



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“Almacenamiento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en rocas ofiolíticas de composición máficas (gabro y basalto) bajo condiciones controladas - Lima, 2018”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:**

Susan Ramos Canales

**ASESOR:**

Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y gestión de los recursos naturales.

LIMA – PERÚ

2018-I

## Página del Jurado

Título:

“ALMACENAMIENTO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) EN ROCAS OFIOLITICAS DE COMPOSICION MAFICAS (GABRO Y BASALTO) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS - LIMA, 2018”.

Autor:

Ramos Canales, Susan

---

DR. CABRERA CARRANZA CARLOS

Presidente

---

MG. PERALTA MEDINA JUAN

Secretario

---

DR. BENITES ALFARO ELMER

Vocal

### **Dedicatoria:**

La presente investigación se lo dedico a mis padres Leopoldo Ramos Pulache y Luz Canales Leiton por su sacrificio y esfuerzo, a mi hijo Leonardo Castillo Ramos por ser la mayor fuente de motivación en mi vida y a mis hermanos Santos, Elvis y Lisbeth por su apoyo incondicional y ser parte de este logro.

**Agradecimiento:**

Agradezco a Dios por darme la fortaleza para seguir adelante y no dejarme decaer ante los obstáculos.

A mis padres por su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento, por creer en mí y el amor que me brindan día con día.

A mi hijo por comprender las largas horas que no pude estar a su lado y por siempre darme el aliento que muchas veces necesite, te amo.

A mis hermanos por el apoyo incondicional y los consejos brindados, en especial al Ing. Santos Ramos Canales por ser mi modelo a seguir este logro te lo debo a ti, por tu apoyo a lo largo de la carrera.

A mi asesor Elmer Alfaro Benites, por los conocimientos brindados y por ser mi guía en el desarrollo de mi trabajo de investigación.

A los pobladores de Tapo-Tarma por su gentileza y hospitalidad durante mi permanencia en su distrito.

A mi alma mater la Universidad Cesar Vallejo.

La autora.

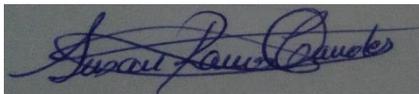
## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Susan Ramos Canales con DNI N° 44553356, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 18 de julio del 2018.



---

**Susan Ramos Canales.**

**Señores miembros del jurado:**

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “ALMACENAMIENTO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) EN ROCAS OFIOLITICAS DE COMPOSICION MAFICAS (GABRO Y BASALTO) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS - LIMA, 2018.”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniería Ambiental.

SUSAN RAMOS CANALES.

Autor(a)

## INDICE

CARATULA.....	I
PÁGINA DEL JURADO.....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO: .....	IV
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	V
PRESENTACIÓN.....	VI
INDICE.....	VII
RESUMEN.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Realidad Problemática.....	2
1.2. Trabajos previos .....	3
1.2.1. Antecedentes de ámbito internacional.....	3
1.2.2. Antecedentes de ámbito nacional.....	8
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	10
1.3.1. Cambio Climático .....	10
1.3.2. Efecto Invernadero.....	11
1.3.3. Gases de Efecto Invernadero.....	11
1.3.4. Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	11
1.3.5. Captura de Carbono.....	12
1.3.6. Almacenamiento de CO <sub>2</sub> .....	13
1.3.7. Carbonatación mineral .....	13
1.3.8. Mecanismos de Carbonatación.....	14
1.3.9. Roca Ofiolítica .....	15
1.3.10. Mineralogía .....	15
1.3.11. Características de la roca.....	16
1.3.12. Roca Gabro.....	17
1.3.13. Roca Basalto.....	17
1.3.14. Porosidad .....	17
1.3.15. Densidad .....	18
1.4. Formulación del problema .....	18
1.4.1. Problema General:.....	18
1.4.2. Problema Específico: .....	18

1.5.	Justificación del estudio .....	18
1.6.	Hipótesis .....	19
1.6.1.	Hipótesis General.....	19
1.6.2.	Hipótesis Específica .....	20
1.7.	Objetivos.....	20
1.7.1.	Objetivo General: .....	20
1.7.2.	Objetivos específicos: .....	20
II.	MÉTODO .....	- 18 -
2.1.	Diseño de investigación .....	- 18 -
2.2.	Variables y operacionalización .....	- 18 -
2.3.	Población y muestra .....	20
2.3.1.	Población.....	20
2.3.2.	Muestra .....	20
2.3.3.	Muestreo .....	20
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad 20	
2.4.1.	Etapa 01: Ubicación de la roca .....	21
2.4.2.	Etapa 02: Determinación de características físicas.....	23
2.4.3.	Etapa 03.....	26
	CUANTIFICACIÓN DE CO <sub>2</sub> : METODO WARDER .....	27
	MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR EN LA INVESTIGACIÓN.....	27
2.5.	Validación .....	28
2.6.	Aspectos éticos.....	29
III.	RESULTADOS.....	30
3.1.	Determinación de propiedades físicas en roca gabro y basalto.....	31
3.2.	Determinación de almacenamiento de CO <sub>2</sub> en la roca ofiolítica .....	31
3.3.	Análisis estadístico .....	34
IV.	DISCUSIÓN .....	44
V.	CONCLUSIONES.....	47
VI.	RECOMENDACIONES.....	49
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	51
VIII.	ANEXOS.....	56

## INDICE TABLAS

Tabla 1. Diseño del método de investigación .....	- 18 -
Tabla 2. Operacionalización de la variable .....	19
Tabla 3. Recopilación de datos. ....	21
Tabla 4. Resultados de densidad y porosidad en roca.....	31
Tabla 5. Porosidad según Winkler y Komar .....	31
Tabla 6. Resultados de cuantificación de CO <sub>2</sub> en roca gabro .....	32
Tabla 7. Promedios de niveles de CO <sub>2</sub> en roca gabro. ....	33
Tabla 8. Resultados cuantificación de CO <sub>2</sub> en la roca basalto .....	33
Tabla 9. Promedios de niveles de CO <sub>2</sub> en roca basalto .....	34
Tabla 10. Análisis estadístico en roca gabro .....	36
Tabla 11. Análisis estadístico en roca basalto.....	38
Tabla 12. Prueba T.....	40
Tabla 13. ANOVA de un factor en roca gabro .....	41
Tabla 14. ANOVA de un factor en roca basalto.....	42
Tabla 15. Matriz de consistencia .....	57

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación de tipo de estudio aplicada, el objetivo general es determinar el almacenamiento de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) en rocas ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto) bajo condiciones controladas con la finalidad de comparar las eficiencias en estas dos rocas, para generar una estrategia de conservación y protección de la misma.

Las metodologías usadas para la estimación de almacenamiento de CO<sub>2</sub>, fueron realizadas mediante ecuaciones volumétricas aplicando el método de Warder, los dos tipos de rocas tanto gabro y basalto fueron sometidas bajo tres condiciones distintas para saber cuál de ellas nos ayuda a obtener mejores resultados, asimismo, fueron expuestas 60 días al CO<sub>2</sub> y considerando su densidad y porosidad.

Se concluye que las rocas de composición máfica si contienen las propiedades para almacenar CO<sub>2</sub>.

Palabras clave: almacenamiento, ofiolítica, máfica, Dióxido de carbono, metalogenia.

# **I. INTRODUCCION**

## I. INTRODUCCIÓN

El Calentamiento global es el aumento de la temperatura en nuestro planeta por la alta concentración de los gases de efecto invernadero, los cuales conservan calor. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la concentración mundial de CO<sub>2</sub> en la atmósfera está aumentando, entre 1995 y 2001 el promedio global de dióxido de carbono creció a una tasa de 1.4% anual. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía realizó diversos informes, en los cuales se identificaron los gases que suscitan el cambio climático (CFC, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub> y vapor de agua) y responsabilizando directamente de ser causantes de la generación de diversos desastres naturales presentes hoy en día sequias, inundaciones, temperaturas extremas, entre otros; así, informó el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA 2012).

La producción principal del sector energía sigue siendo fuente de CO<sub>2</sub> estas se dividen en estacionarias y fuentes móviles la cual es fuente de incremento de GEI y es designado como "Categoría de transporte". Siendo una subdivisión del sector de Energía, se divide en seis subcategorías: aéreo, terrestre, ferroviario, marítimo y fluvial, y otro tipo de transporte siendo esta la mayor fuente de emisiones CO<sub>2</sub>. (INGEI 2012)

En nuestro país primordialmente la ciudad de Lima el tamaño del parque vehicular es actualmente de 1.5 millones de vehículos, como resultado de esto ha surgido una congestión vehicular que hoy parece imposible de resolver, ya que esto agrava el problema de la contaminación ambiental; ProTransporte (2013).

Por lo ya expuesto, ante esta difícil situación este trabajo busca medidas de solución para las emisiones de dióxido de carbono tomando como referencia las rocas ofiolítica de composición máfica como un mecanismo que nos ayude a almacenar este gas de efecto invernadero.

Por tal motivo, en el siguiente trabajo de investigación se tomarán 2 tipos de rocas máfica en este caso gabro y basalto, bajo tres condiciones (roca seca, roca lavada con agua de mar y roca expuesta a 25°C), estas serán controladas para comparar la eficiencia de cada una de ellas en el almacenamiento de CO<sub>2</sub>, para promover estos cuerpos como mecanismo de mitigación del problema global del cambio climático.

## **1.1. Realidad Problemática**

El caos del transporte vehicular hoy en día es uno de los mayores problemas que atraviesa la ciudad de Lima, existiendo 242 puntos críticos en la capital con mayor flujo vehicular, siendo considerados los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos, San Isidro, La Victoria, Cercado de Lima, entre otros; así lo manifestó Álvaro Castro, titular de la Gestión de Transporte Urbano (GTU).

Según la OMS en el año 2014, revela que la ciudad con mayor contaminación de aire en todo América Latina es la ciudad de Lima ya que el índice superó los niveles establecidos por la Organización Mundial de la Salud, siendo el causante principal de esta problemática es el viejo parque automotor que abunda en la capital en especial en el transporte público, los cuales nos han ubicado en esta terrible posición, sin dejar de lado las emisiones producidas por la zonas industriales que operan sin el control adecuado de sus gases contaminantes.

