



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL
BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL
DISTRITO DE SANDIA 2023**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. FRANCISCO QUISPE CCARI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL
BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL
DISTRITO DE SANDIA 2023**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. FRANCISCO QUISPE CCARI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. ARNALDO YANA TORRES

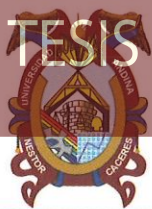
SEGUNDO MIEMBRO

: 
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 578-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 26 de diciembre de 2024

VISTOS:

El **OFICIO N° 120-2024-D/EPISA/FICP-UANCV** del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°557-2024 de fecha 26 de noviembre de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **FRANCISCO QUISPE CCARI**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

* Presidente	:	Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
* 1er Miembro	:	Dr. ARNALDO YANA TORRES
* 2do Miembro	:	Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
* Asesor	:	Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **FRANCISCO QUISPE CCARI**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental** de acuerdo al siguiente detalle:

* FECHA	:	viernes 27 de diciembre de 2024
* HORA	:	15:00 horas
* LUGAR	:	Aula 306 - pabellón de hidráulica

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

C.c.
Arch. 2024
Interesado
Escuela Profesional



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARÍA ACADÉMICA
CIP. 85531



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 557-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 18 de diciembre de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 192-2024-D-UI-FICP-UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias, **INFORME N° 033-2024-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 695-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **02 de agosto de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **10 de diciembre de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **FRANCISCO QUISPE CCARI**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA**
- * **1er Miembro** : **Dr. ARNALDO YANA TORRES**
- * **2do Miembro** : **Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 1422-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **FRANCISCO QUISPE CCARI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531

C.c.
archivo 2024
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 463- 2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de octubre de 2024

VISTOS.-

El OFICIO N° 093-2024-D/EPISA/FICP-UANCV, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y el proveído del director de la unidad de investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, sobre el pedido de cambio de la sub comisión de evaluación del Proyecto de Investigación, del (la) Bachiller: FRANCISCO QUISPE CCARI para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023,y;

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: FRANCISCO QUISPE CCARI; ha solicitado cambio del segundo miembro y Asesor de la terna de la sub comisión de evaluación del Proyecto de Investigación titulada: EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023, aprobado con la RESOLUCIÓN DECANAL N°695-2023-D-FICP-UANCV de fecha 02 de agosto de 2023; conformado por los siguientes Docentes:

- ❖ Presidente : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- ❖ 1er. Miembro : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- ❖ 2do. Miembro : Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI

Que, el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental ha tomado conocimiento el cambio del segundo miembro y Asesor a solicitud del interesado en la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, por lo que ha determinado proceder con el sorteo para el cambio de la sub comisión de evaluación del Proyecto de Investigación, conforme lo establece el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y.

Estando, al proveído de la Dirección de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el oficio del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, mediante el cual informa la designación de (los) nuevo (s) Miembro (s) de la sub comisión de evaluación del proyecto de investigación; el (los) mismo que deberá actuar según el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR, la REESTRUCTURACIÓN de la terna de la sub comisión de evaluación del Proyecto de Investigación presentado por el bachiller: FRANCISCO QUISPE CCARI, titulado: EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, quedando la conformación de los jurados de la siguiente forma:

- ❖ Presidente : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- ❖ 1er. Miembro : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- ❖ 2do. Miembro : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTICULO SEGUNDO. - Disponer a los miembros de la sub comisión de evaluación designados, dar continuidad al trámite de evaluación y calificación del proyecto de investigación, trabajo de investigación (tesis) o sustentación de tesis, según sea el caso que se encuentre cada expediente. Quedando valido en sus demás disposiciones la Resolución Decanal de aprobación de proyecto de investigación, que se mencionan en el considerando.

ARTICULO TERCERO. - Reconocer como ASESOR del Proyecto de Investigación al (la) docente ordinario, Dr. EFRAIN PARILLO SOSA de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTICULO CUARTO. - La Dirección de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, el Secretario Académico de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

DR. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

DR. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 93531

cc.
archivo 2024
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 695-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de agosto 2023

VISTOS:

El, **INFORME N° 379-2023-D-UI-FICP-UANCV** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 064-2023-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 0016-2023-UANCV-FICP-UI-CI** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **25 de julio de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **FRANCISCO QUISPE CCARI**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA**
- * **1er Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**
- * **2do Miembro** : **Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **FRANCISCO QUISPE CCARI**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023.**

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario, de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANGA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531

cc. -
archivo 2023
interesado (a)



EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


- 1** Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez **5%**
Trabajo del estudiante
- 2** repositorio.unu.edu.pe **2%**
Fuente de Internet
- 3** Murga Cotrina, Christian Julio. "Propuesta de gestion de residuos solidos para Sacsamarca, Ayacucho.", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2020 **1%**
Publicación
- 4** Orlando Miranda Samper, Rafael Fernando Oyaga Martínez, Alberto Redondo Salas, Yerlin Foris Mancilla, Juan Carlos Ibarguen. "Environmental impact of the open-air solid waste dump in the corregimiento of Córdoba Department of Valle del Cauca", Ingeniería e Innovación, 2023 **1%**
Publicación



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA 2023	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	FRANCISCO QUISPE CCARI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	60609916
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-7706-7177
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876



Datos de investigación	
Línea de investigación	Contaminación y Calidad Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Sandia Distrito: Sandia Coordenadas: Latitud: -14.3176059 Longitud. -69.4645389 URL Maps https://maps.app.goo.gl/YQXYiwLaisxqYdQg7</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	<p>Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERÍAS, CIENCIAS Y ARTES
 DIRECTOR
 Dr. Efraín Castillo Sosa
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo FRANCISCO QUISPE CCARI, identificado con DNI
Nro. 60609916, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

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

EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA 2023

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

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 19 de marzo del 2025



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Tras una labor tan ardua como la culminación de mis estudios, es fundamental hacer un balance de las muchas horas que he dedicado a ellos desde su finalización. Gracias a ello, puedo comprender que el apoyo incondicional de mi familia fue la fuerza impulsora de mi éxito para alcanzar mi objetivo.

Quiero dedicar este logro a mis padres, Javier y Matha, así como a mis hermanos, en reconocimiento a su comprensión, aliento y, sobre todo, al apoyo que me han brindado en los momentos más difíciles.

Que mi universidad, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, que fue mi segundo hogar durante muchos años, no esté incluida en este homenaje es algo que no se puede pasar por alto.



AGRADECIMIENTO

Para comenzar, quisiera dedicar nuestro esfuerzo de estudio a Dios, quien ha sido nuestra fuente de inspiración y la fuerza que nos ha permitido perseverar en este proceso para alcanzar uno de nuestros objetivos más anhelados. Quiero expresar mi gratitud a mis padres por el amor, el apoyo y el esfuerzo inquebrantables que me han brindado durante todos estos años. Ellos son la razón por la que he llegado hasta aquí y me he convertido en la persona que soy hoy.

Agradezco a mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental por compartir e inculcarnos valores y conocimientos a lo largo de nuestra preparación profesional.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA..... i

AGRADECIMIENTO..... ii

ÍNDICE DE CONTENIDO..... iii

ÍNDICE DE TABLAS vii

ÍNDICE DE FIGURAS viii

RESUMEN x

ABSTRACT xi

INTRODUCCIÓN xii

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática. 1

1.2. Planteamiento del problema. 2

 1.2.1. Problema general 2

 1.2.2. Problemas específicos 3

1.3. Objetivos de la investigación 3

 1.3.1. Objetivo general 3

 1.3.2. Objetivos específicos 3

1.4. Justificación de la investigación 3



1.5. Hipótesis de la investigación.....	4
1.5.1. Hipótesis alterna.....	4
1.5.2. Hipótesis nula.....	4
1.6. Variables.....	4
1.6.1. Variable independiente (VI).....	4
1.6.2. Variable dependiente (VD).....	4
1.7. Operacionalización de variables.....	5

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	8
2.1.3. Antecedentes regionales.....	9
2.2. Bases teóricas.....	10
2.2.1. Residuos sólidos.....	10
2.2.2. Relleno sanitario o vertedero.....	12
2.2.3. Contaminación del aire.....	13
2.2.4. Calidad el aire.....	16
2.2.5. Metano.....	17



2.3. Marco Conceptual.....23

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación25

3.2. Tipo de investigación25

3.3. Enfoque de investigación25

3.4. Ubicación de la zona en estudio26

3.5. Procedimiento metodológico.....26

3.5.1. Analizar la situación actual de los botaderos de residuos sólidos a cielo abierto de Ccapuna y Llamani del distrito de Sandía.26

3.5.2. Determinar la concentración de metano en el botadero de residuos sólidos Llamani y Ccapuna del distrito de Sandía.27

3.5.3. Realizar la modelación de la concentración del metano en los botaderos de residuos sólidos Llamani y Ccapuna del distrito de Sandía.....30

3.6. Población y muestra30

3.6.1. Población.....30

3.6.2. Muestra30

3.7. Materiales y equipos30

3.8. Técnicas e instrumentos31

3.8.1. Técnicas31



3.8.2. Instrumentos.....	31
3.9. Análisis estadístico	31
CAPITULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Resultados	32
4.1.1. Analizar la situación actual de los botaderos de residuos sólidos a cielo abierto de Ccapuna y Llamani del distrito de Sandia	32
4.1.2. Determinar la concentración de metano en el botadero de residuos sólidos Llamani y Ccapuna del distrito de Sandia	33
4.3. Discusiones.....	49
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	57



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de variables de la investigación	5
Tabla 2. Frecuencia y periodo de monitoreo	28
Tabla 3. Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 1	34
Tabla 4. Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 2	35
Tabla 5. Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 3	37
Tabla 6. Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 4	38
Tabla 7. Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – punto 1	40
Tabla 8. Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – punto 2	41
Tabla 9. Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – punto 3	42
Tabla 10. Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – punto 4	44



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Dispersión de los contaminantes.....	15
Figura 2. Ciclo del Metano.....	19
Figura 3. Determinación De Emisión De Metano El Los Botaderos De Ccapuna Y Llamani Del Distrito De Sandia.....	28
Figura 4 Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 1	35
Figura 5 Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 2	36
Figura 6 Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 3	37
Figura 7 Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 4	38
Figura 8 Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – punto 1	40
Figura 9 Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 2	41
Figura 10 Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – punto 3	43
Figura 11 Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – punto 4	44



Figura 12. Modelamiento de la concentración del del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – 06/09/2023	45
Figura 13. Modelamiento de la concentración del del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – 10/09/2023	46
Figura 14 Modelamiento de concentración de residuos sólidos ccapuna.....	46
Figura 15. Modelamiento de la concentración del del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – 12/09/2023.....	48



RESUMEN

El objetivo principal de la investigación fue determinar la emisión de metano por la disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero a cielo abierto del distrito de Sandia, 2023; siendo el método de obtención de datos el método automático, con el equipo denominado Detector gas portátil K-400 con pantalla LCD, analizadores automáticos que se basan en las características físicas y químicas, la determinación del metano se hizo en 4 puntos de distribución en los botaderos de residuos sólidos de Llamani y Ccapuna, para posteriormente realizar la modelación del nivel de metano en cada botadero de residuos sólidos mediante el software ArcGIS. Siendo resultante que el botadero Llamani está en desuso, mientras que en el área de depósito de residuos de Ccapuna está actualmente en uso, sin embargo los residuos sólidos están dispuestas al aire libre, provocando el deterioro del área; además las concentraciones más elevadas de metano suceden a las 12:00 horas del día a una temperatura mayor a 18 °C, presentando una concentración de metano en la disposición de residuos sólidos Ccapuna, que fluctúa entre 18000 ppm a 24000 ppm, y en el botadero de residuos sólidos de Llamani la concentración de metano varía entre 0 ppm a 2000 ppm pese a que este botadero está clausurado hace 5 años, y según a la modelación, la concentración de metano es superior en los puntos cercanos a cada botadero de residuos sólidos. Concluyendo que el botadero de residuos sólidos Ccapuna presenta una mayor concentración de metano comparado con el botadero de residuos sólidos Llamani, influenciado directamente por la disposición de residuos sólidos y la temperatura ambiental.

Palabras claves: Metano(CH₄), botadero a cielo abierto, residuos sólidos, disposición final



ABSTRACT

The main objective of the research was to determine the methane emission from the disposal of municipal solid waste in the open dump of the district of Sandia, 2023; being the method of obtaining data the automatic method, equipment called K-400 portable gas detector with LCD screen, automatic analyzers that are based on the physical and chemical characteristics, the determination of methane was made at 3 points of distribution in the solid waste dumps of Llamani and Ccapuna, to subsequently perform the modeling of the methane level in each solid waste dump, using ArcGIS software. As a result, the Llamani dump is in disuse, while the Ccapuna waste disposal area is currently in use; however, the solid waste is disposed in the open air, causing the deterioration of the area; in addition, the highest methane concentrations occur at 12:00 hours of the day at a temperature higher than 18 °C, presenting a methane concentration in the Ccapuna solid waste disposal area, which fluctuates between 18000 ppm and 24000 ppm. The concentration of methane at the Llamani solid waste dump varies between 0 ppm and 2000 ppm, respectively, and according to the modeling, the concentration of methane is higher at the points near each solid waste dump. The conclusion is that the Ccapuna solid waste landfill has a higher methane concentration compared to the Llamani solid waste landfill, which is directly influenced by the solid waste disposal and the environmental temperature.

Keywords: Methane, open dump, solid waste, solid waste, final disposal.



INTRODUCCIÓN

A menudo se sabe que la eliminación final de los residuos sólidos procedentes de diversas actividades en nuestras comunidades tiene un efecto adverso sobre el medio ambiente. Los gobiernos han respondido poniendo en marcha planes de gestión que hacen hincapié en reducir la creación de estos residuos, ignorando al mismo tiempo todos los efectos que se derivan de su eliminación final (Cruz, 2018).

Los vertederos son actualmente la principal opción para la eliminación segura de residuos sólidos. En términos generales, los vertederos se consideran una especie de reactor bioquímico, en el que los principales productos son gases y lixiviados, y las entradas son basura y agua. Los restos orgánicos de un vertedero se descomponen anaeróbicamente mediante procesos biológicos, produciendo los gases del vertedero conocidos como biogás. El metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2) constituyen la mayoría de los componentes que se encuentran en el biogás de vertedero, aunque también hay indicios de otros componentes, vapor de agua saturado y cantidades menores de componentes orgánicos no metálicos (Cuba, 2019).

Uno de los mayores peligros medioambientales de los vertederos, vertederos o escombreras son las emisiones de CH_4 . En respuesta, se han desarrollado una serie de mecanismos de control del biogás, incluidos los sistemas avanzados de recuperación y la quema en antorcha, para evitar el vertido incontrolado de metano a la atmósfera y el medio ambiente circundantes. Las emisiones incontroladas de gas a la atmósfera pueden plantear un problema medioambiental a escala local, nacional e incluso internacional (Justo, 2021).



Una de las propiedades del CH₄ es su capacidad para absorber el calor de la atmósfera; por ello, se considera uno de los principales gases de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global (Gómez, 2017).

Aunque se cree que el CH₄ liberado por un vertedero, escombrera o basudero no daña a los seres humanos ni a otros seres vivos, su presencia en una zona concreta puede indicar la presencia de otros gases que se liberan al descomponerse los residuos sólidos y que pueden ser cancerígenos. Las distintas concentraciones de CH₄ permiten identificar las zonas de influencia que pueden ser más susceptibles a la presencia de estos compuestos volátiles peligrosos, que suponen un grave riesgo para la salud pública (Rodríguez, Rodríguez, Monroy, & Ramírez, 2015).

