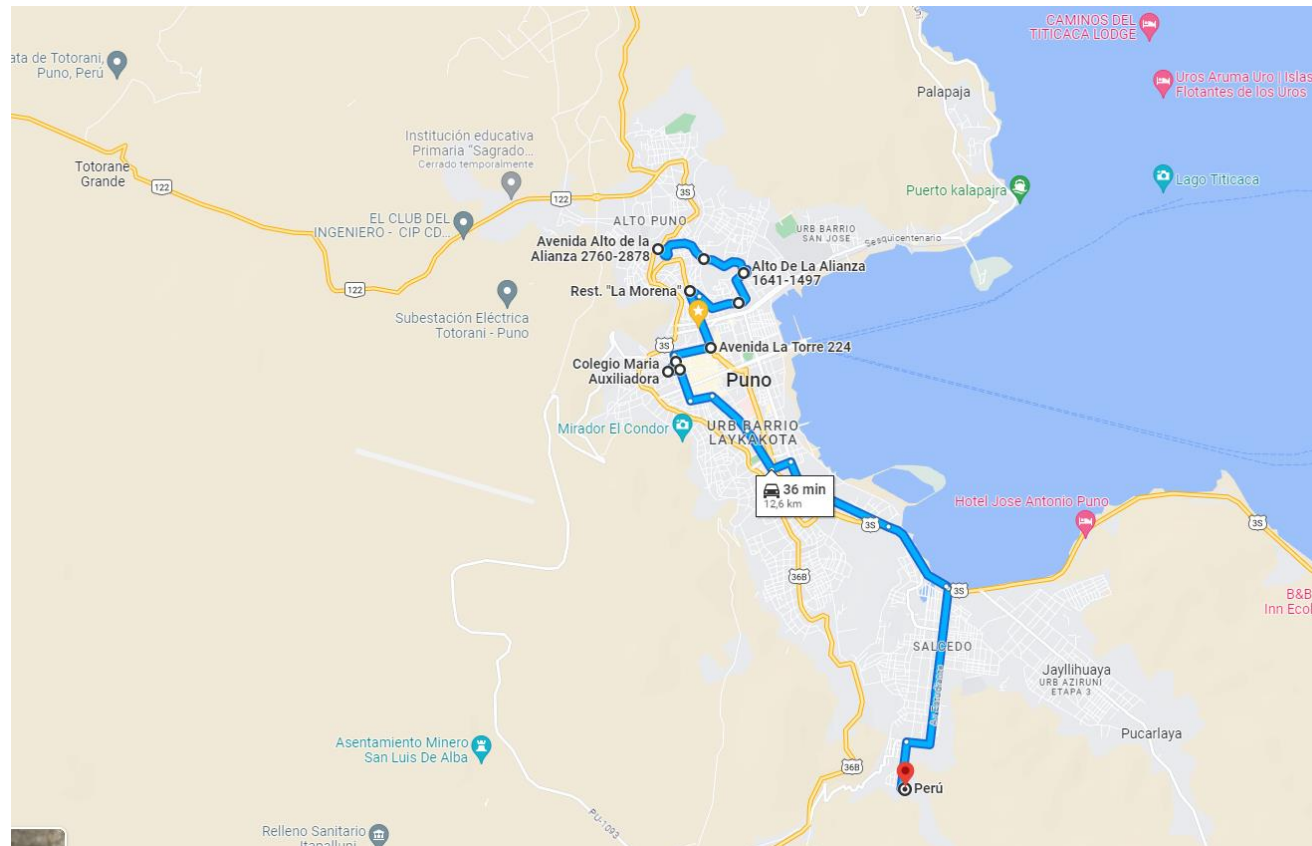


### ANEXO N° 15 RUTA ET HANCO HERMANOS



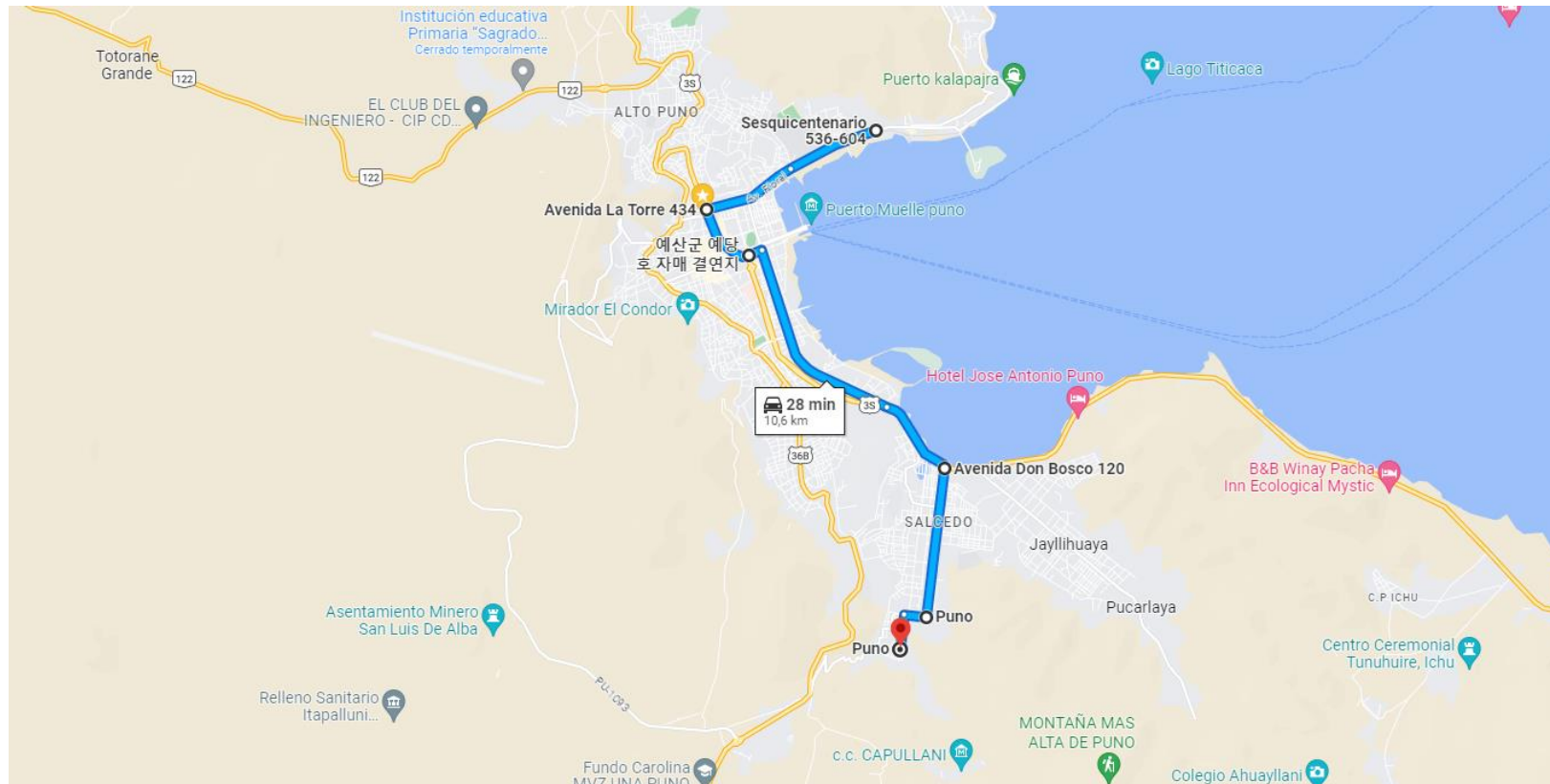


### ANEXO N° 16 RUTA ET TURISMO CLASICC



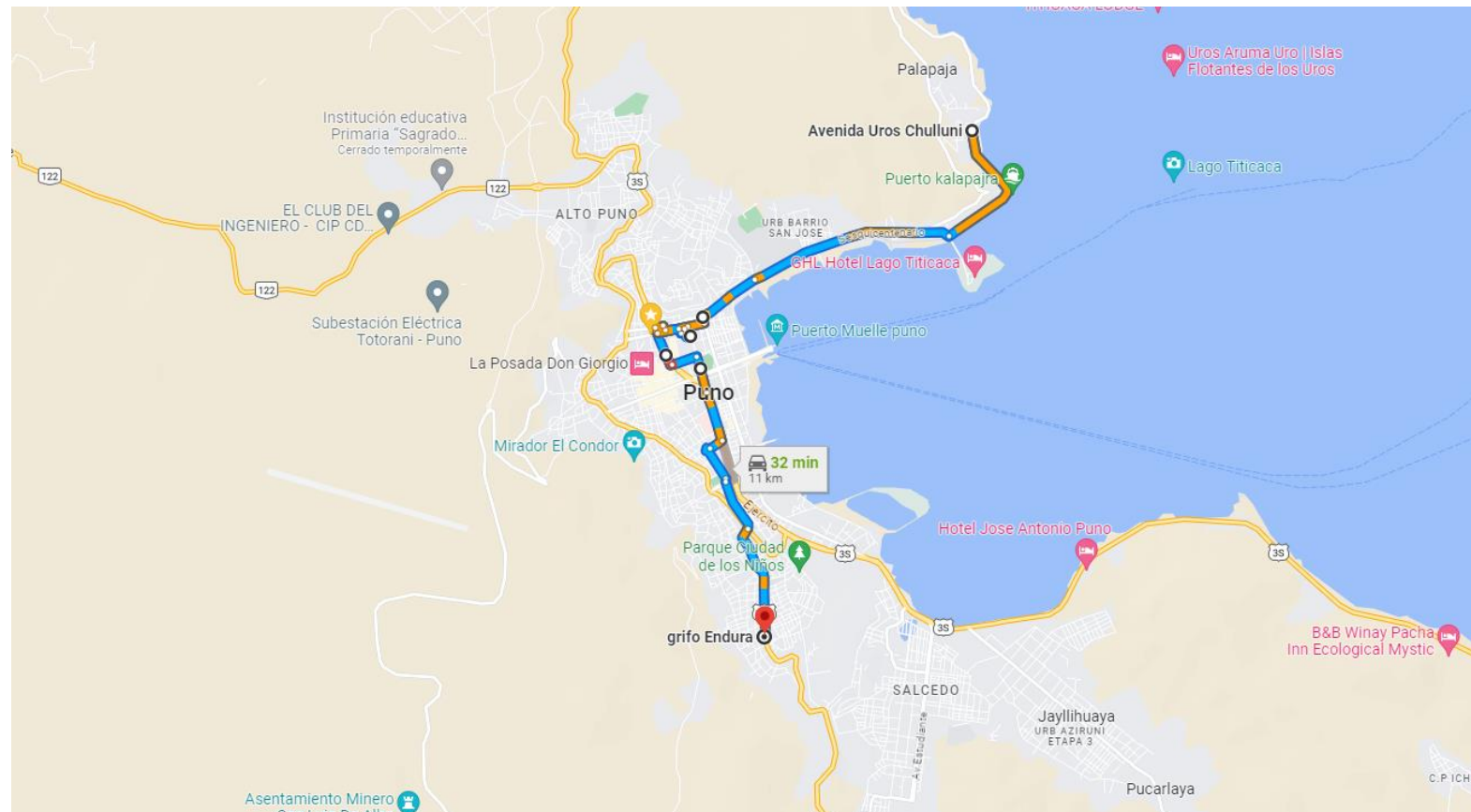


### ANEXO N° 17 RUTA ET VIRGEN DE URCUPIÑA



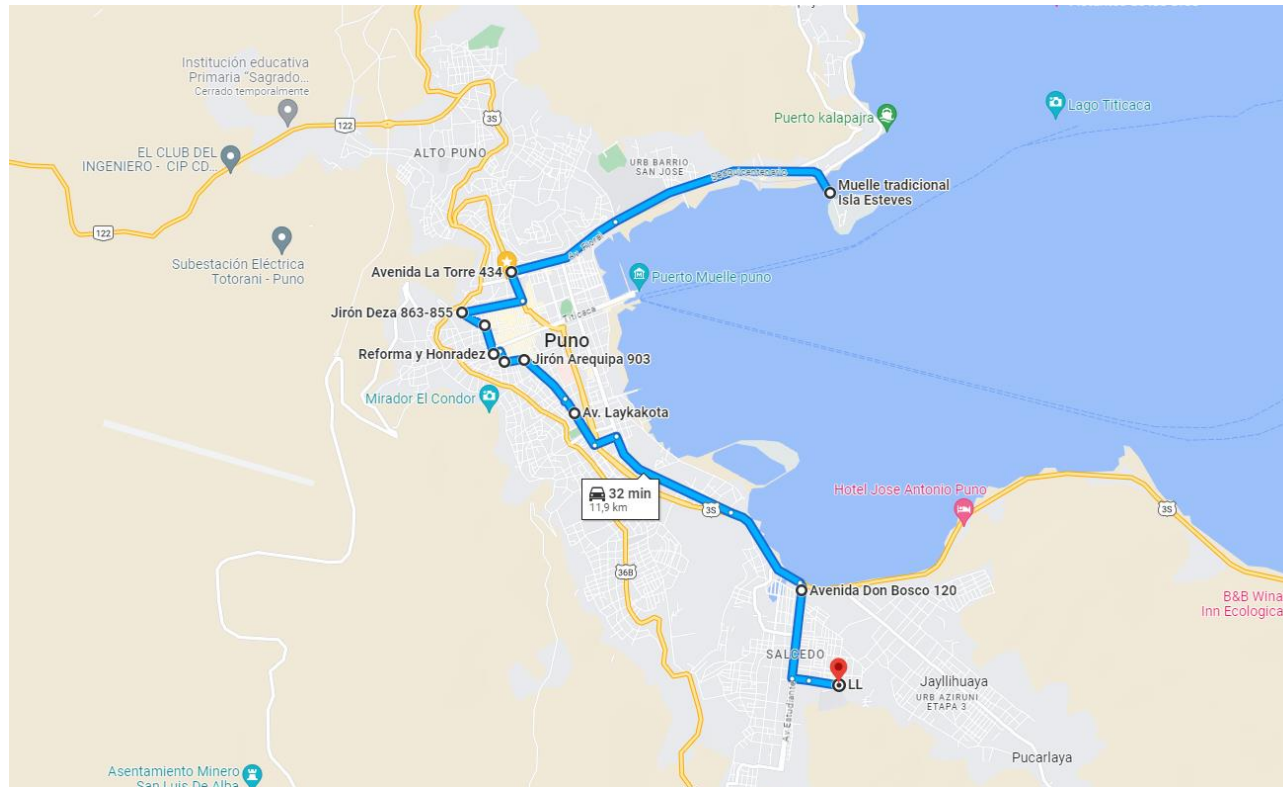


**ANEXO N° 18**  
**RUTA ET 14 DE SETIEMBRE**





## ANEXO N° 19 RUTA ET PARAISO





ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS  
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN  
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 04-12-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: OSCAR LUIS ANGLES CANLLA

Dirección: URB. DOLORES MZ-I LT-13A

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 29537850

Teléfono: 931910745 email: oscaranglesc@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: DOCTORADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Escuela Profesional o Mención: \_\_\_\_\_

Título o Grado Académico a optar: DOCTOR EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Asesor: Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES DE CO2 DE LOS VEHICULOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PUBLICO EN LA CIUDAD DE PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): Contaminación del aire, dióxido de Carbono, vehículos de transporte público

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

1,2

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller   
  Titulo   
  2da Especialidad   
  Maestría   
  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P68

Firma de Autor



huella digital

04 de diciembre de 2024

Fecha