En nuestra capital tenemos 9 millones 752 mil habitantes según INEI (2007), por lo tanto, el gran crecimiento poblacional es directamente proporcional con el crecimiento de parque automotor, los cuales generan una gran contaminación atmosférica superando en algunos casos los Estándares de Calidad Ambiental. Según (Echaniz et al. 2007) en “La Guía Metodológica para la Estimación de Emisiones Vehiculares”, nos dice, la cantidad de emisiones que produce un vehículo automotor en funcionamiento depende de una serie de factores el tipo y la calidad de combustible sumado la antigüedad del vehículo, y esto empeora en hora punta, ya que, disminuye la velocidad considerablemente al producirse congestión vehicular.

El dióxido de carbono es un gas presente en la atmósfera terrestre, este gas es uno de los causantes del aumento de la temperatura a 0.6°C, es por ello, se han realizado diversas reuniones internacionales relacionadas al cambio climático entre las más resaltantes tenemos, Cumbre de la Tierra Río (Brasil 1992) donde se logró firmar el acuerdo del cambio climático; Protocolo de Kioto (Japón 1997), donde se llegó al acuerdo que tiene por objetivo reducir los gases de emisiones atmosféricas; Conferencia de París COP21 (2015), en donde 195 países se comprometieron a lograr que el incremento de la temperatura se mantenga por debajo de los dos

grados centígrados. Como consecuencia de esto se dio mayor relevancia al tema cambio climático a nivel mundial.

Con esta investigación se busca determinar el aporte de los cuerpos de rocas ofiolítica en cuanto al almacenamiento de dióxido de carbono por el método de mineralización natural como una alternativa que contribuya a la mitigación del cambio climático.

## **1.2. Trabajos previos**

### **1.2.1. Antecedentes de ámbito internacional**

**ROMERO, Miguel (2010)**, en su libro “Captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>”, describe las variadas maneras de capturar CO<sub>2</sub>, utilizando distintas biomásas como mecanismos de mitigación de gas de efecto invernadero y nos muestra el almacenamiento biológico en ecosistemas terrestre en el cual nos describe las utilización del ecosistema para producir electricidad de manera natural libre de CO<sub>2</sub>, así como, el almacenamiento biológico en ecosistemas marinos donde nos habla de los sumideros marinos en el cual los porcentajes elevados de salinidad ayudan en la captura de CO<sub>2</sub> y por ultimo nos describe el almacenamiento biológico en ecosistemas arbóreos el cual llega a ser comercializado.

**HERNANDEZ, Elkin (2015)** en su tesis “Geología y geoquímica de las rocas ultramáficas del sector de la cabaña, IX región, Chile”, describe la composición de las rocas ofiolítica. Los numerosos surgimientos de rocas ultramáficas serpentinizadas presentes en el prisma carbonífero los cuales son un rasgo diferenciador de la Serie Occidental de la Cordillera de la Costa del centro-sur de Chile. En Centinela Bajo, el análisis químico primario muestra una composición de Fe que varía entre 89 y 92, y contenidos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub><0.15% en peso y de NiO<0.45% en peso, lo que representaría un manto que ha experimentado grados significativos de fusión parcial e indicaría que la peridotita corresponde a una porción de manto empobrecido. Las cromitas accesorias y masivas tanto de Lavanderos como de Centinela Bajo presenta una alteración variable a cromita rica en Fe+2 asociada a un incremento de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y FeO y una disminución en el contenido de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y MgO. Las concentraciones de elementos menores (Yi, V, Zn y Ni) es baja y generalmente

menor a 0,4% en peso con la excepción de MnO (<0.9% en peso). Las cromitas de Lavanderos presentan un Cr que varía entre 0.6 a 1.0, mientras que el Mg ( $Mg/Mg+Fe^{+2}$ ) es menor a 0.5, y una razón ( $Fe^{+3} / Fe^{+3} + Fe^{+2}$ ) <0.4. La composición química de las serpentinitas es similar cuyo protolito corresponde a dunita de ambientes de supra subducción. Los estudios realizados indicaron que el proceso de serpentinización se llevó a cabo mediante fluidos de fuentes sedimentarias y meta sedimentarias bajo condiciones reductoras y temperatura inferior a 400°C.

**REYES, Mónica (2014)**, en su tesis “Estudio de las formaciones favorables para almacenamiento de CO<sub>2</sub> en un sector del borde meridional de las Béticas orientales”, tiene por objetivo la caracterización de las formaciones favorables para almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> en un sector del borde meridional de las Béticas Orientales. Para este fin se realiza una revisión de la bibliografía geológica existente de la zona de estudio, entre la información de exploración petrolífera realizadas en la zona, esta es recopilada del archivo del IGME (Instituto Geológico y Minero de España) y el Archivo Técnico de Hidrocarburos del Ministerio de Economía. También, se aporta información de recorridos de campo, cortes geológicos, levantamiento de columnas litoestratigráficas y recogida de muestras en afloramiento. Además de contar con los registros obtenidos durante la testificación geofísica y ensayos Lugeon para estimar la permeabilidad, se realizan diferentes ensayos de laboratorio a las muestras obtenidas del sondeo, entre ellos: porosidad total, densidad real, velocidad de propagación, calcimetrías, porosidad por inyección de Hg y difracción de rayos X. El Complejo Basal, conglomerados y areniscas, perforados en el sector sur por los sondeos profundos podría considerarse parte de la formación almacén, así como las calizas y dolomías triásicas, el basamento de la cuenca, aunque estas últimas posiblemente no se presenten en la zona de estudio con la porosidad y permeabilidad requerida. Como resultado final se identifica en el mapa geológico de la zona las áreas con más posibilidades para albergar en un futuro un almacén de CO<sub>2</sub>

**IBRAHIM (2007)** en su estudio, Carbono almacenado en suelo y en biomasa arbórea en paisajes ganaderos de Nicaragua, Costa Rica y Colombia. Se determinó el almacenamiento de COS (Captura de carbono orgánico) y de la biomasa arbórea

arriba del suelo, los suelos que se evaluaron en el estudio fueron pasturas degradadas y naturales y mejoradas con y sin árboles, bancos 18 forrajeros, plantaciones forestales, bosques primarios y bosques secundarios. Para la determinación de % de C en el suelo se realizó mediante muestreo de suelo y posteriormente se llevaron al laboratorio. Los resultados muestran que los suelos de (pasturas mejoradas con árboles y los sistemas) tienen mayor capacidad de almacenamiento de carbono.

**PEREZ, Andrés (2009)**, en su tesis “El almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>, una de las soluciones al efecto invernadero”, hace mención del método de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en acuíferos salinos en estructuras geológicas consiste en inyectar CO<sub>2</sub> supercrítico en los acuíferos profundos, rocas porosas y permeadas que contienen agua de alta salinidad. Para servir como almacén, estos acuíferos deben estar acotados superiormente por capas de roca impermeable que actúan como sello. Con el tiempo, el dióxido de carbono se disolverá en el agua de la formación almacén (salmuera), precipitará formando minerales y ocupará el espacio poroso. El almacenamiento en el subsuelo ha sido ya probado con carácter industrial por las explotaciones de petróleo, que lo usan principalmente para favorecer la extracción de los hidrocarburos. La Fundación CIUDEN está caracterizando un área (Planta de Desarrollo Tecnológico) para la realización de proyectos de desarrollo. La capacidad de almacenamiento en las cuencas sedimentarias continentales de España se estima en unas cincuenta gigas toneladas.

**ORELLANA, Felipe (2016)** en su tesis “Petrología de rocas máficas y ultramáficas en la serie occidental de Chile” el cual tiene por objetivo determinar el origen y el ambiente de formación para así aportar en la elaboración de un modelo de evolución tectónica, en este trabajo se estudiaron los minerales utilizando un Microscopio Electrónico de Barrido y Micro sonda Electrónica con la finalidad de identificar los componentes y antecedentes químicos de las rocas máfica y ultramáficas. Ubicándose esencialmente en seis zonas las cuales son Gorbía, Madre de Dios, Toltín, Los Olmos, Carmení y Morro Bonifacio. Se llegó a la concluir que las rocas ofiolítica están saturadas de SiO<sub>2</sub>=52.5%, CaO=22.7%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=18.13%, Na<sub>2</sub>O=6.72%, MgO=11.48% así como altas concentraciones de B, As, Li y Cs.

**MARTINEZ, Jorge (2005)**, en su tesis “Almacenamiento Geológico de CO<sub>2</sub>. Criterios de Selección de Emplazamientos”, describe, como establecer los criterios de selección de las formaciones geológicas adecuadas para el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en el territorio nacional español, atendiendo a los requisitos operacionales y de comportamiento de tales sistemas de almacenamiento, asimismo presenta las propiedades y el comportamiento del CO<sub>2</sub> en condiciones de almacenamiento geológico, los procesos de flujo, transporte y reacción del CO<sub>2</sub> supercrítico o como gas, y los mecanismos de atrapamiento del CO<sub>2</sub> en las formaciones geológicas. La exposición de los criterios geológicos de selección a escala de cuenca y a escala de formación geológica o de emplazamiento constituyen el núcleo central del informe.

**DIAZ, Francisco (2012)** en su libro “Evolución metamórfica de las rocas máficas y ultramáficas del sector Occidental del complejo de Ordes”, describe como fue la transformación de la roca máfica y ultramáficas de forma retrograda en la cual se genera principalmente granate y clinopiroxenos en este caso las rocas del complejo Ordes se encuentran tectonizadas y son utilizadas como complejos de almacenamiento de CO<sub>2</sub> a grandes escalas por su alto contenido de silicio a su vez alto índice de porosidad.

**RIGOPOULOS, Ioannis (2017)** que en un artículo “Using nanoscale ophiolitic rocks to capture and sequester CO<sub>2</sub> publicado en la revista Research, indica que se ha demostrado mediante diversos estudios realizados en los montes de Troodos (Chipre) en la cual se demuestra la captura de CO<sub>2</sub>, este es el principal causante del cambio climático para mitigar este gas se están utilizando las rocas ofiolíticas en las cuales están incluidas las de composición máficas, ultramáficas, hipabsales y extrusivas con alto índice de porosidad. Lo que las hace más atractivas es que estas rocas contienen propiedades que al entrar en contacto con el CO<sub>2</sub> reaccionan y crean carbonatos (carbonación natural) esto hace que no exista riesgo de fuga y que sea económica; ya que, las ofiolíticas son de bajo costo y están ubicadas en todo el continente.