Son muy pocas las investigaciones hechas en la región de puno y el país en torno a esta temática, en respuesta a esto, se realiza el presente estudio titulado: "Emisión de metano por la disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero a cielo abierto del distrito de Sandia 2023.

El capítulo I aborda la investigación. Explica el problema, el objetivo del capítulo y la importancia de este estudio. En los capítulos II y III, desglosamos la técnica en partes como el tipo de estudio, cómo lo realizamos, las herramientas utilizadas. El Capítulo II también abarca el contexto, el marco teórico y conceptos fundamentales. Finalmente, el Capítulo IV analiza los resultados y descubrimientos, seguido de las conclusiones y recomendaciones más relevantes.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.

Actualmente uno de los problemas más relevantes a nivel mundial es la gestión inadecuada de los residuos sólidos los cuales son eliminados de forma incorrecta que tienen catastróficas consecuencias financieras y sociales para los gobiernos, además de graves consecuencias medioambientales para la población mundial. (Rivas, 2019).

El Perú, en 2020 tiene una población de 32 millones 625 mil personas quienes producen unas 23.4 millones de toneladas de residuos sólidos al año, de los cuales el 74.4% se compone de materiales orgánicos como alimentos y verduras, los cuales generan gases de efecto invernadero y principalmente el Metano por su degradación (MINAM, 2020); En todo el país, una cantidad importante de residuos sólidos como es el 87.4% se vierte en depósitos (rellenos sanitarios, botaderos, acopios temporales, etc.) o son quemados de manera inadecuada y solo el 12.6% son recolectados y dispuestos de manera adecuada. (MINAM, 2020).



Así mismo la disposición inadecuada de dichos residuos no garantiza una destrucción total de ello cuando no se controlan o evitan su disposición final, esto pueden tener consecuencias graves como las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, N₂O Y Fluorados), estas emisiones tienen consecuencias en la salud de población y el cambio climático. (Cruzado, 2019);

El metano (CH₄) es uno de los gases de efecto invernadero que se producen a partir de la descomposición de los residuos orgánicos el cual contribuyen al cambio climático. A pesar de que tanto las fuentes naturales como las humanas contribuyen a la producción de este gas, resulta especialmente preocupante el notable aumento de las emisiones antropogénicas en las últimas décadas (USEPA, 2020).

Así mismo en la región de Puno como es el caso de los residuos sólidos generados por la ciudad de Sandia no escapa de esta realidad, debido a que actualmente la disponen en dos botaderos sanitarios Llamani y Ccapuna; y no se sabe la cantidad de emisiones de gases por parte de ello al ambiente como es el caso del metano; por ello es necesario conocer la concentración del metano emitido hacia el ambiente, y esto con la finalidad de ayudar a establecer medidas para su manejo.

1.2. Planteamiento del problema.

1.2.1. Problema general

- ¿Cuanto es la emisión de metano por la disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero a cielo abierto del distrito de Sandia, 2023?



1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo se encuentran los botaderos de residuos sólidos a cielo abierto de Ccapuna y Llamani del distrito de Sandía?
- ¿Cuánto es la concentración de metano emitido en los botaderos a cielo abierto de Ccapuna y Llamani del distrito de Sandía?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la emisión de metano por la disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero a cielo abierto del distrito de Sandía, 2023.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar la situación actual de los botaderos de residuos sólidos a cielo abierto de Ccapuna y Llamani del distrito de Sandía.
- Determinar la concentración de metano emitido en los botaderos a cielo abierto de Ccapuna y Llamani del distrito de Sandía.

1.4. Justificación de la investigación

Se justifica de que el Actual botadero de Sandía no cumple con ninguna especificación técnica para la disposición de residuos sólidos de manera adecuada, por lo que los residuos sólidos se desechan sin ningún control generando lixiviados, olores fétidos y gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático a nivel mundial; sin embargo, hasta el momento esta situación no ha sido plenamente estudiado, por eso, es muy importante para nosotros apoyar la investigación que ayude a descubrir cuánto gas como el metano hay en el aire durante el invierno. (CH₄).



Así mismo este tema es muy poco estudiado en la región y en país; todo ello por parte de la falta de involucrados e interesados, Por ello, es fundamental ahondar en el estudio para determinar la concentración del metano y con ello fomentar mejores técnicas de minimización de emisión de gases de efecto invernadero y que cumplan con el actual sistema de gestión y eliminación de residuos de nuestro país.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis alterna

La emisión de metano esta influenciada por la disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero a cielo abierto del distrito de Sandia, 2023

1.5.2. Hipótesis nula

La emisión de metano no está influenciada por la disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero a cielo abierto del distrito de Sandia, 2023

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente (VI)

- Disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero

1.6.2. Variable dependiente (VD)

- Emisión del metano



1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables de la investigación

<u>VARIABLES</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>	<u>UNIDAD DE MEDIDA</u>	<u>METODOLOGIA</u>
<u>Independiente</u>	Botaderos en estudio	Llamani	---	<u>Tipo de investigación</u>
Disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero		Ccapuna	---	mixto
<u>Dependiente</u>	Metano en el botadero de residuos sólidos Llamani	Punto 1 Punto 2 Punto 3 Punto 4	ppm ppm ppm ppm	<u>Diseño de investigación</u> No experimental
Emisión del metano	Metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna	Punto 1 Punto 2 Punto 3 Punto 4	ppm ppm ppm ppm	

Nota: (ppm) Pates por millón.



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Emmanuel et al. (2022), hizo una investigación destinado a medir la cantidad de metano (CH₄) procedente de la eliminación de desechos sólidos urbanos (RSU) entre 2000 y 2020. Para ello se utilizó el enfoque por defecto descrito en las directrices del IPCC de 1996. Para ello, se estimó la cantidad de basura producida cada año utilizando la generación per cápita (GPC) y el tamaño de la población. De 5.857,03 t CH₄ en 2000 a 14.734,24 t CH₄ en 2020, las emisiones aumentaron a un ritmo medio anual del 4,89% y con tasas de crecimiento que oscilan entre el 1,19% y el 29,3%. Estas emisiones muestran la problemática que enfrentan algunas ciudades mexicanas y son de una magnitud superior a las producidas en algunas ciudades con mayores niveles de desarrollo socioeconómico.

Ambuludi, Carvajal, & Diéguez (2022), calcularon el potencial de gas metano en el vertedero de la mancomunidad Patate-Pelileo en Tungurahua, Ecuador.



Examinaron información sobre la cantidad y composición de la basura, la vida útil del vertedero y el clima. Los resultados muestran que se producirán 33.070.236,19 m³ de metano en los primeros 20 años, con una media anual de 1.653.511,81 m³, y un pico de 1.985.270.108 m³ en 2032. Se prevé una producción de electricidad suficiente entre 17.693 MWh y 53.385 MWh entre 2011 y 2032 para cubrir las necesidades de los vertederos y otros fines. El estudio llega a la conclusión de que estos modelos, aunque dependen de la veracidad de los datos y de la elección adecuada de los coeficientes, son útiles para planificar la producción de energía. Además, se ven afectados por la cantidad de residuos producidos.

La generación de metano en un RESA y un TCA fue estudiada por Díaz, Buenrostro, Mañón y Hernández (2019); con el fin de identificar la producción de metano (CH₄) tanto puntual como difusa, evaluaron las condiciones operativas y categorizaron los residuos urbanos (RU) tanto en la estación lluviosa como en la seca. Registraron problemas ambientales en el TCA y destacaron ocho áreas en las que era necesario mejorar el RESA. La generación de metano está influida por el volumen de materia orgánica de los RU (50,36% en la RESA y 58,49% en el TCA). En el TCA, aumenta con las precipitaciones, pero en el RESA era un 15% mayor con poca agua debido a la recirculación de lixiviados. Las fuentes de metano en el TCA fueron un < 97% a las del RESA, lo que indica un riesgo que el gobierno debe abordar de inmediato.

Rodríguez, Rodríguez, Monroy, & Ramírez (2015), desarrollaron el trabajo de investigación con el objetivo de mostrar los hallazgos de la digestión anaerobia de lixiviados producidos por la acidogénesis y la hidrólisis de la parte orgánica de los desechos sólidos de la cafetería de la Universidad Autónoma Metropolitana-



Unidad Iztapalapa, establecieron un proyecto de investigación. Los lixiviados fueron sometidos a metanización en un reactor UASB después de ser disueltos con efluente municipal a carga orgánica variable (2.3 a 20 g DQO/L-d). Durante la carga final del reactor UASB, la producción media de biogás fue de 12 L/L-d, con un producción de metano de 0,38 L CH₄/g SSV y una eficiencia de eliminación de DQO superior al 90%.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Cruz (2018), realizó un estudio para determinar la cantidad de metano liberado a la atmósfera y la correlación entre éste y las afecciones respiratorias en la comunidad que rodea el disposición municipal de residuos sólidos de Pucallpa. Se interrogó a 113 participantes para evaluar su salud respiratoria, y se utilizó equipo AEROQUAL para monitorear la emisión de metano en 12 sitios durante un período de 114 días. El volumen de metano registrado fue de 3.634 partes por millón, que es más de lo permitido. Según la encuesta, el 30% de las personas padece enfermedades adicionales como cólicos y dengue, mientras que el 70% sufre dolencias respiratorias como tos y asma. Estos resultados muestran cómo el metano, un contaminante liberado durante la descomposición de la basura, tiene un efecto perjudicial sobre la salud pública.

Gómez (2017), el objetivo del proyecto fue encontrar el componente orgánico de los residuos sólidos urbanos (RSU) del potencialidad bioquímico de metano (PMB) y el potencialidad neto de suministro de electricidad de los mercados de abastos de Arequipa. Se utilizó excremento bovino como co-sustrato en estudios de co-digestión anaeróbica (CO-DA) y se muestreó y describió el FORSU. Para inocular las unidades experimentales, se elaboró un lodo anaerobio y se creó un



dispositivo para analizar el biogás generado. El potencial neto de suministro de energía basado en el volumen de metano se calculó analizando estadísticamente los datos y proyectando el PBM a escala comercial. Se investigó el uso del biogás como recurso renovable en el sector peruano de generación de energía. Se descubrió que la mezcla de sustratos afecta al PBM y que se requiere CO-DA para impulsar la producción de metano. El potencialidad de suministro neto de electricidad está determinado por la eficiencia tecnológica y es proporcional a la cantidad de metano producida. Se recomienda investigar la sostenibilidad económica de proyectos de biogás y electricidad en Perú, así como evaluar diferentes tecnologías de generación. También es importante establecer un plan estratégico para las energías renovables, regular el uso industrial del biogás y conocer las fuentes de biomasa residual.

2.1.3. Antecedentes regionales

Naira (2022), en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNA Puno realizó una investigación en su bioterio para medir la digestibilidad aparente, estimar el desarrollo de metano y estimar la falta de energía en forma de metano en cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con concentrado a una altitud de 3827 metros. Se empleó un total de doce cobayas machos peruanos de $825 \pm 0,08$ g de peso. Mediante espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR), se midió la cantidad de metano producido, se calculó la pérdida de energía utilizando el valor calórico del metano y se evaluó la digestibilidad aparente in vivo en jaulas metabólicas. Los resultados revelaron una pérdida de energía de 3.515 Kcal/d, una generación de metano de $0,64 \pm 0,07$ L/d y una digestibilidad aparente del

Cuba (2019), el objetivo fue de aplicar en proceso se utilizaron cuatro biodigestores experimentales de 3 L que funcionaban a $37\text{ °C} \pm 5$ y con una duración de retención hidráulica de 28 días. Para evaluar el efecto del carbonato cálcico (CaCO_3) en la producción de biogás, se introdujeron en los biodigestores varias combinaciones de lodos y CaCO_3 . Cada diez días, se realizaron mediciones del pH, la conductividad eléctrica y la temperatura mediante parámetros fisicoquímicos. Se utilizó el método Mariotte para medir el biogás, obteniéndose volúmenes de 1,7 L, 1,2 L, 0,9 L y 1,9 L con composiciones del 64%, 62%, 58% y 66% de metano (CH_4). Comparando los resultados con la biodigestión ordinaria, la adición de CaCO_3 mejoró la generación de metano en 0,55 L por kilogramo de lodo activado.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Residuos sólidos

Los residuos sólidos son cualquier material, elemento o producto que queda después de que un cliente utilice, deseche o deje de utilizar un servicio o producto. A continuación, para manejar residuos sólidos es necesario, en primer lugar, intentar repensar lo que hacemos con los residuos sólidos y, si realmente es necesario, encontrar la manera de deshacernos de ellos para siempre. (D.L. N° 1278, 2016).

a) Clasificación de residuos por su origen

Hablando de cómo las fábricas generan residuos, puedes crear tantos grupos como quieras. Aquí tienes algunos grupos especiales según (Paredes, 2018).



- Generados en entornos urbanos y municipales
- Derivados de actividades industriales
- Generados en el ámbito agrícola y ganadero
- Generados en la actividad minera
- Generado por los desechos de servicios de salud
- Generados en procesos de edificaciones.

b) Clasificación de residuos por su naturaleza

- **Orgánicos**

Los residuos orgánicos, procedentes tanto de plantas como de animales, se descomponen de forma natural liberando gases como CO₂ y metano. Este tipo de basura puede reciclarse para fabricar compost, humus, abono y otros artículos (Ramos, 2014).

- **inorgánicos**

Los residuos inorgánicos específicos de la industria que son difíciles de descomponer son probablemente reciclables y pueden volver a utilizarse (Ramos, 2014).

c) Clasificación de residuos en función a su gestión

- **RR.SS. municipal:** Los restos manejados por gestión municipal, son los compuestos por la basura producida por las viviendas y que provienen del barrido de espacios públicos y de limpieza diaria, contabilización de mercados, aparcamientos y otros establecimientos

no residenciales en los que la administración local y sus autoridades gestionan la basura (MINAM, 2019).

- **Residuos sólidos no municipales:** son las que proceden de actividades extractivas, de producción y de servicios -incluidas las producidas por las instalaciones principales y las instalaciones exteriores- que están clasificadas como peligrosas y algunas que no lo están (MINAM, 2019).

2.2.2. Relleno sanitario o vertedero

Los rellenos sanitarios son técnicas para el destino final de RR.SS.; son infraestructuras debidamente equipadas y operadas de acuerdo con principios de ingeniería sanitaria, que permiten la disposición segura de los residuos urbanos sin comprometer el equilibrio ambiental (Pereda & Vigo, 2021).

Esta técnica de ingeniería consiste en esparcir, acoplar, compactar sobre una superficie sellada y cubrir diariamente los residuos con tierra o alguna sustancia inactiva para el control de vectores y manejar las emisiones de gases y lixiviados ocasionados por la desintegración del material orgánico en la masa de residuos (Pereda & Vigo, 2021).

Según Inofuente (2022), recalca que existen tres tipos de rellenos sanitarios siendo en este caso:

El primero es el manual, que tiene una facultar de albergar de hasta 6 tnl. por día y se opera con utensilios manuales.

El RS semi mecanizado tiene una capacidad de más de 6 toneladas por día y puede llegar hasta las cincuenta toneladas diarias; Las actividades de relleno



sanitario deben llevarse a cabo utilizando equipos multifuncionales, como mini cargadoras y retroexcavadoras.

Finalmente, el tercer tipo son las disposiciones sanitarias mecanizadas que pueden disponer de más de 50 ton. de RR.SS. por día; el proceso de este tipo de vertedero requiere el uso de equipo pesado como bulldozers, cargadoras frontales y camiones de volteo (Inofuente, 2022).

Además, para el diseño de una infraestructura del destino final de residuos urbanos se requiere el análisis de cuantificación de Residuos Sólidos Municipales es un instrumento que permite descubrir información importante usando el RR.SS. Analiza cuántos hay, de qué están hechos, si están húmedos o secos y qué tan juntos están, respecto a su localización geográfica para la edificación de un relleno sanitario. (MINAM, 2019).

Es fundamental en el establecimiento de un conjunto de métodos de gestión ambiental, así como de iniciativa de inversión y otros que logren elecciones de manejo integral de RR.SS. en el corto, y largo plazo (MINAM, 2019).

El Análisis de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales arroja la Generación Per Cápita "GPC" de RR.SS., que es el conjunto de residuos sólidos que provoca un individuo en kilogramos (kg/hab/día) (MINAM, 2019).

2.2.3. Contaminación del aire

Se define como «toda sustancia química susceptible que puede provocar impactos perjudiciales para la salud humana y el entorno, cuya concentración supere los niveles admisibles y no pertenezca a la naturaleza del medio en que se encuentra (INAGEP, 2020). Energética, química y mecánica contaminación afecta



el equilibrio atmosférico. La química radica en los partículas y gases en el aire, la mecánica de las ondas que producen vibraciones y la energía de las radiaciones electromagnéticas (INAGEP, 2020).

La contaminación del aire tiene muchos significados diferentes. Incluye sustancias nocivas provenientes de sustancias químicas y elementos como el ruido, las vibraciones, los rayos nocivos visibles o invisibles, y los diminutos seres vivos que pueden enfermarnos. (Justo, 2021)

Para Justo (2021), Antes de depositarse, la mayoría de los impurezas interactúan con partículas suspendidas en el aire en la troposfera inferior, donde se diseminan. Algunos alcanzan mayores alturas y son transportados a lugares lejanos, mientras que otros pueden atravesar la tropopausa y entrar en la estratosfera. A continuación, se describe la contaminación se dispersa de la siguiente manera:

Emisión: la emisión de gases atmosféricos procedentes de una fuente fija gases, humo, polvo, móviles y/o una mezcla de éstos.

Difusión: Implica el movimiento y el esparcimiento de contaminantes, en los que influyen la topografía, la dirección del viento y la estabilidad atmosférica de la zona.

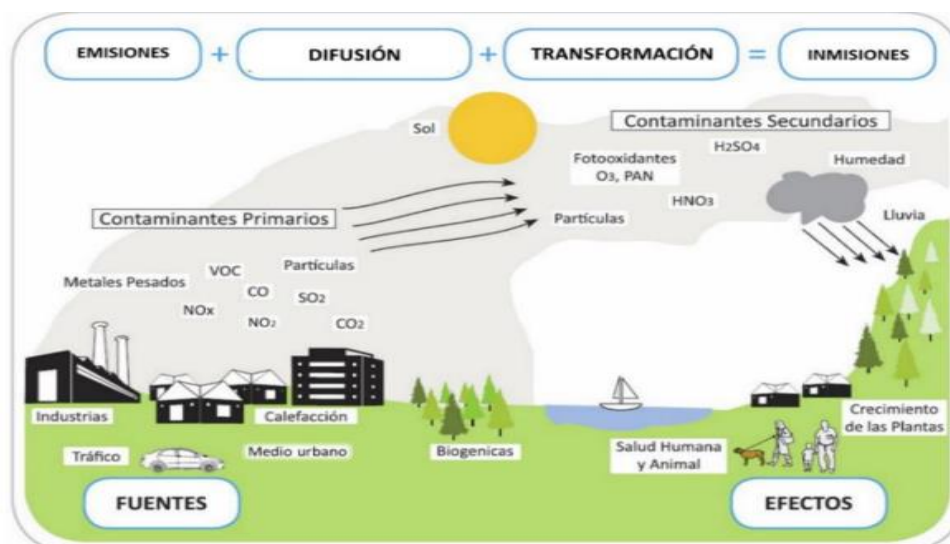
Transformación: Las interacciones químicas y fotoquímicas combinan los contaminantes primarios para generar contaminantes secundarios.

Inmisión: La deposición de contaminantes se refiere a la acumulación de estos en un lugar específico, donde regresan a la capa terrestre y son captados por

el suelo y los océanos. También implica la cantidad de contaminación inhalada, que se mide como masa por unidad de volumen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 1.

Dispersión de los contaminantes



Nota: Derivado de (Justo, 2021)

2.2.3.1. Dispersión de contaminantes

Los estudios sobre la cantidad y dispersión de gases contaminantes son cruciales para los estudios de impacto ambiental. Estas investigaciones son exigidas por las autoridades medioambientales para evaluar la viabilidad ambiental. La dispersión puede examinarse tanto a escala regional como local, abarcando miles de kilómetros y hasta 50 km de radio. Para calcular las concentraciones se utilizan distintos modelos de dispersión en función de la escala. A escala local, elementos meteorológicos como la temperatura, la altitud y la vector del viento influyen en el esparcimiento de los principales contaminantes (Naira, 2022).

Los modelos matemáticos suelen utilizarse para predecir las concentraciones en los receptores desde el enfoque de la dispersión de los



contaminantes. Para estudiar y predecir la calidad del aire, es crucial comprender cómo varían los niveles de contaminación con el tiempo y el lugar. Podemos obtener este conocimiento examinando cómo se propagan los contaminantes en el aire. La Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE.UU. (US EPA) ha analizado una serie de modelos basados en Gauss, incluidos ISCPRIME e ISCST3. Estos modelos son populares por su sencillez de uso y comprensión. Bustos destaca la necesidad de contar con parámetros bien caracterizados que influyan en las concentraciones de contaminantes para que estos modelos puedan ofrecer una descripción cuantitativa. Estos parámetros se agrupan en función de la fuente, el clima, la geografía y los atributos de los contaminantes, y defiende que los modelos creados en naciones ricas podrían funcionar en naciones pobres. (Naira, 2022)

2.2.4. Calidad el aire

La función de la calidad del aire es detectar, controlar y comprender la contaminación en ciudades y fábricas que perjudica nuestro planeta y nuestra salud. También nos ayuda a saber cuánta contaminación hay en el aire y si es seguro respirarlo. (Dávila, 2020)

La aparición de gases o partículas producidas artificial o naturalmente es uno de los tantos factores que afectan las características del aire que respiramos, según la Dirección General de Calidad Ambiental (DGCA) (MINAM, 2020). La calidad del aire que respiramos depende de diferentes sustancias químicas (Justo, 2021). Para solucionar este problema, la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece niveles seguros para cada contaminante que analiza.

Así, para mantener a las personas sanas y mejorar la vida, comprobamos y evaluamos la limpieza del aire.



2.2.5. Metano

Con una capacidad para atrapar calor 23 veces superior a la del CO₂, el metano es el segundo gas del calentamiento global más importante de la atmósfera y amplifica los impactos de la radiación solar y las temperaturas atmosféricas. Además de ser una fuente importante de H₂O en la estratosfera, consume oxidantes en la atmósfera, influye en el equilibrio radiactivo del planeta y aumenta la cantidad de ozono troposférico. Aproximadamente el 70% de las emisiones de metano, unos 370 millones de toneladas, proceden de actividades humanas, de las que más del 30% son atribuibles a la minería del carbón y la extracción de petróleo, y el 60% a la ganadería, los arrozales inundados, la quema de biomasa y los vertederos. Debido a su escasa duración de residencia en la atmósfera, se puede desviar su atención con acciones a corto plazo.

Los principales gases con mayor potencial de calentamiento global son el CO₂ (dióxido de carbono), el CH₄ (metano) y el N₂O (óxido nitroso). El consumo de combustibles (fósiles y de otras fuentes) representa el 56,6% de las emisiones mundiales de estos gases, con una concentración notablemente superior en los países industrializados (Gómez & Fernández, 2009).

Existen tres tipos de fuentes de metano: los metanógenos, o bacterias, producen metano biogénico cuando la materia orgánica se descompone anaeróbicamente en entornos como humedales, granjas de rumiantes, arrozales y vertederos los combustibles fósiles contienen metano termogénico, que se produce a altas temperaturas durante procesos geológicos y el metano pirogénico se crea cuando la biomasa se quema de forma incompleta en incendios forestales y cuando se queman combustibles fósiles y biocombustibles. (Kirschke et al., 2013).



2.2.5.1. Metanogénesis

Es el proceso de fermentación anaerobia que produce calor, amoníaco, CO₂, ácidos grasos Volátiles (AGV) e hidrógeno (H₂). Aquí comienza la formación de metano. Los primordiales AGV que los rumiantes toman y utilizan como fuente de energía y como componentes básicos para la síntesis son el butirato, el propionato y el acetato. Tanto la generación de amonio como la biohidrogenación de lípidos requieren parte del H₂ que se crea. Los microbios metanogénicos (Archaea spp.) utilizan el H₂ extra para producir metano reduciendo el CO₂, lo que facilita la eliminación del H₂ del rumen. Además, se ha observado que, aunque el propionato compite con el acetato y el butirato por el consumo de H₂ en el rumen, los dos últimos favorecen la formación de metano.

-Glucosa → piruvato (2) + metabolismo de los carbohidratos (4H)

-Piruvato + 4H → propionato + H₂O;

-CO₂ + 8H → CH₄ + 2H₂O (Metanogénesis)

-2 acetato + 4H → butirato + 2H₂O;

-Piruvato + H₂O → acetato + CO₂ + 2H;

Este mecanismo es típico de las denominadas arqueas metanogénicas que se encuentran en el intestino grueso de humanos y cerdos, el rumen de los rumiantes, el ciego de los caballos y los conejos y cobayas (Madigan et al., 2015). que puede verse afectado por diversos elementos, como el pH, la cantidad de AGV en el intestino posterior de los herbívoros, el tipo de alimento, las prácticas de alimentación animal, las especies animales y el estrés ambiental (Johnson et al., 2002).

Para su metabolismo energético, las arqueas metanogénicas utilizan un conjunto restringido de sustratos que pueden clasificarse en tres grupos: (1) reducción hidrogenotrófica de dióxido de carbono (CO_2), (2) dismutación metilotrófica de compuestos metilados y (3) fermentación acetoclástica de acetato. La metil-coenzima M reductasa (metil-CoM) es el resultado de estas reacciones. Para su metabolismo energético, las arqueas metanogénicas utilizan una estrecha variedad de sustratos que pueden dividirse en tres categorías: (1) reducción hidrogenotrófica de dióxido de carbono (CO_2), (2) dismutación metilotrófica de compuestos metilados y (3) fermentación acetoclástica de acetato. La metil-coenzima M reductasa (metil-CoM) es el producto de todas estas actividades (Shibata & Terada, 2010)

El ganado produce metano, que se convierte en dióxido de carbono (CO_2) parte del ciclo natural del carbono en la atmosfera. Las plantas tienen el potencial de fijar el CO_2 y crear carbohidratos para alimentarse.

Figura 2.

Ciclo del Metano



Nota. Obtenido de (Justo, 2021)



2.2.5.2. Destrucción del ozono por gases de efecto invernadero (CH₄)

La superficie terrestre libera gases que son fuente de sustancias químicas halogenadas, principalmente cloro y bromo, que inician el proceso de agotamiento del ozono. (Dávila, 2020).

Las principales sustancias químicas creadas por el hombre que agotan el ozono estratosférico son los CFC y los halones. Se liberan principalmente en latitudes medias, sobre todo en el hemisferio norte. Desde allí, se dirigen a latitudes tropicales, donde se acumulan en la troposfera, donde la convección del aire caliente y el movimiento del viento los distribuyen por igual y los hacen menos reactivos. A continuación, ascienden a la estratosfera, donde se combinan con la luz ultravioleta para producir gases halogenados reactivos. (Emmanuel, y otros, 2022).

Los CFC pueden tardar hasta un año en viajar de la troposfera a la atmósfera superior, y el ciclo completo del aire puede durar décadas. Esta lenta circulación de los compuestos halogenados en la atmósfera sugiere que su ciclo vital completo también llevará décadas (Naira, 2022).

Cuando la luz UV hace que elementos como el Cl (cloro) y el Br (bromo) se liberen de los gases halógenos de origen, comienza el proceso de descomposición del ozono. Estos elementos reactivos se mantienen en su forma atómico o se oxidan para producir compuestos como ClO y BrO (a través de la misma reacción con O₃) (Naira, 2022).

El ciclo molecular del ozono termina cuando interactúa con uno de estas emisiones, principalmente ClO (monóxido de cloro), BrO (monóxido de bromo) o



con Cl (cloro) y Br (bromo) en forma atómica (Rodríguez, Rodríguez, Monroy, & Ramírez, 2015).

Los catalizadores (X), son capaces de ser especies halogenadas (ClO, BrO, Cl o Br), radicales de NO (nitrógeno) o radicales de OH (hidroxilo), suelen estar presentes cuando tienen lugar estos procesos de pérdida. (Rodríguez, Rodríguez, Monroy, & Ramírez, 2015).

La O₃ (molécula de ozono). se pierde durante este proceso catalítico, y el catalizador -principalmente productos químicos que contienen Cl (cloro) o Br (bromo) se reconstruye para destruir más moléculas de ozono (O₃) (Cuba, 2019).

Un catalizador es un material que, aunque ayuda a una interacción química, persiste inalterado o reformado tras la reacción y luego participa en otra de naturaleza similar (Díaz, Buenrostro, Mañón, & Hernández, 2019).

En una reacción de pérdida típica, se produce cloro libre y oxígeno molecular (O₂) cuando el ClO (monóxido de cloro), interactúa con un O₂ (átomo de oxígeno). A continuación, el cloro y el ozono se combinan para producir ClO y O₂. La luz ultravioleta intensa descompone el O₂ (moléculas de oxígeno) en oxígeno atómico en la estratosfera de latitudes medias y tropicales, donde esta reacción es esencial (Inofuente, 2022).

Aproximadamente 1.000 moléculas de ozono pueden ser destruidas por el ciclo catalítico de Cl y ClO a 40 km de altitud antes de que se transformen en sustancias como HCl o ClONO₂. A continuación, estas sustancias vuelven a liberar cloro como resultado de la fotólisis provocada por la luz ultravioleta, lo que permite desintegrar más ozono. Un solo átomo de cloro puede destruir unas 100.000



moléculas de ozono, y una vez que se combina con otras sustancias químicas o regresa a la troposfera -donde es arrastrado por las precipitaciones y acaba con la capa terrestre; los gases halogenados dejan de funcionar (Dávila, 2020).

En los trópicos, el agotamiento del ozono por gases halogenados suele ser modesto, mientras que en las latitudes medias es de aproximadamente el 10%. Las concentraciones invernales de estos gases en las regiones polares aumentan como resultado de las interacciones en las superficies de las partículas de las nubes estratosféricas. Como resultado, se produce una disminución significativa del ozono, especialmente en la Antártida durante el invierno y la primavera (Gómez, 2017).

Las bajas cantidades de oxígeno monoatómico (O) combinadas con la concentración de gases como el ClO (monóxido de cloro) en la estratosfera polar restringen la eficacia del ciclo de destrucción del ozono. El mecanismo principal que subyace a las reacciones tan eficaces en estas regiones es el siguiente: una molécula de ClO se combina con otra molécula de ClO o con una molécula de BrO (Díaz, Buenrostro, Mañón, & Hernández, 2019):

En 2 moléculas de ozono se convierten en 3 moléculas de oxígeno en cada escenario. Para que el ciclo se complete y se mantenga la concentración de BrO (monóxido de bromo) y ClO (monóxido de cloro) en la estratosfera, se necesita luz solar en ambas situaciones. Existen dos vías en la reacción con el BrO que conducen a los compuestos altamente reactivos Cl y Br (Díaz, Buenrostro, Mañón, & Hernández, 2019)



2.3. Marco Conceptual

a) Metano

el metano es un gas muy inflamable y altamente combustible que se encuentra en el medio ambiente y también es un componente de gas natural.