Según **LEÓN, París (2010)** en su tesis “Tecnologías para la captura de CO<sub>2</sub>”, menciona como objetivo general es dar a conocer los sistemas de capturas de dióxido de carbono de manera simplificada e innovadora, el cual se basa en tres

enfoques principales los cuales son post combustión (separan el CO<sub>2</sub> de otros gases de combustión), pre combustión (utiliza oxígeno en lugar de aire) y combustión de un oxicombustible (procesan flujos separados de combustión) y se llega a la conclusión que la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> es uno de los objetivos más eficientes y de menor costo para minimizar los efectos de un peligroso cambio climático estas necesidades se hacen urgentes y el Protocolo de Kioto es un paso importante; así como, la implementación de técnicas para capturar CO<sub>2</sub> a gran escala y sin riesgos a fugas ya que no se trata de dejar tecnologías de avance mundial se trata de encontrar soluciones para disminuir los estragos que pueden producir las mejoras mundiales.

**BORRERO, Ana (2017)**, en su tesis “Cinética de movilidad y toxicidad de metales en sedimentos debido a posibles fugas de CO<sub>2</sub> efectos y respuestas de las comunidades bacterianas”, hace referencia, en la evaluación de posibles respuestas de las bacterias marinas, tanto a nivel de población como a nivel de comunidades, ante un episodio de acidificación. Los resultados que obtuvo muestran la capacidad de respuestas por parte de los mismos, pudiendo ser utilizadas como bio-indicadores aplicados a la fase de monitoreo de técnicas, o en cualquier situación de enriquecimiento de CO<sub>2</sub> en el ecosistema.

**CARMELO, Pilar (2009)**, en su tesis “Estudio de factibilidad para almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> en yacimientos agotados ubicados en el campo Santa Rosa - Municipio Anaco, estado Anzoátegui”, contribuyó a evaluar el almacenamiento o disposición de este gas en yacimientos agotados y así contribuir a mitigar los niveles de emisión de CO<sub>2</sub>, para ello evaluó la factibilidad del almacenamiento de CO<sub>2</sub> en formaciones geológicas, específicamente de arenas productoras de hidrocarburos ya agotadas ubicadas en el Campo Santa Rosa - Municipio Anaco, estado Anzoátegui. La caracterización geológica comprendió estudios estratigráficos donde se evaluaron las secciones estratigráficas; estructurales donde interpretó las facies sedimentarias y petrofísicos donde se evaluaron los parámetros de porosidad, permeabilidad y volumen poroso principalmente, las condiciones utilizadas en estas pruebas fueron los datos de presión de abandono y temperatura actual de los yacimientos. Para estas pruebas de interacción roca-fluido las muestras fueron caracterizadas antes y después de la inyección por

difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido entre otras y un análisis petrográfico obteniendo como conclusión la interacción entre la arena y el CO<sub>2</sub> es física principalmente; sin embargo, con las pruebas de adsorción de CO<sub>2</sub> a temperatura programada se evidenció que también ocurre quimisorción sin cambios físico-químicos.

### **1.2.2. Antecedentes de ámbito nacional**

**TTIMPO, Edson (2012)**, en su tesis de maestría “Estimación de la captura de CO<sub>2</sub> en Totorales de la Reserva Nacional del Titicaca- Puno”, hace referencia de la Reserva del Titicaca y su gran trascendencia en la minimización de CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera considerado ser el GEI y que produce el cambio climático. Como primera medida se procedió a identificar la flora y fauna existente en la zona y la contribución que esta aporta al medio ambiente, se midió la especie verde y de materia seca, para lo cual se utilizó el método de cosecha de parcela cuadrada y separación manual por el peso y estimación de los contenidos de carbono, utilizando el método “Walkley y Black”, así como, el método de poder calorífico; en la captura del dióxido de carbono se utilizó el “factor de conversión de carbono a dióxido de carbono”. Con ello se comprobó la producción primaria bruta verde y seca promedio de los totorales fue de 113.93 t/ha y 27 t/ha, respectivamente. El componente que contiene mayor fracción de carbono en la Totorá es el rizoma raíz, seguido del tallo floral aéreo y por último el tallo sumergido.

**RODRIGUEZ, Alonso (2007)**, en su tesis “Análisis de riesgos en proyectos de almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>”, menciona como una de las causas del cambio climático es la emisión antropogénica de gases de efecto invernadero, principalmente el CO<sub>2</sub>. Para reducir estas emisiones una de las opciones que existen es el almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>, asimismo, expone los criterios de selección de emplazamientos adecuados para el almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>, así como sus costes y riesgos asociados para, por último, proceder a un análisis de estos riesgos, para lo cual se han elaborado metodologías específicas de análisis de riesgos para proyectos de almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>.

**CASTROVIEJO, Ricardo et al. (2010)** en su libro “Metalogenia asociada a los segmentos olistotécnicos de la Cordillera Oriental del Perú Central”, menciona el aporte

de las rocas olofítica en la minería por los metales preciosos, Cr y Ni que posee, es por ello que se hacen diversos estudios en el terreno (Tarma y Huánuco) existen indicios mineros en Huánuco, pero los únicos hallados son las concentraciones de Cr de Capo o Macizo de Tapo en Tarma diseminados en serpentinita. Es notable que las zonas identificadas como cuerpos ultramáficas aún es menor comparado a la longitud del posible cinturón ofiolítica.

**ACOSTA, José (2009)**, en su artículo “Geología de las ultramáficas pre-andinas de Tapo y Acobamba, Tarma, Cordillera Oriental del Perú “, menciona la existencia de ultramáficas en la Cordillera Oriental se conoce desde 1929, en nuestro país se conoce pocos indicios de las rocas, tradicionalmente se han interpretado como resultado de la intrusión de un magma ultrabásico profundo, que se emplaza en sills, diques o cuerpos intrusivos en una secuencia metasedimentaria de bajo grado (Grupo Huáscar), a la que se atribuye edad precámbrica como a las supuestas intrusiones. Dicha interpretación supone una intrusión pretectónica de sills ultramáficas y, posteriormente, el emplazamiento de cuerpos gabroicos; o bien una intrusión diapírica en materiales del Paleozoico Superior (Megard et al., 1996). Este trabajo propone una interpretación alternativa de las ultramáficas como cuerpos alóctonos, cabalgantes sobre las citadas secuencias metasedimentarias (Acobamba) y sobre los depósitos carboníferos del Grupo Ambo (Tapo), en un evento pre-andino todavía no datado. Finalmente, la caracterización de las cromititas las asemeja a las de tipo podiforme y no a las típicas de complejos estratificados intrusivos.

**SENAMHI (2014)**, en su informe “Estimación de emisiones vehiculares en Lima Metropolitana”, teniendo como principal objetivo diseñar inventarios nacionales para la estimación de la concentración de los contaminantes emitidos por la flota vehicular partiendo desde una línea base y considerando la antigüedad de la misma, en este estudio se aplicó el modelo LEAP que tiene por objetivo brindar un soporte integrado en la mitigación de los GEI y otros modelos para comparar los resultados y realizar un mejor análisis comparativo de las proyecciones llegando a la conclusión que el gas de mayor emisión es el CO<sub>2</sub> obteniendo como resultado 4772829 ton/año.

**LLANOS y ESCANDON (2016)** en su estudio, Carbono almacenado en suelo en tres tipos de cobertura vegetal en los páramos andinos en la Cuenca del Río Paute. El objetivo de la investigación fue estimar el contenido de carbono sobre y debajo del suelo, para ello se instalaron 103 puntos de muestreo distribuidos en 30 en plantaciones de pino, 36 de ellos en páramo intervenido y 36 en páramo no intervenido. Los resultados muestran se almacena mayor cantidad de carbono el suelo que se encuentra en sitios de mayor altitud, así también existen mayores cantidades de Carbono orgánico en páramos no intervenidos y plantaciones forestales, esto se debe a la densidad aparente y modificaciones en la textura del suelo. En sus resultados concluye que el almacenamiento de carbono está estrechamente ligado a variables taxonómicas y actividades agrícolas.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Cambio Climático**

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático define “el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables” (CMNUCC, Artículo 1, segundo párrafo).”

En ese sentido, es importante diferenciar el concepto de “variabilidad climática” y el de “cambio climático”. Mientras que el primero se debe a causas naturales, el cambio climático es producto de distintas actividades humanas como el uso excesivo de combustibles fósiles, la quema de bosques y el cambio de uso de las tierras que aumentan la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera. Esto genera el aumento de las temperaturas e incrementa la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos. Hoy en día se sabe que los impactos del cambio climático afectarán severa y desproporcionalmente a la población mundial. El Perú es uno de los países más vulnerables porque gran parte de la población vive en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas, y las fuentes de agua (como los glaciares) están retrocediendo. Así mismo, la mayoría de la población se dedica a la agricultura, pesca u otras actividades económicas que dependen

directamente del clima, lo que pone en riesgo sus ingresos y su seguridad alimentaria. Esta situación se agrava porque aún no contamos con suficientes recursos financieros y tecnológicos para hacerle frente al cambio climático. Por eso urge priorizar el tema en la agenda política, para fortalecer las capacidades del país para adaptarse a los efectos del cambio climático (MINAM).

### **1.3.2. Efecto Invernadero**

El efecto invernadero es un proceso natural que sostiene el equilibrio entre frío y calor para hacer posible la vida en la Tierra. Mediante este proceso la atmósfera que rodea la Tierra permite que una parte de la energía solar se acumule en la superficie del planeta para calentarlo y mantener una temperatura aproximada de 15°C (*IPCC, 2007*)

### **1.3.3. Gases de Efecto Invernadero**

Los gases de efecto invernadero (GEI) son componentes gaseosos de la atmósfera, naturales o antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinada longitud de onda del espectro de radiación infrarroja térmica emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. De esta manera, la presencia de GEI en la atmósfera, contribuye a la retención de parte de la energía emitida por el suelo tras haber sido calentado por la radiación solar.

Los GEI más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, pero también existen algunos gases artificiales producto de la actividad industrial. En concreto, los principales GEI son: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidroclorofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

Cabe destacar que, aunque diversos GEI se encuentran de manera natural en la atmósfera, su concentración se ha incrementado con la actividad humana a partir de la era industrial, lo que exacerba el calentamiento global (*IPCC, 2007*).

### **1.3.4. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

Este gas de efecto invernadero se encuentra en concentraciones relativamente bajas en la atmósfera, aproximadamente un 0,03%. A pesar de sus bajos niveles,

se trata del mayor impulsor del calentamiento global. Actualmente, existen cerca de 3 trillones de toneladas de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, un 27% superior al nivel anterior a la Revolución Industrial. A finales del siglo XIX, los niveles de dióxido de carbono eran de 280 partes por millón (ppm); ahora las concentraciones están alrededor de 380 ppm. Algunos científicos advierten que si la cantidad de dióxido de carbono que hay en la atmósfera supera las 450 ppm, la temperatura de la Tierra podría dispararse de manera descontrolada. Las fuentes naturales del dióxido de carbono incluyen plantas en descomposición y materia animal, incendios forestales naturales y volcanes. Las principales fuentes humanas de CO<sub>2</sub> proceden de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) y de la deforestación. Los científicos atribuyen la mayor parte de la concentración de CO<sub>2</sub> a estas fuentes procedentes de la acción humana. (SARACHARA, José, 2014).

### **1.3.5. Captura de Carbono**

El concepto principal de la captura de carbono es almacenar o reservar carbono en el suelo, bosques y cualquier otro tipo de vegetación, donde dichas reservas de carbono se encuentran en peligro inminente de pérdidas.

Es el proceso de fijación de carbono en forma continua en cualquier sistema de uso de la tierra como consecuencia de alguna intervención de áreas degradadas o en proceso de degradación. Se pueden medir en diversos procesos de la tierra cuyos antecedentes (tiempo de uso principal) son conocidos por los agricultores. Estos sistemas pueden ser el bosque primario, áreas quemadas para cultivos anuales o plantaciones perennes, los bosques secundarios de diferentes edades, pasturas, sistemas agroforestales, barbechos mejorados, sistemas pastoriles etc. Así en todos estos sistemas se determina el carbono secuestrado. (ICRAF,2013)

Además, es importante considerar el potencial que tiene los pastizales erosionados y sobrepastoreo para la captura de carbono que forma parte de los GEI que causa el calentamiento de la tierra (cambio climático). Los pastos erosionados y poco productivos, manejados sosteniblemente posibilitan el incremento en más de 1% al contenido de materia orgánica del suelo en 10 años.

La materia orgánica y humus es una de las formas de almacenamiento de carbono en el suelo y se concentra en los primeros 25cm de profundidad del suelo. La

capacidad de almacenamiento de Carbono del suelo es infinita por ello se considera que el suelo es el mejor componente de almacenamiento para el carbono (CIDIAG,2011)

### **1.3.6. Almacenamiento de CO<sub>2</sub>**

El almacenamiento de dióxido de carbono es un proceso biológico en el que los ecosistemas marinos y terrestres son capaces de absorber CO<sub>2</sub> de la atmosfera. Esto se trata de hacer uso más eficaz de los bosques en los que se almacena CO<sub>2</sub> atmosférico a través de la fotosíntesis. (IPCC, 2011)

### **1.3.7. Carbonatación mineral**

La carbonatación mineral se refiere a la fijación de CO<sub>2</sub> mediante el uso de óxidos alcalinos y alcalinotérreos, como el óxido de magnesio (MgO) y el óxido de calcio (CaO), que están presentes en las rocas de silicatos de formación natural como la serpentina y el olivino. Las reacciones químicas entre estos materiales y el CO<sub>2</sub> producen compuestos como el carbonato de magnesio (MgCO<sub>3</sub>) y el carbonato cálcico (CaCO<sub>3</sub>, comúnmente conocido como piedra caliza). La cantidad de óxidos metálicos presentes en las rocas de silicatos que pueden encontrarse en la corteza terrestre excede de las cantidades necesarias para fijar todo el CO<sub>2</sub> que produciría la combustión de todas las reservas de combustibles fósiles existentes. Estos óxidos también aparecen en pequeñas proporciones en algunos desechos industriales, como la escoria y las cenizas del acero inoxidable. La carbonatación mineral produce sílice y carbonatos que se mantienen estables durante largos períodos de tiempo y que, por tanto, pueden eliminarse en zonas como las minas de silicato o pueden reutilizarse con fines de construcción, si bien es probable que esa reutilización sea mínima en relación con las cantidades producidas. Tras la carbonatación, el CO<sub>2</sub> no sería liberado en la atmósfera. Como consecuencia, apenas sería necesario vigilar los lugares de eliminación y los riesgos conexos serían casi insignificantes. Es difícil estimar el potencial de almacenamiento en esta fase inicial de desarrollo. En todo caso, estaría limitado por la fracción de reservas de silicatos cuya explotación sea posible desde el punto de vista técnico, por cuestiones ambientales como el volumen de la eliminación de productos, y por obstáculos jurídicos y sociales relacionados con el lugar de almacenamiento. El

proceso de carbonatación mineral se produce de forma natural. En la naturaleza, el proceso es muy lento, por lo que debe ser acelerado de forma considerable a fin de convertirlo en un método de almacenamiento viable para el CO<sub>2</sub> captado procedente de fuentes antropogénicas. La investigación en el ámbito de la carbonatación mineral se centra, por tanto, en la identificación de vías para el proceso que puedan alcanzar velocidades de reacción que sean viables para fines industriales y lograr que la reacción tenga un mayor rendimiento energético. La tecnología de carbonatación mineral que utiliza silicatos naturales se halla en la fase de investigación, pero algunos procesos que usan desechos industriales están en la fase de demostración. (IPCC 2005)

### **1.3.8. Mecanismos de Carbonatación**

Para capturar el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) primero debe separarse de los demás gases resultantes de la combustión o del tratamiento. Luego se comprime y se purifica para facilitar su transporte y almacenamiento. Cada uno de los tres sistemas siguientes permite capturar el dióxido de carbono resultante de la combustión, en los sistemas de post-combustión, los gases resultantes de la combustión del carburante en el aire (gases de combustión) tan sólo contienen pequeñas fracciones de CO<sub>2</sub>. Éste se captura por la inyección de los gases de combustión en un líquido que absorbe únicamente el CO<sub>2</sub> (como un solvente orgánico enfriado o comprimido). El CO<sub>2</sub> casi puro puede entonces ser liberado del líquido, al calentarlo o liberar la presión. Ya se están utilizando similares procesos de separación a gran escala para eliminar el CO<sub>2</sub> del gas natural.

En los sistemas de pre-combustión, el combustible primario se transforma primero en gas mediante su calentamiento con vapor y aire u oxígeno. Esta transformación produce un gas compuesto esencialmente de hidrógeno y de CO<sub>2</sub>, que pueden ser fácilmente separados. El hidrógeno puede entonces utilizarse para la producción de energía o calefacción.

La oxicomustión utiliza el oxígeno puro para quemar el combustible en lugar de utilizar el aire, que únicamente contiene 20% del oxígeno y mucho nitrógeno. Su resultante es un gas mixto compuesto esencialmente de vapor de agua y de CO<sub>2</sub>. El vapor de agua puede separarse fácilmente del CO<sub>2</sub> mediante el enfriamiento y

la comprensión del flujo de gas. Sin embargo, al requerir una separación previa del oxígeno y del aire, este proceso resulta bastante complicado. (Lugo & Brown 1992).

### 1.3.9. Roca Ofiolítica

Los complejos ofiolítica son trozos de roca oceánica estas son máfica y ultramáficas la cual fue insertada en los márgenes continentales en épocas de colisión continente– continente, arco–continente e interacciones dorsales–fosa y/o eventos de subducción–acreción y conocidas como zonas de sutura y de choque continental. Se deben definir como “fragmentos alóctonos de manto superior y corteza oceánica que es tectónicamente trasladada, de su origen ígneo primario de formación, como el resultado de la convergencia. Básicamente son existentes dos tipos de roca presente en la corteza las cuales detallamos a continuación. (Bucher y Grapes, 2011):

- Fragmentos de roca “oceánico” que tienen principalmente contenidos de harzburgitas muy empobrecidas y dunitas, y en menor medida lherzolita. Su localización es en la parte baja de la pseudoestratigrafía de una ofiolita, que es una parte de litósfera emplazada en el continente.
- Fragmentos de roca subcontinental la cual posee contenidos altos de piroxenos así como de lherzolitas y en menor cantidad de piroxenitas, harzburgitas y dunitas. (Acosta, 2009).



Fuente: elaboración propia

Ilustración 1. Cuerpos máficos- Tarma.