Es el hidrocarburo alcano más simple, con la fórmula molecular CH_4 . Es un gas del calentamiento global relativamente intenso, que calienta el planeta 23 veces más rápido en 100 años por kilogramo que el dióxido de carbono (Paredes, 2018)

Propiedades

1.- fórmula química: CH_4

2.- peso molecular: 16,04g/mol.

3.- densidad: 0.717 kg/m³ (a 0 °C y 1 atm).

b) Biogás

Gas producido cuando los compuestos orgánicos de los desperdicios domésticos se descomponen anaeróbicamente. Se compone de dióxido de carbono (CO_2), aire y metano (CH_4), sulfuro de hidrógeno y vapor de agua.(Gómez, 2017).

c) Residuos sólidos urbanos

Son los residuos generados en áreas urbanas por la actividad humana, estos residuos no tienen valor económico o utilidad práctica. Estos desechos



pueden ser de origen doméstico, comercial, hospitalario, industrial e institucional. (Dávila, 2020)

d) Residuos orgánicos

Son todos los materiales derivados de plantas o animales que los microorganismos descomponen con facilidad. También pueden ser sobras, productos de desecho o restos de cualquier tipo de ser vivo. Algunos ejemplos de estos materiales son las peladuras de frutas y verduras, restos de comida, restos de carne y huesos, posos de café y huesos de animales (Inofuente, 2022).

e) Botadero de residuos sólidos

Lugar donde se vierte y se deposita desechos de manera temporal o permanente. Cabe indicar que estos botaderos no son una solución para la disposición final de residuos sólidos ya que pueden ser perjudiciales para la salud pública y el medio ambiente. (Gómez, 2017).



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación

Esta investigación es no experimental, ya que no se manipulará intencionalmente la variable independiente (Hernandez & Fernandez, 2014)

3.2. Tipo de investigación

Debido a que sus contribuciones están dirigidas a dilucidar una cuestión de la realidad que es pertinente a la implicación en el estudio de un tema particular, esta investigación se considera de carácter aplicado (Hernandez & Fernandez, 2014).

3.3. Enfoque de investigación

Esta investigación tiene un enfoque mixto porque combina métodos cualitativos y cuantitativos en un solo estudio que permitirá complementar datos validando el medio hipotético desarrollado, mediante la determinación de la emisión de metano por la disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero a cielo abierto del distrito de Sandia (Hernández & Mendoza, 2014).

3.4. Ubicación de la zona en estudio

El presente proyecto a investigar se desarrolló en los botaderos de Llamani y Ccapuna de distrito de Sandia. El botadero Llamani está ubicada en las coordenadas geográficas, latitud: 14°23'29.25"S longitud: 69°28'37.72"O, a una altura de 2911 m.s.n.m. y el botadero Ccapuna está ubicada en las coordenadas geográficas, latitud: 14°23'46.27"S longitud: 69°28'30.92"O, a una altura de 2966 m.s.n.m.



3.5. Procedimiento metodológico

3.5.1. *Analizar la situación actual de los botaderos de residuos sólidos a cielo abierto de Ccapuna y Llamani del distrito de Sandia.*

Para el logro del presente objetivo, la información bibliográfica recabada de la municipalidad provincial de Sandia y de SIGERSOL fue la siguiente:



- PIGARS, Municipalidad Provincial de Sandia, 2015 – 2020.
- PIGARS, Municipalidad Provincial de Sandia, 2020 – 2025.
- Actas de compromiso de ala Municipalidad de Sandia.

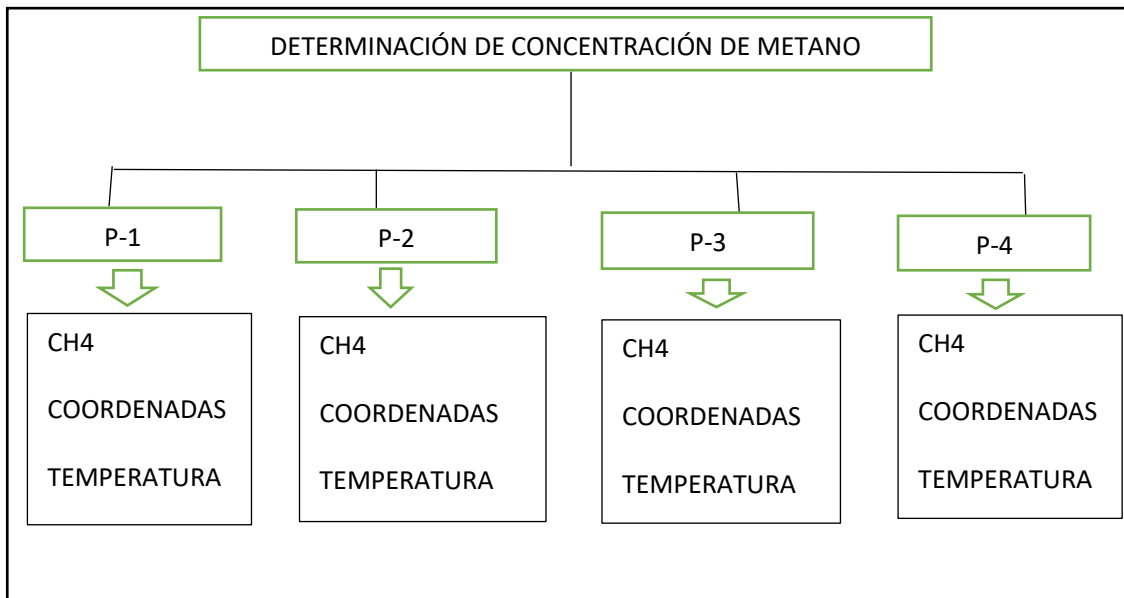
3.5.2. Determinar la concentración de metano en el botadero de residuos sólidos Llamani y Ccapuna del distrito de Sandia.

Se utilizó el siguiente equipo para determinar la concentración de gas generado en el área de disposición de desechos sólidos de Llamani y Ccapuna, en el distrito de Sandia:

- Detector gas portátil **K-400 con pantalla LCD**, analizadores automáticos que se basan en las particularidades físicas y químicas de las mismas.
 - GPS para determinar los puntos de muestreo (latitud y longitud) y altitud.
 - Termómetro para medir la temperatura en diferente horario de muestreo ya que la determinación de metano se hizo durante la mañana, medio día y en la tarde.
- a) Puntos de monitoreo:** Según el “Protocolo de monitoreo nacional de calidad ambiental del aire”, MINAM-2019. establece que los puntos de monitoreo o estaciones deberán ser como mínimos 2 puntos, en el presente para generar datos confiables se dispondrán de 4 puntos de monitoreo los cuales están ubicados en la entrada, dos en el medio y uno en la salida.

Figura 3

Puntos de muestreo para la *Determinación De Emisión De Metano En Los Botaderos De Ccapuna Y Llamani Del Distrito De Sandia.*



b) Metodología de monitoreo: Se aplicará el método automático ya que estos procedimientos obtienen información continua, a nivel horario y en tiempo real. MINAM-2019

c) Frecuencia de monitoreo: para conseguir resultados confiables y representativa de acuerdo al protocolo; según el protocolo del MINAM-2019, el parámetro a monitorear se seguirá el siguiente criterio.

Tabla 2

Frecuencia y periodo de monitoreo

Determinación	Tiempo (hora)	Tiempo suficiente información requerida	mínimo de valida	Periodicidad
CH4	8	>75%	(6 horas)	Continua

Nota: Obtenido del Protocolo de monitoreo de la calidad ambiental del aire”



Los requisitos y condiciones exigidos para el control de la calidad del aire serán:

- Conectividad de los puntos de supervisión
- Transporte para el desplazamiento de los equipos de supervisión
- Protección de los equipos de supervisión
- Conectividad de suministro eléctrico.

d) Criterios técnicos para la instalación de los equipos de monitoreo: El protocolo nacional de supervisión de la calidad del aire sugiere los siguientes requisitos técnicos:

- Ubicarlos en zonas libres (no eviten el ingreso del aire)
- Deben estar libre de las influencias (estructuras, edificios y árboles)
- Distancia horizontal mayor o igual a 1m entre 2 equipos,
- **Cálculo de las concentraciones de los contaminantes en "PPM":**
Los siguientes procedimientos establecerán los niveles de concentración de metano del vertedero de residuos sólidos en partes por millón (ppm).
- **1er paso:** Resultados en % proporcionado por el laboratorio.
- **2do paso:** conversión de los datos de % a ppm con el siguiente formula.

$$\text{Ppm} = (\%/100) * 1000000$$

Donde:

- Ppm es la concentración de metano en partes por millón.
- % concentración de metano en porcentaje.
- **3er paso:** Análisis de los resultados.



3.5.3. Realizar la modelación de la concentración del metano en los botaderos de residuos sólidos Llamani y Ccapuna del distrito de Sandia

Finalmente se realizará la modelación del nivel de metano en cada botadero de residuos urbanos; mediante el software ArcGIS; con la ayuda de la herramienta interpolación-Kriying.

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

La población en análisis está compuesta por el metano emitido por el botadero de residuos sólidos de la población de Sandia

3.6.2. Muestra

Por lo tanto, la muestra objeto de estudio estará representada por un criterio no probabilístico por conveniencia; en este caso el metano generado por el vertedero de residuos sólidos de la ciudad de Sandia.

3.7. Materiales y equipos

Materiales

- Papel, micas y pizarras
- Cajas y cinta adhesiva
- EPP
- Libreta de campo (cadena de custodia)
- Plumones y lapiceros

Equipos

- Detector gas portátil K-400 con pantalla LCD
- GPS
- Termómetro



- Laptop
- Cámara fotográfica
- Celulares

3.8. Técnicas e instrumentos

3.8.1. Técnicas

- Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire (D.S. N° 010-2019- MINAM).
- Observacional
- Revisión bibliográfica

3.8.2. Instrumentos

- Laboratorio de análisis de calidad de aire

3.9. Análisis estadístico

H₁: La emisión de metano esta influenciada por la disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero a cielo abierto del distrito de Sandia, 2023

H₀: La emisión de metano no esta influenciada por la disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero a cielo abierto del distrito de Sandia, 2023

Para contrastar la hipótesis general y específica. Se utilizará el programa IBM SPSS Statistic, idóneo para la comprobación de hipótesis, para realizar el procedimiento estadístico de comprobación de hipótesis t-Student para muestras relacionadas (antes y después), de acuerdo con los criterios especificados.

- **Criterio para decidir**

-P-value \leq 0.05, Se desestima la (H₀) y Se toma la (H_a)

-P-value \geq 0.05, Se toma la (H₀) y Se desestima la (H_a)



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Analizar la situación actual de los botaderos de residuos sólidos a cielo abierto de Ccapuna y Llamani del distrito de Sandía

Según la municipalidad del distrito de Sandía (2023) el destino final de desechos sólidos se realiza en un vertedero sanitario, ubicado a corta distancia de la ciudad, rompiendo los reglamentos básicos de salud ambiental y sanidad laboral.

El limitado nivel de coordinación entre el gobierno provincial, más la complejidad geográfica de la zona ha propiciado que el municipio promueva su propio botadero, por lo cual actualmente tiene un área designado en lugar llamado Ccapuna, lugar para la destino final de residuos sólidos, está actualmente en funcionamiento, en comparación al anterior botadero denominado Llamani, que está en desuso; dicha área geográfica poco a poco ha ido deteriorándose, lo que conlleva a plantear un cierre definitivo dicho espacio para la acumulación de desechos sólidos, y proponer la construcción de un relleno sanitario para evitar la contaminación de la zona, pero si bien el distrito cuenta con un lugar identificado para la ejecución de dicho relleno sanitario, aun se requiere cumplir varias



formalidades, como: saneamiento del terreno, formulación del proyecto de inversión, expediente técnico, entre otros requerimientos para lograr la implementación de dicho relleno.

En cuanto a la adopción del relleno sanitario para el destino final de residuos, es la rehabilitación de terrenos degradados por RIA como parte de la implementación del relleno sanitario para la destino final de residuos, es la rehabilitación de terrenos degradadas por causa de la disposición descontrolada de desechos sólidos. El mayor de ellos son los arroyos, cuya recuperación requiere que se analicen y evalúen las alternativas técnicas de limpieza, clausura o transformación de dichos vertederos.

Por otro lado, un asunto que es vital tocar, que la población del distrito tiene un limitado conocimiento sobre las consecuencias del botadero, así como las diferencias entre un botadero y un relleno sanitario. Razón por la cual, también resulta importante extender la sensibilización a la población para que sepan sobre sus características y beneficios que trae un relleno sanitario

4.1.2. Determinar la concentración de metano en el botadero de residuos sólidos Llamani y Ccapuna del distrito de Sandia

4.1.2.1. Concentración de metano en el botadero de residuos sólidos Llamani

La determinación de metano con el equipo automático detector gas portátil **K-400 con pantalla LCD** dieron los siguientes resultados que se adjuntan en el **ANEXO 2.**

Tabla 2

Conversión de datos de porcentaje (%) a partes por millón (ppm) de la determinación de metano en botadero de Llamani.

CÓDIGO	HORA	CONCENTRACIÓN DE METANO (CH ₄) EN PPM EN BOTADERO DE LLAMANI			
		06/09/2023		10/09/2023	
		%	PPM	%	PPM
L-1	08:00	0	0	0	0
	12:00	0.1	1000	0.1	1000
	17:00	0.1	1000	0.1	1000
L-2	08:15	0	0	0	0
	12:15	0.1	1000	0	0
	17:15	0.1	1000	0.1	1000
L-3	08:30	0	0	0	0
	12:30	0.1	1000	0.2	2000
	17:30	0	0	0.1	1000
L-4	08:45	0	0	0	0
	12:45	0	0	0.2	2000
	17:45	0.1	1000	0.1	1000

a) Concentración de metano en el Punto 1

En la tabla 3, se aprecia el nivel de metano (CH₄) en el punto 1, indicando que en la primera y segunda fecha de monitoreo a las 8:00 horas, presentan una concentración de 00 ppm de metano respectivamente; mientras que a las 12:00 horas al igual que las 17:00 horas, presenta una concentración de 1000 PPM de metano, respectivamente.

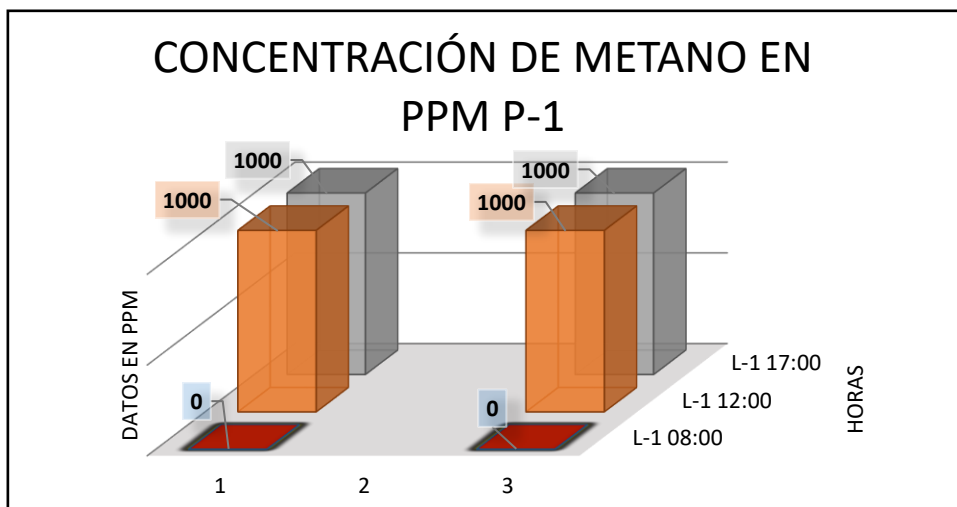
Tabla 3.