### **1.3.10. Mineralogía**

Las rocas máfica tienen contenidos primordialmente de magnesio y silicatos de hierro, anhidros como: ortopiroxeno, olivino y clinopiroxeno. Por esto su sistema de componentes está basado en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{CaO}$ >95%. Estos silicatos anhidros al contacto con el  $\text{H}_2\text{O}$  producen una reacción con agua, se produce la creación de diferentes prototipos de minerales del grupo de la serpentina. (Bucher y Grapes, 2011)

### **1.3.11. Características de la roca**

La deformación interna que afecta al Macizo de Tapo (MT) es muy diferente de la deformación de la roca encajante sedimentaria subyacente y presenta una deformación cataclástica asociada a su contacto basal. En las serpentinitas la foliación principal ( $S_n$ ) tiene una dirección general NO-SE e inclinaciones variables al NE o SO debido a plegamientos posteriores. Las lineaciones minerales encontradas tienen dirección variable de NE-SO al NNE-SSO. Los sedimentos del Grupo Ambo están afectados por un plegamiento sin ninguna foliación metamórfica asociada. Se deduce un emplazamiento del MT en un nivel estructural superior, con edad posterior al Paleozoico Superior, sobre un substrato sedimentario con deformación andina no penetrativa generada por encima del frente de la esquistosidad. El plegamiento que afecta la secuencia del Grupo Ambo afecta también el cuerpo ultramáfico, generando un sinforme donde se encuentra dicho cuerpo. El reconocimiento de la tectónica andina como responsable de la superposición de las ultramáficas sobre los sedimentos del Grupo Ambo conduce a investigar los respectivos contactos con una sucesión para derivada de bajo grado metamórfico del Complejo del Marañón. Esto se ha realizado en dos pequeños cuerpos totalmente serpentinizados que ocurren a 7 km al NE del poblado de Acobamba (Tarma). En estos dos pequeños cuerpos de ultramáficas, la deformación interna es polifásica e idéntica en todo al cuerpo ultramáfico-máfico de Tapo. Las rocas ultramáficas también están milonitizadas. Las lineaciones poco usuales observadas tienen orientaciones que siguen la dirección del plano que las contiene. Los gradientes espaciales de la fábrica ocurren también en los metagabros de Tapo, donde se

observa un paso gradual de metagabros foliados a metagabros milonitizados. Esta asociación de meso estructuras, que evidencian una deformación fuertemente no-coaxial y gradientes espaciales de la fábrica, permite interpretar la existencia de accidentes de cizalla. Superposición de serpentinitas del Macizo de Tapo sobre areniscas del Grupo Ambo. Milonitas de metagabro en el contacto con las filitas del Grupo Huácar, cuerpos máficos de Acobamba. (Acosta, 2009).

#### **1.3.12. Roca Gabro**

El magma se enfría y solidifica de forma lenta y en condiciones de reposo en el interior de la corteza. Estas condiciones permiten que todos los silicatos cristalicen con un tamaño similar.

*Textura:* Granuda, cristalina y muy dura. Se pueden apreciar todos sus componentes cristalizados, de un tamaño parecido y fácilmente visible. Es una roca de color "negro absoluto". Sus características de máxima calidad ornamental vienen dadas por la uniformidad, resistencia mecánica y química contra la acción de toda clase de agentes.

*Utilidades:* El gabro ha sido usado extensamente como recubrimiento en edificios públicos y monumentos. Encimeras de cocina, y ornamentación. CERRI et al., (1985).

#### **1.3.13. Roca Basalto**

El basalto es una Roca ígnea extrusiva, sólida y negra. Es el tipo de roca más común en la corteza terrestre, y cubre la mayoría del fondo oceánico. Está formado por abundantes minerales oscuros como el piroxeno y la olivina, que hacen que el basalto sea de color gris o negro oscuro. El basalto también tiene cantidades menores de minerales de color claro como, el feldespato y el cuarzo. CERRI et al., (1985).

#### **1.3.14. Porosidad**

La porosidad de un material es el volumen de espacios abiertos que contiene relativo a su volumen total. Los poros son pequeños espacios abiertos

existentes en los materiales rellenos por soluciones acuosas y/o gaseosas (aire). Los poros pueden estar abiertos (intercomunicados) o cerrados, y ser grandes o pequeños. El tamaño de poro medio y el grado de intercomunicación entre los poros determinan el tipo y grado de movimiento de soluciones líquidas y gaseosas por el interior de los materiales. (Soriano 2001)

### **1.3.15. Densidad**

Aunque toda la materia posee masa y volumen, la misma masa de sustancias diferentes que tienen, ocupan distintos volúmenes, así notamos que el hierro o el hormigón son pesados, mientras que la misma cantidad de goma de borrar o de plástico son ligeras. La propiedad que nos permite medir la ligereza o pesadez de una sustancia recibe el nombre de densidad. Cuanto mayor sea la densidad de un cuerpo, más pesado nos parecerá. (Soriano 2001)

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1. Problema General:**

¿Cuál será el almacenamiento de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) en rocas ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto) bajo condiciones controladas?

### **1.4.2. Problema Específico:**

- ¿Cuál de las rocas ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto) tendrá mayor almacenamiento de CO<sub>2</sub> en el mismo tiempo?
- ¿Cuál de las condiciones controladas (roca expuesta a 25°, roca lavada y roca seca) almacena mayor CO<sub>2</sub> en el mismo tiempo?
- ¿Cuál será la composición físico-química de la roca gabro y basalto para el almacenamiento de CO<sub>2</sub>?

## **1.5. Justificación del estudio**

El cambio climático es un tema que hoy en día es de preocupación mundial, por lo tanto, sus soluciones también lo tienen que ser. Por tal motivo se realizó el acuerdo en París COP21(2015) donde 195 países se comprometieron a unir esfuerzos para

mitigar el cambio climático teniendo como principal objetivo mantener el aumento de la temperatura muy por debajo de los dos grados centígrados, así como los países desarrollados se comprometieron en ayudar económicamente a los países en vías de desarrollo. Otro importante acuerdo fue el Protocolo de Kioto en el objetivo dos de la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático (2014) se menciona que hoy en día lo que se busca son proyectos de bajo costo para mitigar los GEI y principalmente se centran en el almacenamiento del carbono.

Uno de estos GEI es el dióxido de carbono el cual es el principal responsable del cambio climático. En nuestro país principalmente en la ciudad de Lima, nuestro parque automotor que en relación directamente proporcional con el crecimiento demográfico se ha convertido en un problema de nunca acabar esto ocasiona un tránsito vehicular lento y con ello mayores emisiones de CO<sub>2</sub> causando problemas a la salud de la población sumado a los pocos espacios de áreas verdes.

A nivel mundial se están realizando estudios para la mitigación de los gases de efecto invernadero encontrando nuevas posibilidades para la captura y almacenamiento de carbono, tal es así, que en Chipre se viene utilizando la roca ofiolítica para el almacenamiento de CO<sub>2</sub>, en el Perú existe pocos indicios de rocas ofiolítica estas solo se encuentran en Tarma y Huánuco, Cordillera Oriental del Perú. Pero de la misma manera que en Chipre estas tienen la capacidad de secuestrar el carbono ya que al contacto con el CO<sub>2</sub> se genera una reacción y esta atrapa el dióxido de carbono sin riesgos a fugas.

Actualmente en nuestro país existen pocos estudios de cuantificación del contenido de carbono en piedras ofiolítica. Es por esto que este trabajo se enfoca en determinar la capacidad de almacenamiento de dióxido de carbono en la roca ofiolítica.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis General**

Las rocas ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto) tienen la capacidad de almacenamiento de dióxido de carbono.

### **1.6.2. Hipótesis Específica:**

- La roca de mayor almacenamiento de CO<sub>2</sub> en roca ofiolítica de composición máfica es la roca gabro.
- Las cantidades de CO<sub>2</sub> almacenado en la roca ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto) será igual para las condiciones de roca expuesta al calor, roca lavada y roca seca.
- Las propiedades físico-químicas tienen influencia en la retención de CO<sub>2</sub> en roca ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto).

### **1.7. Objetivos**

#### **1.7.1. Objetivo General:**

- Determinar el almacenamiento de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) de rocas ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto) bajo condiciones controladas -Lima, 2018.

#### **1.7.2. Objetivos específicos:**

- Determinar la mayor eficiencia de almacenamiento de CO<sub>2</sub> entre las dos rocas ofiolítica de composición máfica, gabro y basalto.
- Identificar la condición controlada (la roca seca, roca expuesta a calor y roca lavada) para el mayor almacenamiento de CO<sub>2</sub> en rocas ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto).
- Determinar la característica físico-química de la roca ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto) que le permitan almacenar el CO<sub>2</sub>.

## **II. MÉTODO**

## II. Método

### 2.1. Diseño de investigación

El tipo de estudio del presente trabajo de investigación es aplicada, ya que los conocimientos que se van a generar durante la investigación ayudara a tomar decisiones, y descriptivo debido a que evalúa o mide los componentes del estudio es decir las variables independientemente. (Díaz, 2009) Asimismo, tendrá un diseño no experimental, transeccional de nivel exploratorio puesto que es de nivel poco conocido.

Tabla 1. Diseño del método de investigación

R.O1	Tiempo	R.O2
Concentración inicial	Exposición	Concentración final

Fuente: Elaboración propia

### 2.2. Variables y operacionalización

En toda investigación, es importante no solo identificar las variables que se toman en consideración, sino definir las con la mayor precisión posible, por ello operacionalizar una variable simplemente es definir la manera en que se observó y midió cada una de las características.

Tabla 2. Operacionalización de la variable

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
<p><b>DEPENDIENTE:</b></p> <p>Almacenamiento de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>.</p>	<p>El almacenamiento de dióxido de carbono es un proceso biológico en el que los ecosistemas marinos y terrestres son capaces de absorber CO<sub>2</sub> de la atmosfera. (IPCC, 2011)</p>	<p>Esta variable será medida tomando en cuenta la eficiencia de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la roca gabro y basalto cada una de ellas bajo las mismas condiciones controladas (roca seca, roca lavada con agua de mar y roca expuesta a 25°C).</p>	<p>Eficiencia de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en roca gabro y basalto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad porcentual inicial de CO<sub>2</sub> en la roca ofiolítica.</li> <li>- Cantidad porcentual final de CO<sub>2</sub> en la roca ofiolítica.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">%</p>
			<p>Eficiencia de almacenamiento de CO<sub>2</sub> bajo condiciones controladas (roca seca, roca lavada con agua de mar y roca expuesta a 25°C)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad porcentual inicial de CO<sub>2</sub> en la roca ofiolítica.</li> <li>- Cantidad porcentual final de CO<sub>2</sub> en la roca ofiolítica.</li> </ul>	
<p><b>INDEPENDIENTE:</b></p> <p>Uso de la roca ofiolítica (gabro y basalto)</p>	<p>Se demuestra el uso de la roca ofiolítica por sus propiedades que contienen ya que al entrar en contacto con el CO<sub>2</sub> reaccionan y crean una carbonatación natural. (Rigopolous, 2017).</p>	<p>Esta variable será medida tomando en cuenta las propiedades físico-química de la roca gabro y basalto.</p>	<p>Propiedades físicas y químicas de la roca ofiolítica</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Densidad</li> <li>- Porosidad.</li> <li>- Composición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gr/cm<sup>3</sup></li> <li>- %</li> <li>- Elemento químico.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## **2.3. Población y muestra**

### **2.3.1. Población:**

En la presente investigación se tomará como población a las rocas ofiolítica de composición máfica.

### **2.3.2. Muestra:**

En la presente investigación se tomará como muestras el peso total de cada una de las rocas con las que se trabajará en este caso 2 kilos de roca gabro y 2 kilos de roca basalto.

### **2.3.3. Muestreo:**

May (1996). El muestreo se realiza mediante el método no destructivo, en el cual se utilizarán variables de fácil medición como el peso inicial, densidad y porosidad de la roca ofiolítica para la estimación del almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

- Se procedió a la identificación de la roca mediante el análisis químico realizado en laboratorio de la UNI (laboratorio de espectrometría). Posteriormente se realizó el lavado, secado y molienda de la roca a tamaño de rejilla N° 8.
- Se procedió a realizar las instalaciones de las cajas de vidrio y de las mangueras que transportaran el CO<sub>2</sub> puro adquirido en botellas, durante 15 días para las dos primeras muestras y 15 días para las siguientes muestras.
- Finalmente se realizará un análisis volumétrico para cuantificar las cantidades de CO<sub>2</sub> almacenado en la roca ofiolítica.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

Las técnicas de muestreo de recopilación de datos que se empleó en la presente investigación se detalla en la tabla siguiente.

Tabla 3. Recopilación de datos.

ETAPAS	FUENTES	TECNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Identificación de los puntos donde se tomará la muestra.	Tapo-Tarma. Según investigaciones elaboradas por INGEMMET.	Observación	- Pico de mano. - HCl	Lugares específicos.
Análisis inicial de la roca ofiolítica.	Catálogos mineralógicos de INGEMMET.	Observación	Ficha de registro de datos (anexo 2)	-composición.
Preparación de la roca.		Observación	Máquina de trituración.	- Densidad - Porosidad
Colocación de la roca en el cubo.	Investigadora	Observación	Ficha de recolección de datos (anexo3)	Almacenamiento de CO <sub>2</sub>
Proceso de los datos	Excel 2016	Observación	Ficha de registro donde se verifica la eficiencia de la roca para almacenar CO <sub>2</sub> .	Cuadro comparativo de la roca con mayor almacenamiento de CO <sub>2</sub> .

Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.1. Etapa 01: Ubicación de la roca

Se ejecutó el viaje al departamento de Junín, provincia de Tarma en el distrito de Tapo para conseguir la roca previa conversación con los lugareños que tienen conocimiento de la ubicación de la roca, procedimos a subir al Macizo de Tapo con coordenadas 11°23'20.01''S, 75°33'31.85''O con una altitud de 3289msnm.



Fuente: elaboración propia

Ilustración 2: Caminata al Macizo de Tapo-Tarma.



Fuente: elaboración propia

Ilustración 3: Roca expuesta

Se realizó el traslado e identificación de la roca con ayuda de expertos geólogos de la UNMS.



Fuente: elaboración propia

Ilustración 4: A la derecha roca gabro y a la izquierda roca basalto

## 2.4.2. Etapa 02: Determinación de características físicas

Posterior a ello se realizó la determinación del peso, densidad, porosidad de la roca en el laboratorio de la UCV, ya que con estas características físicas sabremos si nuestra roca podrá almacenar CO<sub>2</sub> utilizando como guía UNE-EN 1936 (2007). Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la densidad real y aparente y de la porosidad total.

### EQUIPOS E INSUMOS DE LABORATORIO

- Horno de secado.
- Balanza analítica.
- Parafina sólida.
- Recipiente con agua.
- Plumón permanente.
- Protector de rejilla.

#### 2.4.2.1. Determinación de la densidad de la roca

##### Procedimiento

- Se prepararán las muestras, en este caso se trabajará con vasos precipitados.
- Se secan las muestras en el horno de secado a 105°C durante 24 horas.
- Se procede a pesar las muestras obteniéndose el Peso Aire Seco (PAS)

- Se prepara la parafina.
- Se sumergen las muestras en la cera, hasta que la cera crea una capa alrededor de los trozos de testigo.
- Se pesan las muestras, obteniéndose el Peso Aire con cera (PAP)
- Se obtuvo el peso de la muestra Suspendido con cera (PSP)
- Con estos datos se procede a determinar la densidad

Se utiliza la siguiente fórmula para calcular la densidad de la roca intacta:

$$\rho = \frac{PAS}{\left[ \frac{(PAP - PSP)}{\rho_{H_2O}} - \frac{(PAP - PAS)}{\rho_P} \right]}$$

Donde:

$\rho$  = Densidad (aparente) de la roca intacta.

$\rho_{H_2O}$  = Densidad del agua= 1

$\rho_P$  = Densidad de la parafina 0,9

$PAS$  = Peso de la roca seca

$PAP$  = Peso de la roca cubierta en parafina seca

$PSP$  = Peso de la roca en parafina sumergida en agua

#### **2.4.2.2. Determinación de la porosidad de la roca**

##### Procedimiento

- Se sumergen las rocas en agua por 24 horas, hasta alcanzar la saturación.
- Se pesan las rocas saturadas obteniendo los pesos en el aire de cada roca.
- Se obtiene el peso suspendido en agua de cada roca.
- Se secan las rocas (secar a  $105^{\circ} \pm 5^{\circ}C$  por 24 horas)
- Se obtiene el peso seco en el aire de cada probeta.

Para determinar la porosidad de la roca intacta, se calcula la diferencia entre los volúmenes de la muestra cuando se encuentra seca y totalmente saturada por algún líquido, en este caso agua, y la diferencia entre el peso de la muestra saturada y suspendida en agua. A través de la siguiente fórmula se obtiene la porosidad.

$$\text{Porosidad } [\%n] = \left( \frac{vp}{vt} \right) \cdot 100$$

Donde:

$V_p$  = Es el volumen de los espacios vacíos de la muestra, en  $\text{cm}^3$ , obtenido entre el peso saturado y el peso seco, todo dividido por la densidad del agua.

$V_t$  = Es el volumen total de la muestra, en  $\text{cm}^3$ , obtenido de la diferencia entre el peso saturado y el peso suspendido, todo por la densidad del agua.

La densidad de la roca intacta se puede calcular con los datos medidos para la determinación de la porosidad, siendo igual a:

$$\rho = \frac{\text{Peso}_{\text{seco}}}{\text{Peso}_{\text{saturado}} - \text{Peso}_{\text{suspendido}}} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}$$

Fuente: GEOTECNIA MINERA MI46B-1



Fuente: elaboración propia

Ilustración 5: Hallando densidad y porosidad.

### 2.4.3. Etapa 03:

Procedemos a colocar la roca gabro y roca basalto bajo tres condiciones distintas por un período de 60 días analizando su almacenamiento de CO<sub>2</sub> cada 15 días.



Fuente: elaboración propia.  
Ilustración 6: Roca expuesta a 25°C.



Fuente: elaboración propia.  
Ilustración 7: instalación de la roca seca.

## CUANTIFICACIÓN DE CO<sub>2</sub>: METODO WARDER

*Método volumétrico*, es la determinación de la concentración de una sustancia mediante una valoración que es el cálculo del volumen necesario de una concentración conocida, la cual es llamada sustancia valorante que es la que va reaccionar con la sustancia que será analizada y está será la sustancia valorada.

La volumetría se basa en la reacción de valoración, la reacción es el analito mas el valorante que es la solución que se tiene al agregar la sustancia que se va analizar y nos dará el producto.

La reacción finalizada se da cuando la reacción del valorante es exactamente la cantidad que complete estequiométricamente la reacción con el analito, entonces decimos que se ha alcanzado el punto de equivalencia.

Los componentes son:

- Solución valorante (Concentración conocida, utilizada para titular la desconocida)
- Solución valorada (a la cual se le aplica la titulación)
- Indicadores (sustancia que mostrara el cambio).

En este caso aplicaremos la volumetría neutralizada, utilizando la gravimetría que es un instrumento analítico cuantitativo para determinar la cantidad de una sustancia.

### MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR EN LA INVESTIGACIÓN

#### Materiales:

- Probeta de 100ml y 500ml
- Bureta de 100 ml
- 02 matraz Erlenmeyer
- Jeringa Puzocatch
- Vasos de precipitado
- Pinza de dedos
- Fiola de 1l.
- Soporte Universal

#### Reactivos:

- Ac. Clorhídrico (HCl)
- Amoniacó (NH<sub>3</sub>)
- Naranja de Metilo
- Fenolftaleína

#### Procedimiento:

- 1.- Medir 20ml de HCl y colocar en la fiola de 1l. y aforar con agua destilada y agitar.
- 2.- Colocar 100ml de NH<sub>3</sub> y verter la roca para de esta manera liberar CO<sub>2</sub>.

- 3.- Proceder absorber con la jeringa 1ml. De la solución y colocarlo en el matraz.
- 4.- Agregamos 5 gotas de fenolftaleína y comenzamos a titular con el preparado de HCl gota a gota hasta perder el color rosa y anotamos.
- 5.- De la misma manera trabajamos con el indicador naranja de metilo agregamos 5 gotas y comenzamos a titular hasta que cambie de color.

Las reacciones ácido-base llamadas también de neutralización se llevan a cabo normalmente en disolución de ambos reactivos. Las bases más frecuentes son los hidróxidos y las reacciones que dan con los ácidos son del tipo general:



Para determinar la concentración de una disolución de un ácido o de una base, el procedimiento básicamente consiste en medir el volumen de la disolución ( $V_x$ ) de base ( $\text{NH}_3$ ) necesario para que reaccione (neutralice) con todo el ácido (HCl). En el momento de lograrse la neutralización completa se alcanza el punto de equivalencia, entonces se cumple la siguiente relación:

$$N_A \times V_A = N_B \times V_B$$

Donde  $N_x$  es la normalidad de la disolución de ácido (A) o base (B).

El punto de equivalencia se determinará utilizando un indicador colorimétrico. Estos compuestos indicadores son ácidos (o bases) orgánicos que se caracterizan por tener distinto color la molécula y el ion que resulta de ella.