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 1

CÓDIGO	HORA	CONCENTRACIÓN DE METANO (CH ₄) EN PPM EN BOTADERO DE LLAMANI	
		06/09/2023	10/09/2023
		PPM	PPM
L-1	08:00	0	0
	12:00	1000	1000
	17:00	1000	1000

Figura 4

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 1



En la figura 4, se aprecia el nivel de metano (CH₄) en el punto 1 de manera gráfica, indicando que la concentración de metano no es muy elevada, presentando en promedio 1000 para las 12:00horas y 17:00 horas de día.

b) Concentración de metano en el Punto 2

En la tabla 4, se aprecia el nivel de metano (CH₄) en el punto 2, indicando que en la primera y segunda fecha de monitoreo a las 8:00 horas, presentan una concentración de 0 pmm de metano respectivamente; mientras que a las 12:00 horas al igual que las 17:00 horas, presenta una concentración de 1000 ppm de metano, respectivamente.

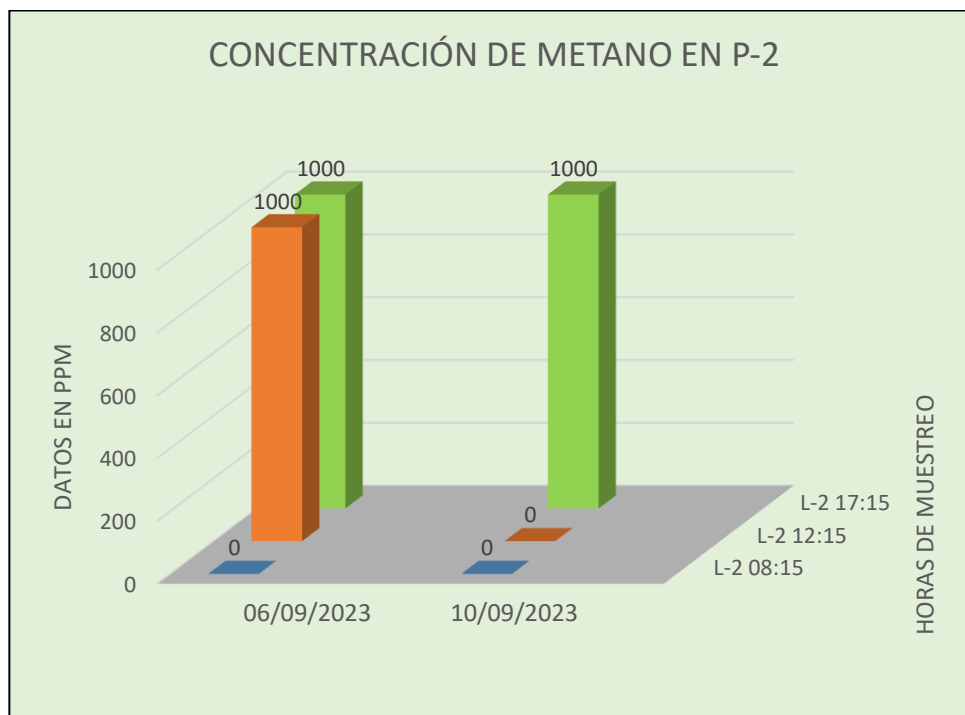
Tabla 4

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 2

CÓDIGO	HORA	CONCENTRACIÓN DE METANO (CH ₄) EN PPM EN BOTADERO DE LLAMANI	
		06/09/2023	10/09/2023
		PPM	PPM
L-2	08:15	0	0
	12:15	1000	0
	17:15	1000	1000

Figura 5

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 2



En la figura 5, se aprecia el nivel de metano (CH₄) en el punto 2 de manera gráfica, indicando que la concentración de metano no es muy elevada, presentando en promedio 1000 ppm para las 12:00horas y 17:00 horas de día igual al anterior caso.

c) Concentración de metano en el Punto 3

En la tabla 5, se aprecia el nivel de metano (CH₄) en el punto 3, indicando que, en la primera, y segunda fecha de monitoreo a las 8:00 horas presentan una concentración de 00 ppm de metano respectivamente; mientras que a las 12:00 horas presenta una concentración de 1000 ppm y 2000 ppm de metano y a las 17:00 horas presenta una concentración de 00 ppm y 1000 ppm de metano, respectivamente.

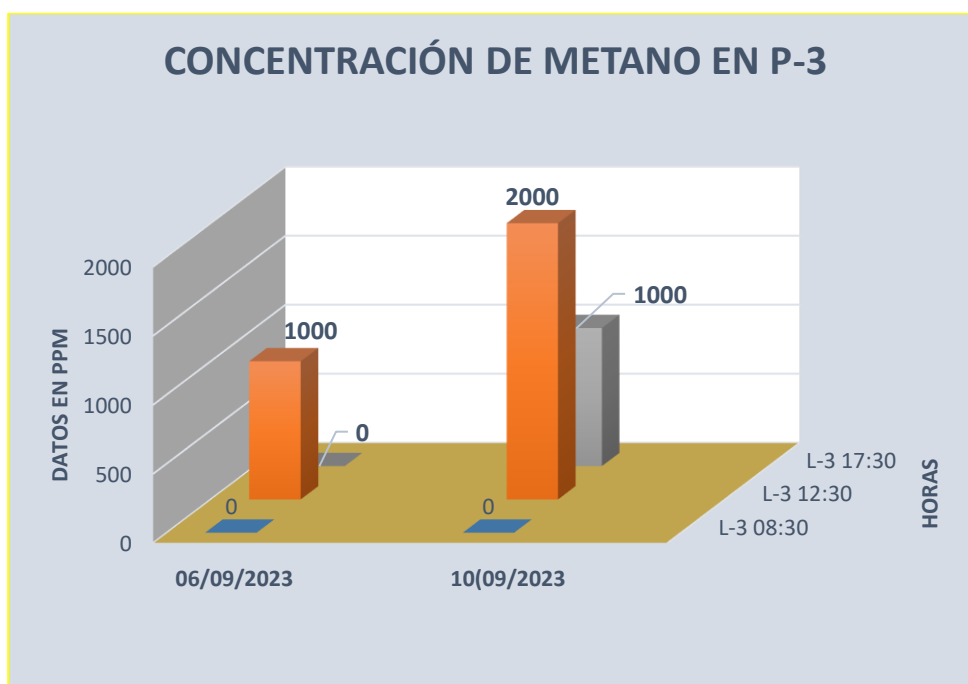
Tabla 5

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 3

CÓDIGO	HORA	CONCENTRACIÓN DE METANO (CH ₄) EN PPM EN BOTADERO DE LLAMANI	
		06/09/2023	10/09/2023
		PPM	PPM
L-3	08:30	0	0
	12:30	1000	2000
	17:30	0	1000

Figura 6

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 3



En la figura 6, se aprecia la concentración de metano (CH₄) en el punto 3 de manera gráfica, indicando que la concentración de metano no es muy elevada, presentando la mayor concentración de metano para las 12:00 horas del día con 1000 ppm y 2000 ppm.

d) Concentración de metano en el Punto 4

En la tabla 6, se aprecia la concentración de metano (CH₄) en el punto 4, indicando que en la primera y segunda fecha de monitoreo a las 8:00 horas, presentan una concentración de 00 ppm de metano respectivamente; mientras que a las 12:00 horas presenta una concentración de 1000 ppm y 2000 ppm de metano y a las 17:00 horas, presentan una concentración de 1000 ppm de metano respectivamente.

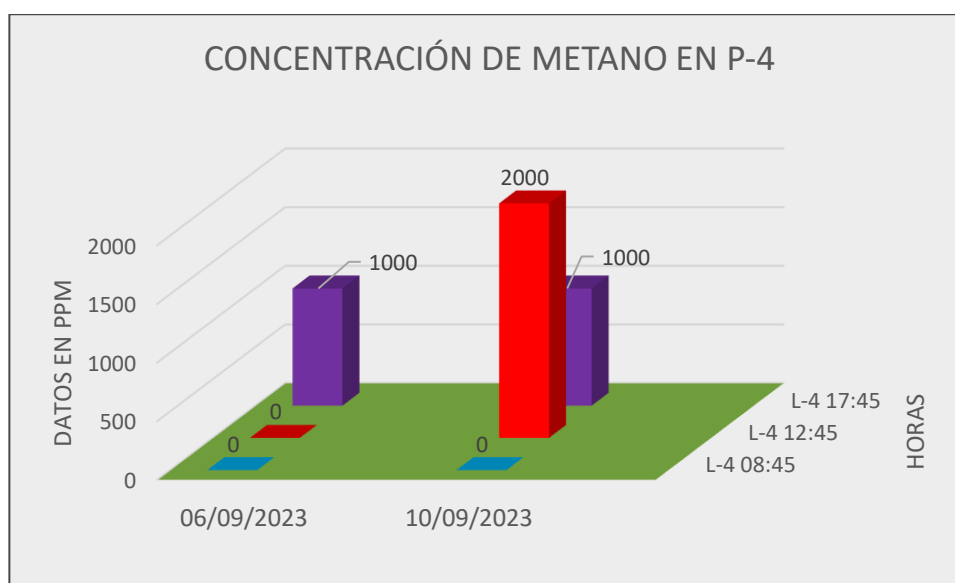
Tabla 6

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 4

CÓDIGO	HORA	CONCENTRACIÓN DE METANO (CH ₄) EN PPM EN BOTADERO DE LLAMANI	
		06/09/2023	10/09/2023
		PPM	PPM
L-4	08:45	0	0
	12:45	0	2000
	17:45	1000	1000

Figura 7

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 4



En la figura 7, se aprecia la concentración de metano (CH₄) en el punto 4 de manera gráfica, indicando que la concentración de metano no es muy elevada, presentando la mayor concentración de metano para las 12:00 horas del día con 1000 ppm y 2000 ppm igualmente al anterior caso originado por las altas temperaturas.

4.1.1.2. Concentración de metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna.

Conversión de datos de porcentaje (%) a partes por millón (ppm) de la determinación de metano en botadero de Ccapuna.

CÓDIGO	HORA	CONCENTRACIÓN DE METANO (CH ₄) EN PPM BOTADERO DE CCAPUNA					
		04/09/2023		08/09/2023		12/09/2023	
		%	PPM	%	ppm	%	PPM
C-1	08:00	0.5	5000	0.6	6000	0.8	8000
	12:00	1.8	18000	2.1	21000	2	20000
	17:00	1.5	15000	1.3	13000	1.6	16000
C-2	08:15	0.9	9000	0.8	8000	0.7	7000
	12:15	0.9	9000	1.9	19000	1.8	18000
	17:15	1.7	17000	1.5	15000	1.4	14000
C-3	08:30	0.6	6000	0.7	7000	0.6	6000
	12:30	2.1	21000	2.4	24000	2.2	22000
	17:30	1.8	18000	1.7	17000	1.6	16000
C-4	08:45	0.8	8000	0.5	5000	0.7	7000
	12:45	2.2	22000	2.3	23000	2.1	21000
	17:45	1.9	19000	1.5	15000	1.7	17000

a) Concentración de metano en el Punto 1

En la tabla 7, se aprecia el nivel metano (CH₄) en el punto 1, indicando que, en la primera, segunda y tercera fecha de monitoreo a las 8:00 horas, presenta una concentración de 5000 6000 y 8000 ppm de metano respectivamente; mientras que a las 12:00 horas, presenta una concentración de 18000, 21000 y 20000 ppm de

metano, y finalmente a las 17:00 horas presenta una concentración de 15000, 13000 y 16000 ppm de metano respectivamente.

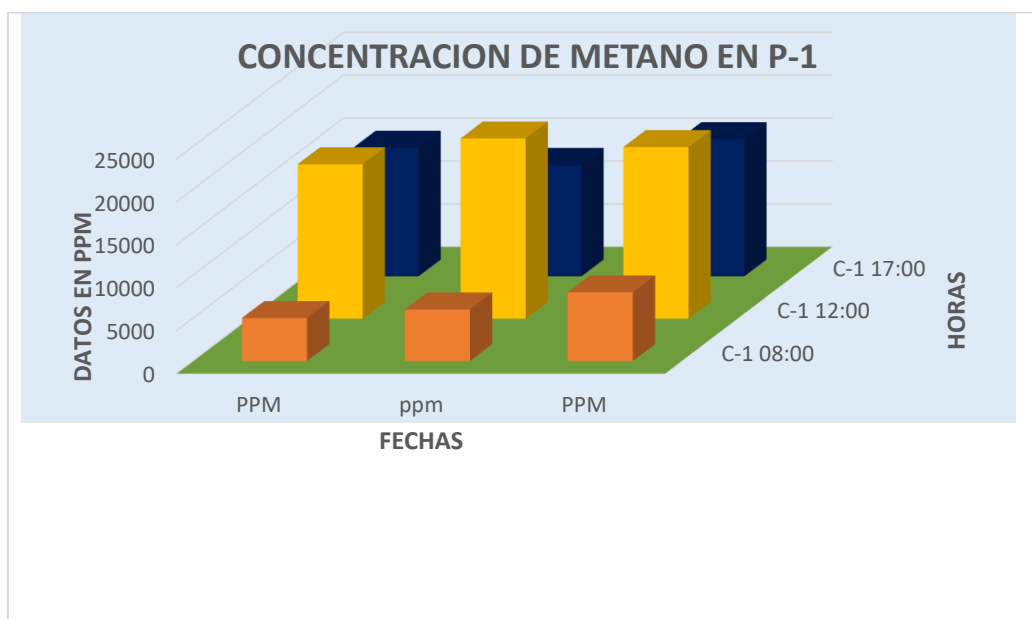
Tabla 7

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – punto 1

CÓDIGO	HORA	CONCENTRACIÓN DE METANO (CH ₄) EN PPM BOTADERO DE CCAPUNA					
		04/09/2023		08/09/2023		12/09/2023	
		%	PPM	%	ppm	%	PPM
C-1	08:00	0.5	5000	0.6	6000	0.8	8000
	12:00	1.8	18000	2.1	21000	2	20000
	17:00	1.5	15000	1.3	13000	1.6	16000

Figura 8

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – punto 1



En la figura 8, se aprecia el nivel metano (CH₄) en el punto 1 de manera gráfica, indicando que la concentración de metano es superior a las 12:00 horas con 18000, 21000 y 20000 ppm de metano, en comparación a las concentraciones de metano a las 8:00 horas y 17:00 horas de día, todo ello provocado principalmente porque a dicha hora se presenta las mayores temperaturas del día.

b) Concentración de metano en el Punto 2

En la tabla 8, se aprecia el nivel metano (CH₄) en el punto 2, indicando que, en la primera, segunda y tercera fecha de monitoreo a las 8:15 horas, presenta una concentración de 9000, 8000 y 7000 ppm de metano respectivamente; mientras que a las 12:00 horas, presenta una concentración de 9000, 19000 y 18000 ppm de metano, y finalmente a las 17:00 horas presenta una concentración de 17000, 15000 y 14000 ppm de metano respectivamente.