Por último, hay que mencionar que la valoración de una base fuerte o débil, suele efectuarse con un ácido fuerte, generalmente nítrico, clorhídrico o sulfúrico. Las concentraciones de las disoluciones ácida y alcalina deben ser aproximadamente iguales.

## 2.5. Validación:

La validación de las fichas de registro y del contenido se llevó a cabo mediante la validación por juicio de expertos. Los expertos que validaron estos instrumentos son:

**El Ingeniero:**

- Alfaro Rodríguez, Carlos  
(CIP N°): 37913

**El Doctor:**

- Cabrera Carranza, Carlos  
(CIP N°): 42517

**El Doctor:**

- Ordoñez Gálvez, Juan Julio  
(CIP N°): 89972

Confiabilidad:

- Los resultados de las diferentes muestras serán obtenidas mediante laboratorios confiables.

**2.6. Aspectos éticos**

El investigador se somete a principios de la ética influyente en el presente trabajo de investigación dentro del tiempo en que dure.

El proyecto no realizara ninguna violación a las leyes, normas u otros documentos de política que estén sujetos al desarrollo de la investigación.

De esta manera se tendrá en cuenta los criterios de:

- La veracidad de resultados.
- Respeto a la privacidad.
- Responsabilidad social, política, jurídica y ética.
- El respeto por la propiedad intelectual.
- Respeto por el medio ambiente y la biodiversidad.
- Plagio, en contexto de que la tesis no presenta plagio, copia u otros términos que impida sea una tesis adecuada.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1. Determinación de propiedades físicas en roca gabro y basalto.

En la primera etapa de este estudio se realizó el análisis de la densidad y porosidad en la roca gabro y basalto, ya que ayudará a determinar las cantidades de CO<sub>2</sub> que pueden almacenar las mismas, a través de la prueba de la roca seca y roca mojada.

Tabla 4. Resultados de densidad y porosidad en roca

	GABRO	BASALTO
DENSIDAD	3.38 gr/cm <sup>3</sup>	2.9 gr/cm <sup>3</sup>
POROSIDAD	37%	17%

Fuente: elaboración propia (Datos en laboratorio)

Tabla 5. Porosidad según Winkler y Komar

POROSIDAD EN ROCAS SEGÚN WINKLER Y KOMAR.	
POROSIDAD (EN %)	EVALUACIÓN
0-5	Despreciable
5-10	Pobre
10-15	Moderada
15-20	Buena
20-25	Muy buena
>25	Excelente

FUENTE: METALOGENIA DEL PERÚ

De la tabla 4 nuestra roca gabro tiene un porcentaje de porosidad alto y según la clasificación en la tabla de Winkler y Komar (tabla 5) donde evaluación sería de excelente, al tener una excelente porosidad puede almacenar mayores cantidades de CO<sub>2</sub>. Asimismo, en la roca basalto nos clasifica con una evaluación de moderada lo cual nos da la referencia que puede almacenar menores cantidades de CO<sub>2</sub>.

### 3.2. Determinación de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la roca ofiolítica.

#### A.- Almacenamiento de CO<sub>2</sub> en roca gabro.

En la segunda etapa de este estudio se realizó el análisis de cuantificación de CO<sub>2</sub> mediante el método Warder en el que se utiliza dos indicadores en este caso la fenolftaleína y el naranja de metilo y por volumetría, se obtuvo los resultados que

se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados de cuantificación de CO<sub>2</sub> en roca gabro

ROCA GABRO					
TIEMPO	PESO	REPETICIONES	% DE CO <sub>2</sub> EN ROCA SECA	% DE CO <sub>2</sub> EN ROCA LAVADA	% DE CO <sub>2</sub> EN ROCA EXPUESTA A 25°C
0 días 08/04/2018	400 g.	1°	0,011	0,011	0,011
		2°	0,010	0,010	0,010
		3°	0,013	0,013	0,013
15 días 22/04/2018	400 g.	1°	12,05	15,05	10,38
		2°	12,00	15,12	10,31
		3°	12,01	15,04	10,36
30 días 07/05/2018	400 g.	1°	27,08	33,00	18,23
		2°	27,11	33,02	18,21
		3°	27,10	33,02	18,20
45 días 22/05/2018	400 g.	1°	43,09	50,11	29,04
		2°	43,04	50,06	29,09
		3°	43,11	50,10	29,12
60 días 06/06/2018	400 g.	1°	58,31	69,13	44,18
		2°	58,18	69,21	44,13
		3°	58,09	69,08	44,15

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En la tabla 6 se presentan los resultados de los análisis efectuados a 0, 15, 30, 45 y 60 días de exposición de las rocas con peso inicial de 400g. La roca en condición de seca, lavada con agua de mar y expuesta a 25°C.

- Se muestra los resultados de 3 repeticiones los mismos que se efectuaran en el laboratorio de espectrometría de la UNI.
- Resumiendo, en la tabla 7 se presenta los promedios de CO<sub>2</sub> en la roca gabro.

**Tabla 7. Promedios de niveles de CO<sub>2</sub> en roca gabro.**

PROMEDIOS: ROCA GABRO				
TIEMPO	PESO	% DE CO <sub>2</sub> EN ROCA SECA	% DE CO <sub>2</sub> EN ROCA LAVADA	% DE CO <sub>2</sub> EN ROCA EXPUESTA A 25°C
0 días	400g	0,01	0,01	0,01
15 días	400g	12,02	15,07	10,35
30 días	400g	27,09	33,01	18,21
45 días	400g	43,08	50,09	29,08
60 días	400g	58,19	69,14	44,15

FUENTE: UNI (laboratorio Universidad Nacional de Ingeniería)

### B.- Almacenamiento de CO<sub>2</sub> en roca basalto

De la misma manera que para el caso de la roca gabro, los resultados en la roca basalto bajo las condiciones de seca, lavada con agua de mar y expuesta a 25°C, con el mismo peso inicial de 400g. para todos los análisis efectuados a 0, 15, 30,45 y 60 días, realizando tres repeticiones y se tienen los resultados que se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8. Resultados cuantificación de CO<sub>2</sub> en la roca basalto**

ROCA BASALTO					
TIEMPO	PESO	REPETICIONES	% DE CO <sub>2</sub> EN ROCA SECA	% DE CO <sub>2</sub> EN ROCA LAVADA	% DE CO <sub>2</sub> EN ROCA EXPUESTA A 25°C
0 días 08/04/2018	400g	1°	0,045	0,045	0,045
		2°	0,043	0,043	0,043
		3°	0,040	0,040	0,040
15 días 22/04/2018	400g	1°	7,12	11,30	5,04
		2°	7,17	11,33	5,01
		3°	7,14	11,33	5,05
	400g	1°	13,08	24,18	11,05

30 días 07/05/2018		2°	13,06	24,07	11,26
		3°	13,09	24,20	11,17
45 días 22/05/2018	400g	1°	20,28	40,06	19,12
		2°	20,33	40,07	19,08
		3°	20,34	40,09	19,05
60 días 06/06/2018	400g	1°	32,05	52,10	28,14
		2°	32,12	52,05	28,10
		3°	32,23	52,19	28,12

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Resumiendo, los promedios de almacenamiento de CO<sub>2</sub> encontrada en la roca basalto se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9. Promedios de niveles de CO<sub>2</sub> en roca basalto.**

PROMEDIOS: ROCA BASALTO				
TIEMPO	PESO	% DE CO <sub>2</sub> EN ROCA SECA	% DE CO <sub>2</sub> EN ROCA LAVADA	% DE CO <sub>2</sub> EN ROCA EXPUESTA A 25°C
0 días	400g	0,04	0,04	0,04
15 días	400g	7,14	11,32	5,03
30 días	400g	13,08	24,15	11,16
45 días	400g	20,32	40,06	19,08
60 días	400g	32,13	52,11	28,12

FUENTE: UNI (laboratorio Universidad Nacional de Ingeniería)

### 3.3. Análisis estadístico

En el experimento sobre el análisis del almacenamiento de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en rocas ofiolíticas, se registró el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en dos tipos de roca (gabro y basalto), bajo tres condiciones controladas (roca seca, roca lavada en agua de mar y roca con una temperatura de 25°C), en un período de cada 15 días. Como variable dependiente utilizamos el porcentaje de CO<sub>2</sub> presente.

Luego de ingresar los datos al programa SPSS, tenemos las tablas de

resultados que ofrece el programa con información referida al porcentaje de CO<sub>2</sub> almacenado.

En la tabla 10 se muestran los análisis estadísticos de la roca gabro de moda, mediana, varianza y desviación típica e IC 95% para la media, del porcentaje de CO<sub>2</sub> en cada una de los cuerpos estudiadas.

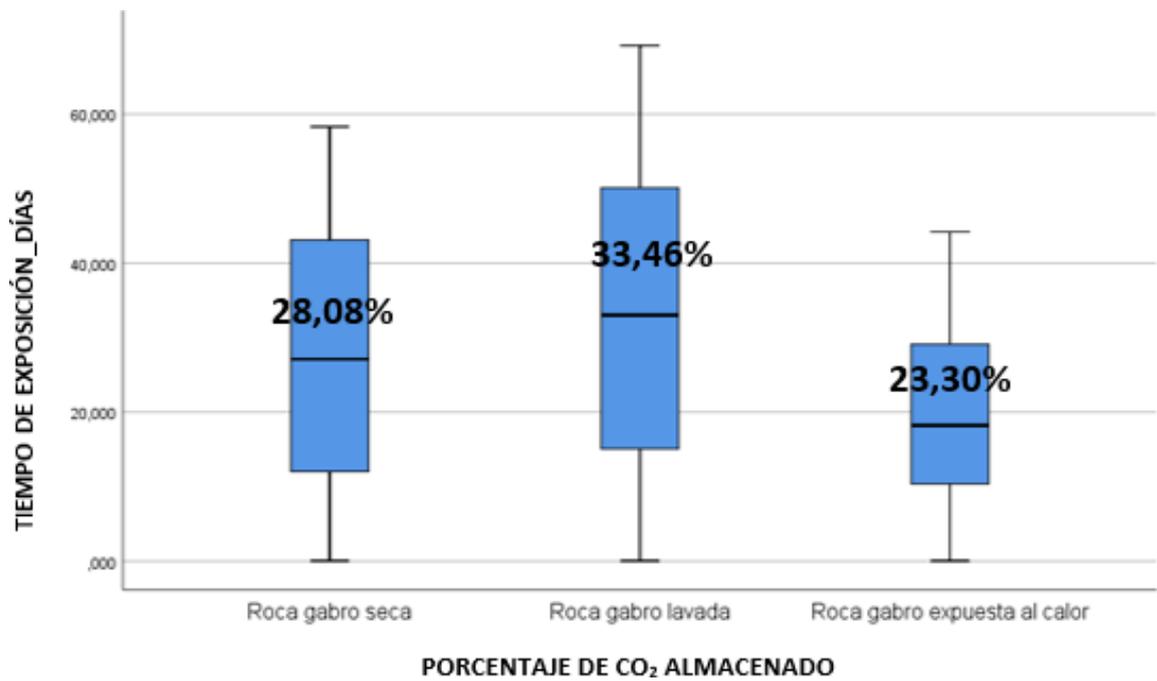
**Tabla 10. Análisis estadístico en roca gabro**