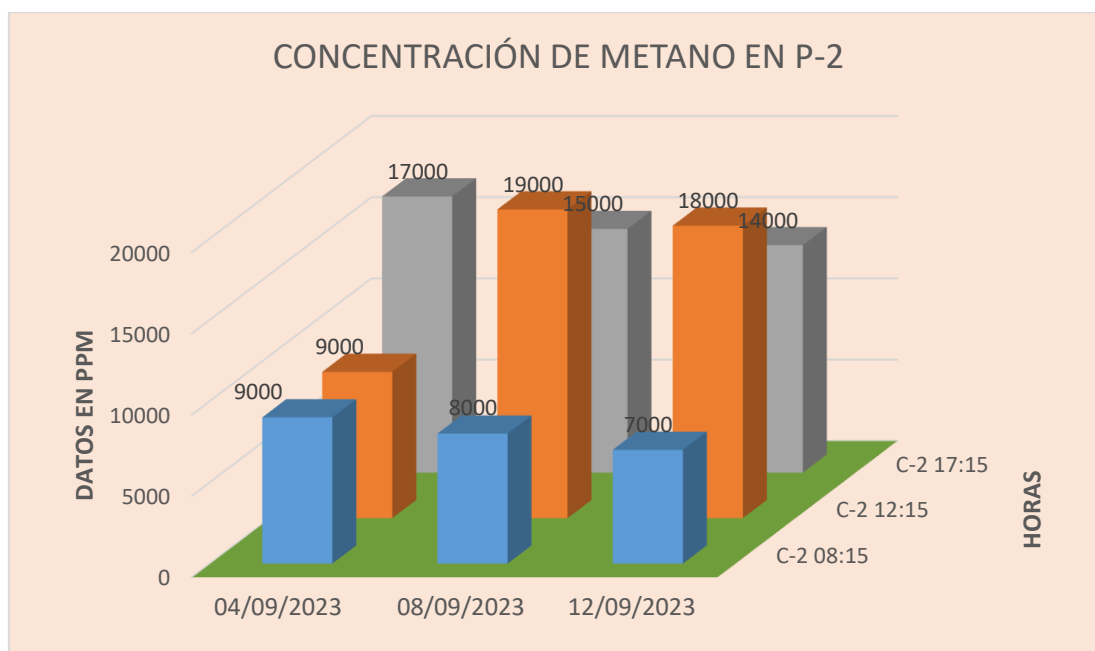
Tabla 8

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – punto 2

CÓDIGO	HORA	CONCENTRACIÓN DE METANO (CH ₄) EN PPM BOTADERO DE CCAPUNA					
		04/09/2023		08/09/2023		12/09/2023	
		%	PPM	%	ppm	%	PPM
C-2	08:15	0.9	9000	0.8	8000	0.7	7000
	12:15	0.9	9000	1.9	19000	1.8	18000
	17:15	1.7	17000	1.5	15000	1.4	14000

Figura 9

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – punto 2



En la figura 9, se aprecia el nivel metano (CH₄) en el punto 2, de manera gráfica indicando que la concentración de metano es superior a las 12:00 horas con 9000 , 19000 y 1800 ppm, en comparación a las concentraciones de metano a las 8:00 horas y 17:00 horas de día, todo ello provocado igualmente al anterior caso porque a dicha hora se presenta las mayores temperaturas del día.

c) Concentración de metano en el Punto 3

En la tabla 9, se aprecia el nivel metano (CH₄) en el punto 3, indicando que, en la primera, segunda y tercera fecha de monitoreo a las 8:00 horas, presenta una concentración de 6000, 7000 y 6000 ppm de metano respectivamente; mientras que a las 12:00 horas, presenta una concentración de 21000, 24000 y 22000 de metano, y finalmente a las 17:00 horas presenta una concentración de 18000, 17000 y 16000 ppm de metano, respectivamente.

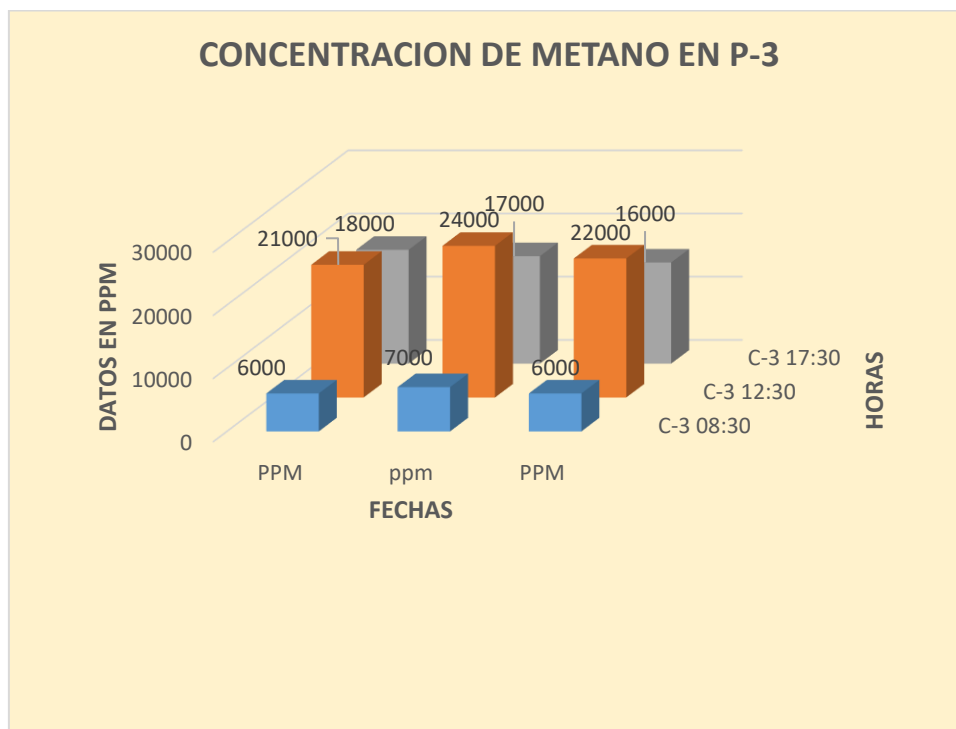
Tabla 9

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – punto 3

CÓDIGO	HORA	CONCENTRACIÓN DE METANO (CH ₄) EN PPM BOTADERO DE CCAPUNA					
		04/09/2023		08/09/2023		12/09/2023	
		%	PPM	%	ppm	%	PPM
C-3	08:30	0.6	6000	0.7	7000	0.6	6000
	12:30	2.1	21000	2.4	24000	2.2	22000
	17:30	1.8	18000	1.7	17000	1.6	16000

Figura 10

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – punto 3



En la figura 10, se aprecia el nivel metano (CH_4) en el punto 3 de manera gráfica, indicando que la concentración de metano es superior a las 12:00 horas con 21000, 24000 y 22000 ppm en comparación a las concentraciones de metano a las 8:00 horas y 17:00 horas de día, todo ello provocado igualmente al anterior caso porque a dicha hora se presenta las mayores temperaturas del día.

d) Concentración de metano en el Punto 4

En la tabla 10, se aprecia el nivel metano (CH_4) en el punto 4, indicando que, en la primera, segunda y tercera fecha de monitoreo a las 8:00 horas, presenta una concentración de 8000, 5000 y 7000 ppm de metano respectivamente; mientras que a las 12:00 horas, presenta una concentración de 22000, 23000 y 21000 ppm de metano, y finalmente a las 17:00 horas presenta una concentración de 19000, 15000 y 17000 ppm de metano respectivamente.

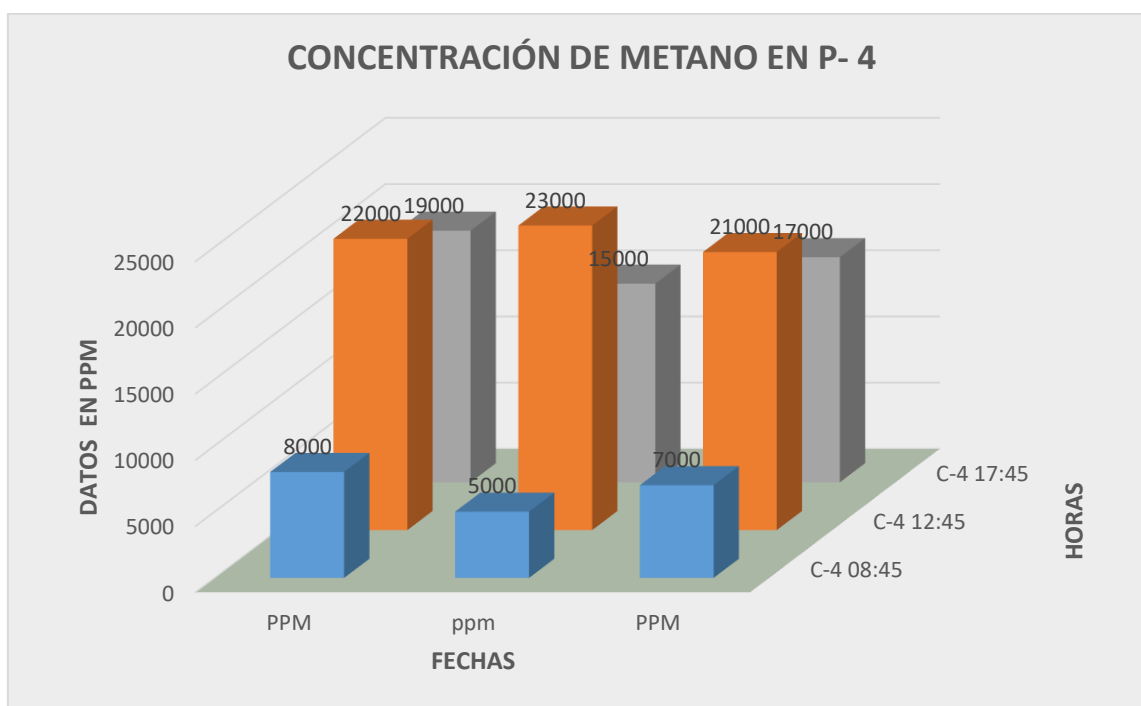
Tabla 10

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – punto 4

CONCENTRACIÓN DE METANO (CH4) EN PPM BOTADERO DE CCAPUNA							
CÓDIGO	HORA	04/09/2023		08/09/2023		12/09/2023	
		%	PPM	%	ppm	%	PPM
C-4	08:45	0.8	8000	0.5	5000	0.7	7000
	12:45	2.2	22000	2.3	23000	2.1	21000
	17:45	1.9	19000	1.5	15000	1.7	17000

Figura 11

Concentración del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – punto 4



En la figura 11, se aprecia el nivel metano (CH4) en el punto 4 de manera gráfica, indicando que la concentración de metano es superior a las 12:00horas con 22000, 23000 y 21000 ppm en comparación a las concentraciones de metano a las 8:00horas y 17:00 horas de día, todo ello provocado igualmente al anterior caso porque a dicha hora se presenta las mayores temperaturas del día.

Figura 12

Puntos de determinación para la concentración del del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – 06/09/2023

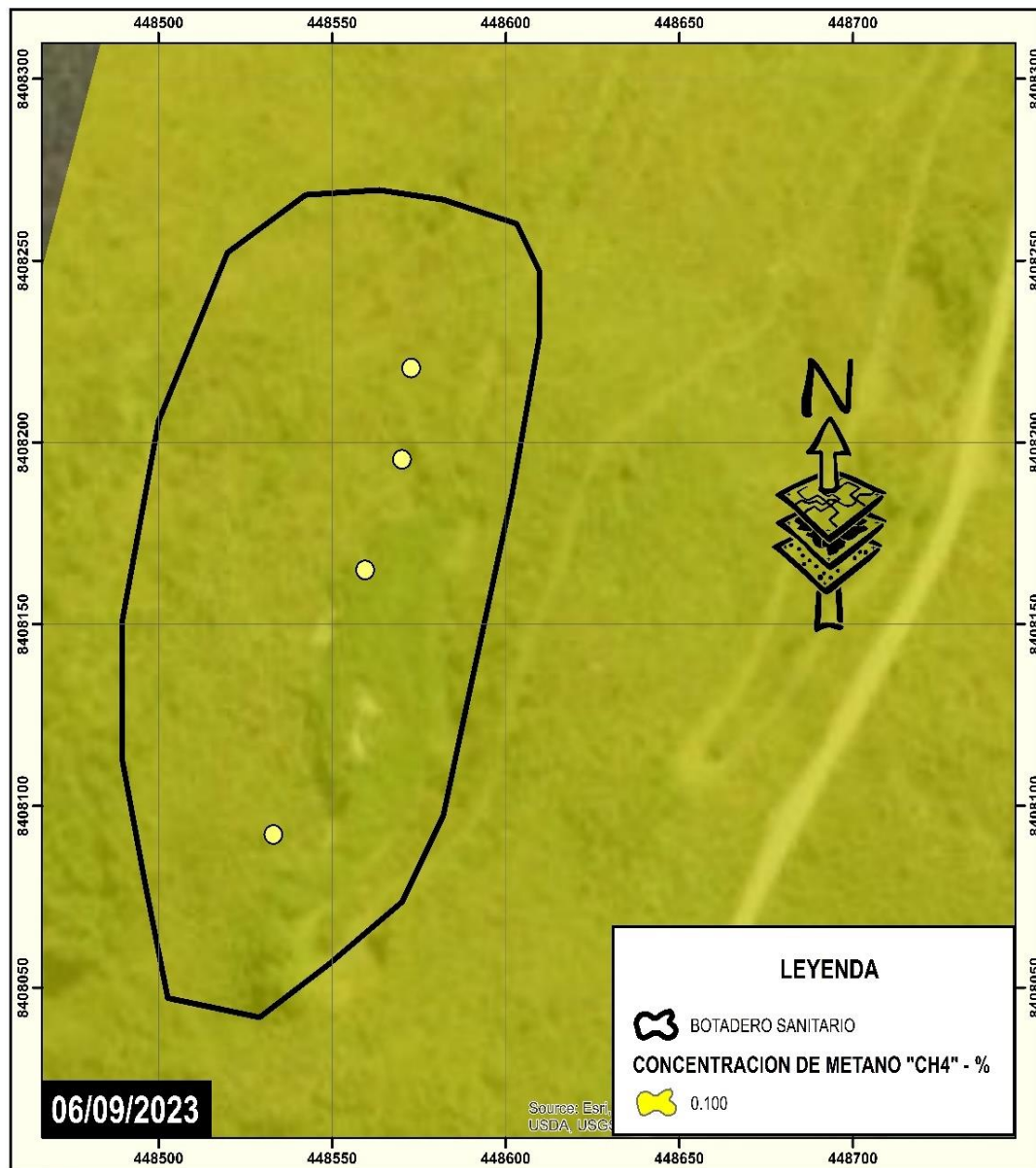


Figura 13

Modelamiento de la concentración del del metano en el botadero de residuos sólidos Llamani – 10/09/2023

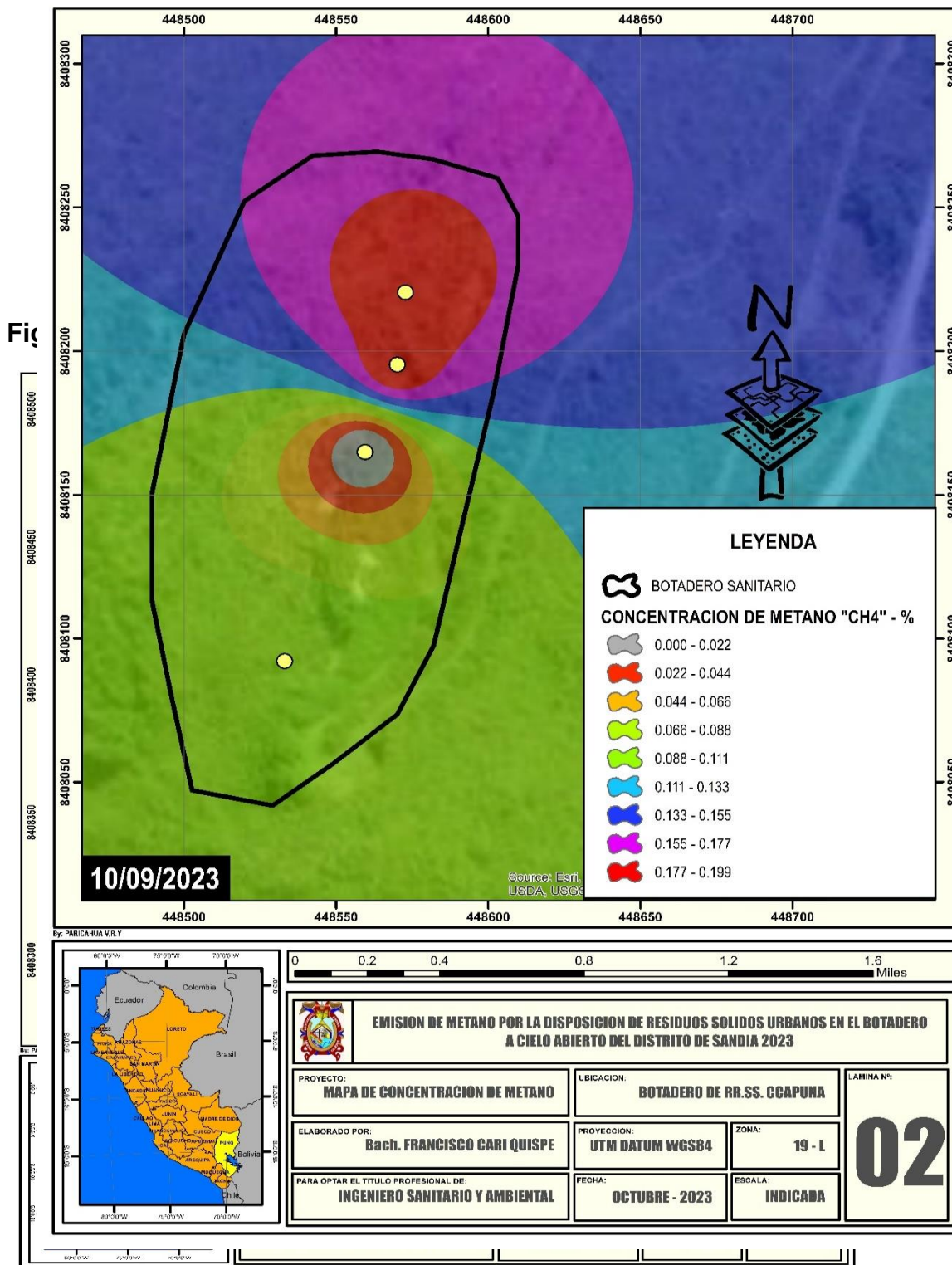
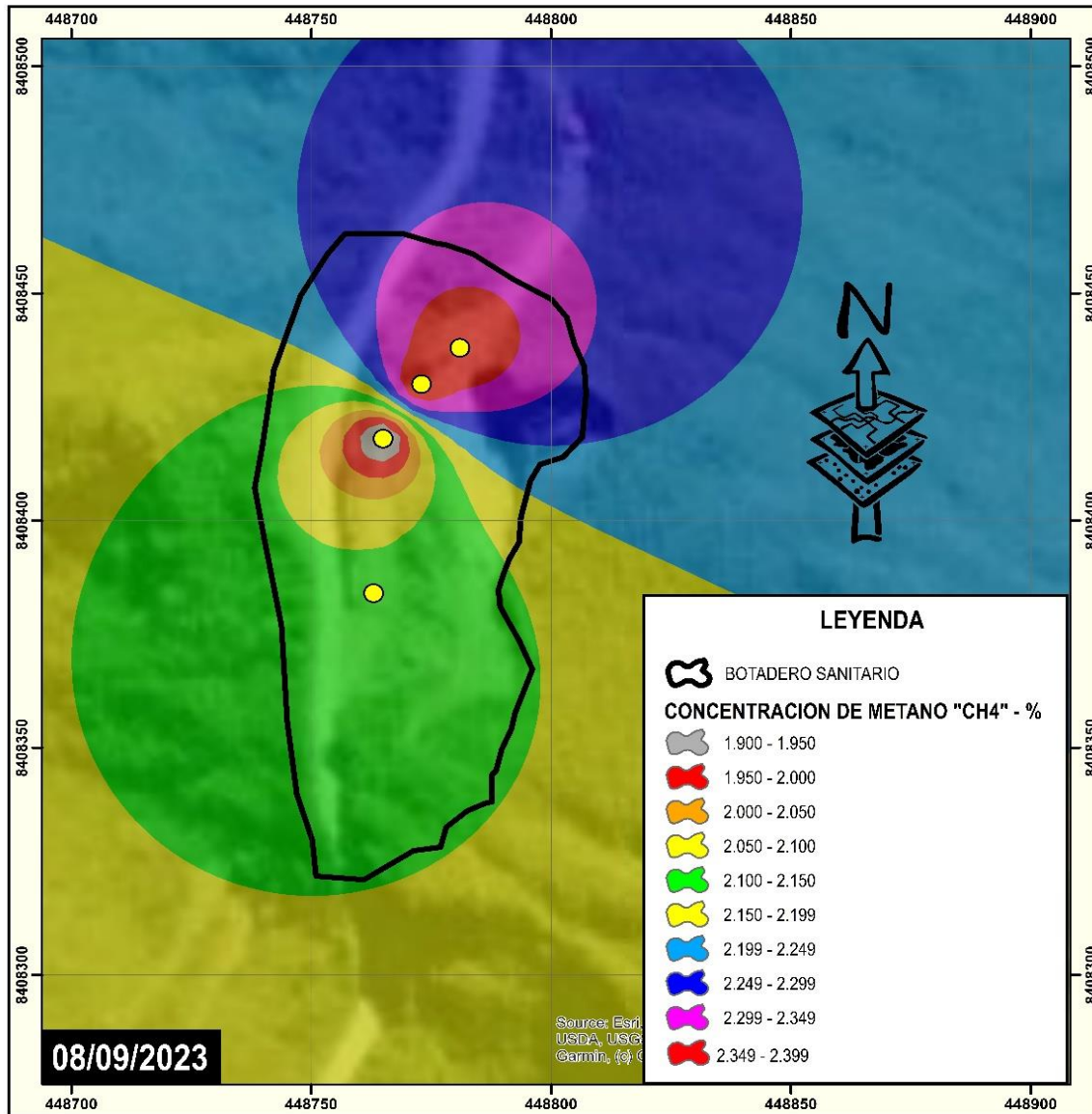


Figura 14

Modelamiento de la concentración del del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – 08/09/2023

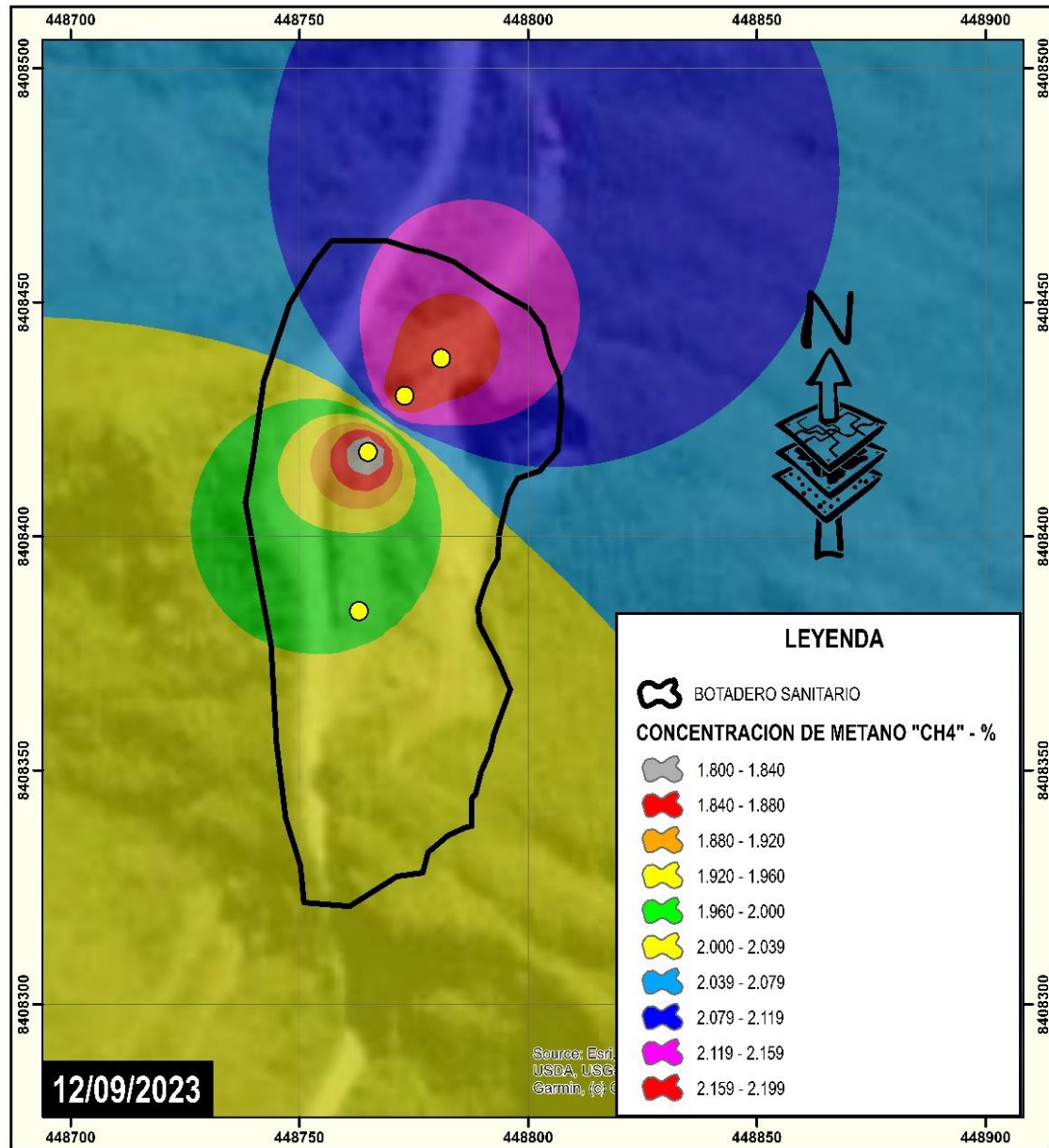


By: PARIKAHUA V.R.Y

<p>EMISION DE METANO POR LA DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA 2023</p>		
PROYECTO: MAPA DE CONCENTRACION DE METANO	UBICACION: BOTADERO DE RR.SS. LLAMANI	LAMINA N°: 02
ELABORADO POR: Bach. FRANCISCO CARI QUISPE	PROYECCION: UTM DATUM WGS84	ZONA: 19 - I
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL	FECHA: OCTUBRE - 2023	ESCALA: INDICADA

Figura 15

Modelamiento de la concentración del del metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna – 12/09/2023



EMISION DE METANO POR LA DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA 2023			
PROYECTO: MAPA DE CONCENTRACION DE METANO		UBICACION: BOTADERO DE RR.SS. LLAMANI	
ELABORADO POR: Bach. FRANCISCO CARI QUISPE		PROYECCION: UTM DATUM WGS84	
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL		FECHA: OCTUBRE - 2023	
		ZONA: 19 - I	
		ESCALA: INDICADA	
			03

En las figuras 14, 15 y 16, se muestra el nivel metano (CH_4) en el botadero de residuos sólidos Ccapuna, durante las diferentes fechas de evaluación, indicando que la mayor concentración del metano sucede principalmente en las partes centrales del botadero, mientras que en las partes colindantes no existe mucha distribución del metano.

4.3. Discusiones

Dichos resultados comparados con Emmanuel, y otros (2022), son diferentes, el cual encontró La cantidad de CH_4 aumentó de 5,857.03 tn. en el 2000 a 14,734.24 t en el 2020, con tasas de crecimiento entre 1.18% y 29.2%, y una media anual del 4.89%; provocado por la disposición de residuos sólidos conllevando a que la dimensión de estas supera a algunas generadas en ciudades con mayor progreso socioeconómico, destacando la situación problemática de diversas capitales en México.

Con respecto a Carbajal Ambuludi, Carvajal, & Diéguez (2022), estimo la concentración de metano en el vertedero de desechos sólidos de la mancomunidad Patate-Pelileo, Tungurahua presentando una cantidad de metano de 33.070.236,19 m^3 , una media anual de 1.653.511,81 m^3 , y el valor máximo se alcanza en el año 2032 (1.985.270.108 m^3), todo ello influenciada principalmente por la cantidad de residuos generados en dicha localidad, adicional a ello, dichos gases emitidos se pueden realizar para la proyección de la producción de energía y otros usos del gas de relleno sanitario.

Díaz, Buenrostro, Mañón, & Hernández (2019), determino la concentración de metano en dos entidades, encontrando que la temperatura influye



significativamente en la generación de metano, mientras mayor sea la temperatura ambiental mayor será la emisión de metano hacia el ambiente, logrando, sin embargo además el viento actuará un papel importante en la dispersión de dichos agentes a los entornos, lo cual es un riesgo significativo que necesita cuidado urgente de las jurisdicciones.

Cruz (2018), en su estudio en su estudio determinó el nivel de metano en el disposición municipal de residuos sólidos de Pucallpa encontrando 3634 ppm de metano, ilustrando cómo las emisiones de metano provenientes de la desintegración de los residuos sólidos son un agente que influye negativamente en la salud y cómo afectan a la comunidad aledaña al relleno sanitario municipal de residuos sólidos de Pucallpa.



CONCLUSIONES

Primero: Se concluye que el botadero Llamani está en desuso, mientras que el botadero Ccapuna, esta actualmente en uso, sin embargo, los residuos sólidos están dispuestas al aire libre, provocando el deterioro del área, por lo cual es pertinente la construcción de un relleno sanitario.

Segundo: Se concluye que la concentración de metano en los puntos de monitoreo del botadero de residuos sólidos Llamani y Ccapuna son superiores a las 12:00 horas del día, con concentraciones que fluctúan entre 18000 ppm a 24000 ppm de metano (CH₄) para Ccapuna, y concentraciones que fluctúan entre 0 ppm a 2000 ppm, a las 12:00 horas del día para Llamani influenciado principalmente por la temperatura ambiental.



RECOMENDACIONES

Primero: Se recomienda plantear la viabilidad de un proyecto de recuperación de gas metano para uso en viviendas ya que estos presentan un alto potencial de generación de metano.

Segundo: Se recomienda la construcción de un relleno sanitario para la disposición final segura de los residuos sólidos con la instalación de quemadores de gases para un mejor control de generación de CH₄.

Tercero: Se recomienda a las autoridades competentes implementar programas de concientización a la población del distrito de Sandia para un mejor manejo de sus residuos orgánicos que son el principal agente generador de metano y con ello minimizar los daños a la salud por su exposición.



BIBLIOGRAFÍA

- Ambuludi, R., Carvajal, V., & Diéguez, K. (2022). Estimación de gas metano mediante el modelo LandGEM del relleno sanitario municipal de residuos sólidos de Patate-Pelileo, Tungurahua, Ecuador. *Tecnología en Marcha*, 1 - 12.
- Cruz, K. (2018). *Emisión de metano en la incidencia de enfermedades respiratorias en la población circundante al vertedero municipal de residuos sólidos de Pucallpa, Ucayali - 2017*. Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali.
- Cruzado, E. (2019). *Evaluación del proceso de incineración de residuos sólidos hospitalarios peligrosos de la provincia de Lima*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Cuba, I. (2019). *Generación del gas metano por biodigestión anaeróbica a partir de los lodos del tanque imhoff, de la planta de tratamiento de aguas residuales, provincia de Lampa - Puno*. Juliaca: Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez.
- D.L. N° 1278. (2016). *Ley de gestión integral de residuos sólidos*. Lima: Ministerio del Ambiente -MINAM.
- Dávila, G. (2020). *Optimización del proceso de incineración mediante análisis de parámetros de operación del incinerador pirolítico PV-100 para residuos sólidos, Chiclayo*. Chiclayo: Universidad César Vallejo.



- Díaz, L., Buenrostro, O., Mañón, M., & Hernández, M. (2019). Emisión de gases de efecto invernadero en dos sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos en México. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 1 - 11.
- Emmanuel, N., Sandoval, A., Vázquez, W., Nájera, H., Morales, H., & Vázquez, C. (2022). Emisiones de metano por la disposición de residuos sólidos urbanos: el caso de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático*, 1 - 14.
- Gómez, M. (2017). *Determinación del Potencial Bioquímico de Metano y del Potencial de Suministro Eléctrico Neto de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos de Mercados de Abasto del Distrito de Arequipa*. Arequipa: Universidad Católica San Pablo.
- Hernandez, R., & Fernandez, C. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGrawHill Education.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2014). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V.
- INAGEP. (2020). *Programa de especialización en monitoreo de aire*. Turquia: Instituto Autónomo de Gestión Pública.
- Inofuente, S. (2022). *Propuesta de un sistema de gestión de los residuos sólidos mediante un relleno sanitario manual, para la ciudad de Azángaro*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.



- Justo, J. (2021). *Evaluación de la calidad del aire según los niveles de concentración de SO₂, NO₂, CO y O₃ en puntos críticos de la ciudad de Juliaca*. Juliaca: Universidad Nacional de Juliaca.
- MINAM. (2013). *Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ambito Municipal y No Municipal*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- MINAM. (2019). *Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- MINAM. (2019). *Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- MINAM. (2020). *Informe nacional del estado del ambiente*. Lima: Ministerio del ambiente.
- Municipalidad provincial de Sandia . (2020). *Plan Integral de Gestión y manejo de resiuod sólidos* . Sandia: Municipalidad provincial de Sandia .
- Naira, V. (2022). *Determinación de metano en cuyes (cavia porcellus) bajo una alimentación en base a concentrado en altura*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Paredes, E. (2018). *Identificación de áreas óptimas para relleno sanitario de residuos sólidos de la Ciudad de Sandia – Puno* . Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Pereda, G., & Vigo, A. (2021). *Diseño de relleno sanitario para el distrito de Magdalena, Cajamarca*. Trujillo: Universidad César vallejo.



- Ramos, D. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 1-8.
- Rivas, C. (2019). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Bogotá: minambiente. Obtenido de <https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx>
- RM. N° 100-MINAM. (2019). *Guía para elaborar el plan distrital de manejo de residuos sólidos*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Rodríguez, R., Rodríguez, S., Monroy, O., & Ramírez, F. (2015). Producción de metano a partir de la mezcla del lixiviado de residuos sólidos urbanos y el agua residual municipal. *Rev. Cubana Quím.*, 1 - 9.
- USEPA. (2020). *Mejores prácticas para la gestión de los residuos sólidos*. Nueva York: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.



ANEXOS



ANEXO 1. Matriz de consistencia

Título: EMISION DE METANO POR LA DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023

<u>PROBLEMA</u>	<u>OBJETIVO</u>	<u>HIPÓTESIS</u>	<u>VARIABLES</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>	<u>UNIDAD DE MEDIDA</u>	<u>METODOLOGIA</u>
General	General	Hipótesis Alternativa	Independiente	Botaderos en estudio	Llamani	---	Tipo de investigación
¿Cuál es la emisión de metano por la disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero a cielo abierto del distrito de Sandia, 2023?	Determinar la emisión de metano por la disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero a cielo abierto del distrito de Sandia, 2023	La emisión de metano está influenciada por la disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero a cielo abierto del distrito de Sandia, 2023	Disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero		Ccapuna	---	Aplicativo
Específicas	Específicas	Hipótesis Nula	Dependiente	Metano en el botadero de residuos sólidos Llamani	Punto 1 Punto 2 Punto 3 Punto 4	% % % %	Diseño de investigación
¿Cómo se encuentran los botaderos de residuos sólidos a cielo abierto de Ccapuna y Llamani del distrito de Sandia?	Analizar la situación actual de los botaderos de residuos sólidos a cielo abierto de Ccapuna y Llamani del distrito de Sandia	La emisión de metano no está influenciada por la disposición de residuos sólidos urbanos en el botadero a cielo abierto del distrito de Sandia, 2023		Metano en el botadero de residuos sólidos Ccapuna	Punto 1 Punto 2 Punto 3 Punto 4	% % % %	No experimental
¿Cuánto es la concentración de metano emitido en los botaderos a cielo abierto de Ccapuna y Llamani del distrito de Sandia?	Determinar la concentración de metano emitido en los botaderos a cielo abierto de Ccapuna y Llamani del distrito de Sandia		Emisión del metano				

ANEXO 2. Certificado de análisis del laboratorio

LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTALINFORME DE RESULTADOS EN CALIDAD DE AIRE LOA01323

Solicitante : Francisco Quispe Ceari

Proyecto : EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA.

Código	Dist. /Prov./ Depart.	Punto de monitoreo y/o coordenada
C - 1	Sandia/ Sandia/Puno	E: 448763 N: 8408384
C - 2	Sandia/ Sandia/Puno	E: 448765 N:8408418
C - 3	Sandia/ Sandia/Puno	E: 448773 N: 8408430
C - 4	Sandia/ Sandia/Puno	E: 448781 N: 8408438

RESULTADOS DE MONITOREO

Código	Hora	Metano (CH ₄) %			Temperatura promedio (°C)
		04/09/2023	08/09/2023	12/09/2023	
C - 1	8:00	0.5	0.6	0.8	17.65
	12:00	1.8	2.1	2.0	21.52
	17:00	1.5	1.3	1.6	16.32
C - 2	8:15	0.9	0.8	0.7	17.13
	12:15	1.9	1.9	1.8	20.14
	17:15	1.7	1.5	1.4	16.87
C - 3	8:30	0.6	0.7	0.6	18.23
	12:30	2.1	2.4	2.2	20.44
	17:30	1.8	1.7	1.6	17.96
C - 4	8:45	0.8	0.5	0.7	17.75
	12:45	2.2	2.3	2.1	21.96
	17:45	1.9	1.5	1.7	16.55

METODO DE ENSAYO UTILIZADO

Determinación de gases en calidad de aire realizado por el método automático

LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
ING. ROLANDO ROOY S/PA HUARANCCA
CIP. 138412
JEFE DE LABORATORIO

Jr. Deístua N° 522 Urb. 28 de Julio, Puno – San Román – Juliaca
www.laquameq.com – Cel. 979265920

**LAQUAMEQ E.I.R.L.**
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL**INFORME DE RESULTADOS EN CALIDAD DE AIRE LOA01423****Solicitante** : Francisco Quispe Ccari**Proyecto** : EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA.

Código	Dist. /Prov./ Depart.	Punto de monitoreo y/o coordenada
L - 1	Sandia/ Sandia/Puno	E: 448807 N: 8408478
L - 2	Sandia/ Sandia/Puno	E: 448805 N:8408483
L - 3	Sandia/ Sandia/Puno	E: 448803 N: 8408496
L - 4	Sandia/ Sandia/Puno	E: 448803 N: 8408458

RESULTADOS DE MONITOREO

Código	Hora	Metano (CH ₄) %		Temperatura promedio (°C)
		06/09/2023	10/09/2023	
L - 1	8:00	0	0	17.45
	12:00	0.1	0.1	21.23
	17:00	0.1	0.1	16.56
L - 2	8:15	0	0	17.21
	12:15	0.1	0	20.52
	17:15	0.1	0.1	16.99
L - 3	8:30	0	0	18.24
	12:30	0.1	0.2	20.45
	17:30	0	0.1	17.52
L - 4	8:45	0	0	17.96
	12:45	0.1	0.2	21.75
	17:45	0.1	0.1	16.99

METODO DE ENSAYO UTILIZADO

Determinación de gases en calidad de aire realizado por el método automático

LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
Rolando Rody
ING. ROLANDO RODY ROSA HUARANCA
CIP. 198412
JEFE DE LABORATORIO

Jr. Deístua N° 522 Urb. 28 de Julio. Puno – San Román – Juliaca
www.laquameq.com – Cel. 979265920

ANEXO 3. Panel fotográfico



Nota: En la fotografía se aprecia la toma de coordenadas de botadero de residuos sólidos del distrito de Sandia





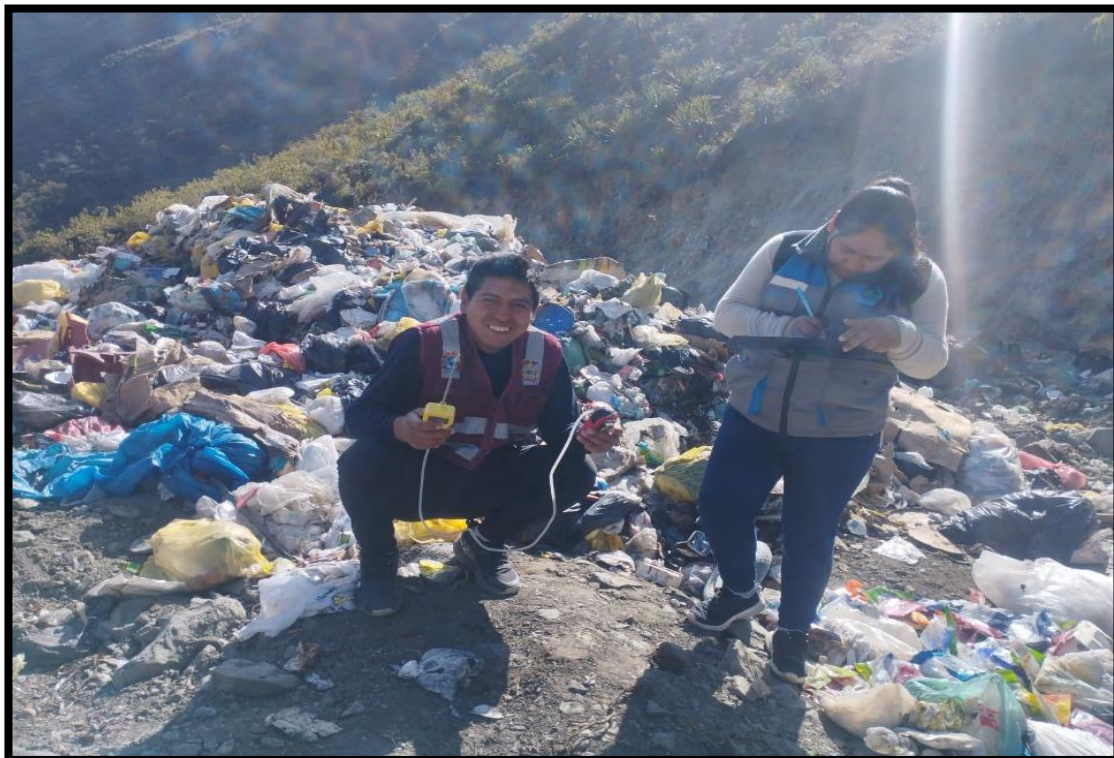
Nota: En la fotografía se aprecia la toma el monitoreo de la concentración de metano en el botadero Ccapuna - Punto 1



Nota: En la fotografía se aprecia la toma el monitoreo de la concentración de metano en el botadero Ccapuna - Punto 2



Nota: En la fotografía se aprecia la toma el monitoreo de la concentración de metano en el botadero Ccapuna - Punto 3



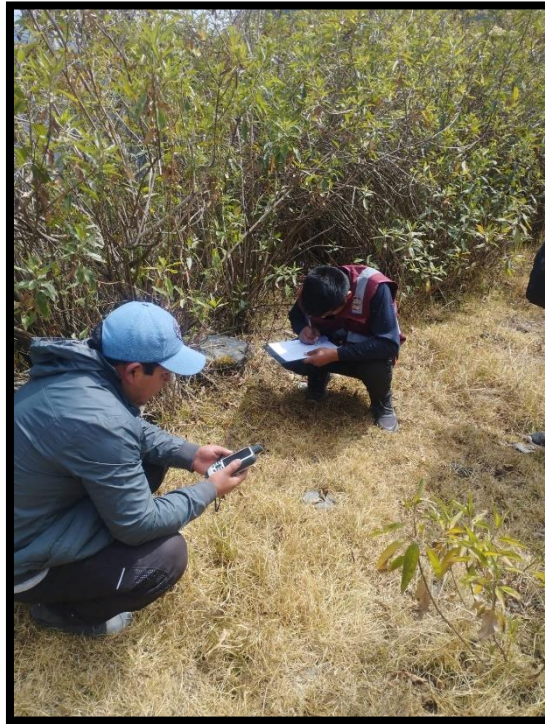
Nota: En la fotografía se aprecia la toma el monitoreo de la concentración de metano en el botadero Ccapuna - Punto 4



Nota: En la fotografía se aprecia la toma el monitoreo de la concentración de metano en el botadero Ccapuna - Punto 4



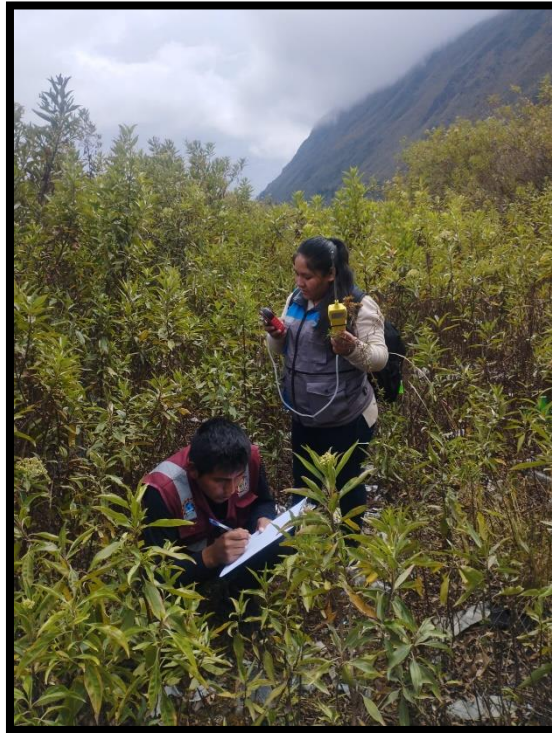
Nota: En la fotografía se aprecia la toma el monitoreo de la concentración de metano en el botadero Llamani - Punto 1



Nota: En la fotografía se aprecia la toma el monitoreo de la concentración de metano en el botadero Llamani - Punto 2



Nota: En la fotografía se aprecia la toma el monitoreo de la concentración de metano en el botadero Llamani - Punto 3



Nota: En la fotografía se aprecia la toma el monitoreo de la concentración de metano en el botadero Llamani - Punto 3



Nota: En la fotografía se aprecia la toma el monitoreo de la concentración de metano en el botadero Llamani - Punto 4



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 19/03/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: FRANCISCO QUISPE CCARI

Dirección: Enace la Capilla, las Torres - Juliaca

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 60609916

Teléfono: 973604621 email: frank.qcc@hotmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EMISIÓN DE METANO POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL DISTRITO DE SANDIA 2023

Palabras claves, (3 a 5 términos): Metano(CH4), botadero a cielo abierto, residuos sólidos, disposición final

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1, 2

¹ 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, entre otros relacionados.

² 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 Título 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 los 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 – P22

Firma de Autor



huella digital

19/03/2025

Fecha