	<b>Estadísticos</b>														
	Tiempo 0 días CO2 en roca seca	Tiempo 0 días CO2 en roca lavada	Tiempo 0 días CO2 en expuesta a calor	Tiempo 15 días CO2 en roca seca	Tiempo 15 días CO2 en roca lavada	Tiempo 15 días CO2 en expuesta a calor	Tiempo 30 días CO2 en roca seca	Tiempo 30 días CO2 en roca lavada	Tiempo 30 días CO2 en expuesta a calor	Tiempo 45 días CO2 en roca seca	Tiempo 45 días CO2 en roca lavada	Tiempo 45 días CO2 en expuesta a calor	Tiempo 60 días CO2 en roca seca	Tiempo 60 días CO2 en roca lavada	Tiempo 60 días CO2 en expuesta a calor
<b>Media</b>	,01133	,01133	,01133	12,0200 0	15,0700 0	10,3500 0	27,0966 7	33,0133 3	18,2133 3	43,0800 0	50,0900 0	29,0833 3	58,1933 3	69,1400 0	44,1533 3
<b>Mediana</b>	,01100	,01100	,01100	12,0100	15,0500	10,3600	27,1000	33,0200	18,2100	43,0900	50,1000	29,0900	58,1800	69,1300	44,1500
<b>Moda</b>	,010 <sup>a</sup>	,010 <sup>a</sup>	,010 <sup>a</sup>	12,000 <sup>a</sup>	15,040 <sup>a</sup>	10,310 <sup>a</sup>	27,080 <sup>a</sup>	33,020	18,200 <sup>a</sup>	43,040 <sup>a</sup>	50,060 <sup>a</sup>	29,040 <sup>a</sup>	58,090 <sup>a</sup>	69,080 <sup>a</sup>	44,130 <sup>a</sup>
<b>Desviación</b>	,001528	,001528	,001528	,026458	,043589	,036056	,015275	,011547	,015275	,036056	,026458	,040415	,110604	,065574	,025166
<b>Varianza</b>	,000	,000	,000	,001	,002	,001	,000	,000	,000	,001	,001	,002	,012	,004	,001

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: IBM SPSS, 2018

En la tabla 10 se presentan los resultados del SPSS en función del tiempo de 0,15,30, 45 y 60 días, así como, la media, mediana, moda, desviación y varianza del almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la roca gabro y bajo las 3 condiciones a las que fueron expuestas (roca seca, roca lavada con agua de mar y roca expuesta a 25°C) .



Grafica 1 : diagrama de cajas

Fuente: IBM SPSS, 2018

Se puede visualizar que en la roca gabro y bajo la condición de roca lavada es la que tiene mayor absorción de CO<sub>2</sub>, en el caso de la roca expuesta es la que absorbió menos CO<sub>2</sub>.

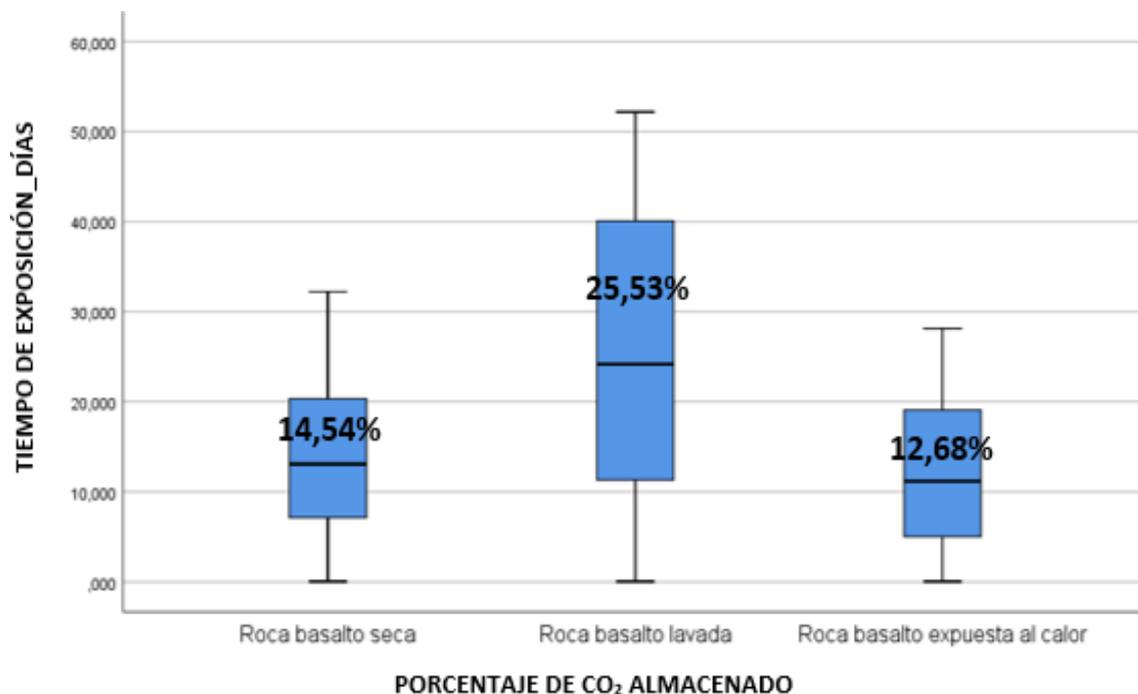
**Tabla 11. Análisis estadístico en roca basalto**

	Estadísticos														
	Tiempo 0 días CO2 en roca seca	Tiempo 0 día CO2 en roca lavada	Tiempo 0 día CO2 en expuesta a calor	Tiempo 15 día CO2 en roca seca	Tiempo 15 día CO2 en roca lavada	Tiempo 15 día CO2 en expuesta a calor	Tiempo 30 días CO2 en roca seca	Tiempo 30 días CO2 en roca lavada	Tiempo 30 días CO2 en expuesta a calor	Tiempo 45 días CO2 en roca seca	Tiempo 45 días CO2 en roca lavada	Tiempo 45 días CO2 en expuesta a calor	Tiempo 60 días CO2 en roca seca	Tiempo 60 días CO2 en roca lavada	Tiempo 60 días CO2 en expuesta a calor
Media	,04267	,04267	,04267	7,14333	11,32000	5,03333	13,07667	24,15000	11,16000	20,31667	40,07333	19,08333	32,13333	52,11333	28,12000
Mediana	,04300	,04300	,04300	7,14000	11,33000	5,04000	13,08000	24,18000	11,17000	20,33000	40,07000	19,08000	32,12000	52,10000	28,12000
Moda	,040 <sup>a</sup>	,040 <sup>a</sup>	,040 <sup>a</sup>	7,120 <sup>a</sup>	11,330	5,010 <sup>a</sup>	13,060 <sup>a</sup>	24,070 <sup>a</sup>	11,050 <sup>a</sup>	20,280 <sup>a</sup>	40,060 <sup>a</sup>	19,050 <sup>a</sup>	32,050 <sup>a</sup>	52,050 <sup>a</sup>	28,100 <sup>a</sup>
Desviación	,002517	,002517	,002517	,025166	,017321	,020817	,015275	,070000	,105357	,032146	,015275	,035119	,090738	,070946	,020000
Varianza	,000	,000	,000	,001	,000	,000	,000	,005	,011	,001	,000	,001	,008	,005	,000

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: IBM SPSS, 2018

En la tabla 11 se presentan los resultados del SPSS en función del tiempo de 0,15,30, 45 y 60 días, así como, la media, mediana, moda, desviación y varianza del almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la roca basalto y bajo las 3 condiciones a las que fueron expuestas (roca seca, roca lavada con agua de mar y roca expuesta a 25°C) .



Grafica 2: Diagrama de cajas

Fuente: IBM SPSS, 2018

Se puede visualizar en el grafico2 la media del porcentaje de almacenamiento para cada condición, se evidencia en la roca basalto y bajo la condición de lavada es la que tiene mayor absorción de CO<sub>2</sub>, en el caso de la roca expuesta a calor es la que absorbió menos CO<sub>2</sub>.

## PRUEBA DE HIPOTESIS

### HIPOTESIS 1

¿Cuál de las rocas ofiolíticas de composición máficas (gabro y basalto) tendrá mayor almacenamiento de CO<sub>2</sub>?

H<sub>0</sub>= No existe mayor almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la roca gabro que en la roca basalto.

H<sub>1</sub>= Existe mayor cantidad de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la roca gabro comparado al almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la roca basalto.

### Determinar $\alpha$

Alfa = 5% = 0.05

## Prueba del T-student

La prueba t de student se utilizó para evaluar y comparar si los dos resultados de la muestra de roca gabro y roca basalto difieren de manera significativa respecto a sus medias en una variable.

**Tabla 12. Prueba T**

Estadísticos de grupo					
	GRUPO4	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
CO2 en roca gabro y basalto	CO2 en roca gabro	45	27,3025	21,50089	3,20516
	CO2 en roca basalto	45	17,5901	15,14482	2,25766

Fuente: IBM SPSS, 2018

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilatera l)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
CO2 en roca gabro y basalto	Se han asumido varianzas iguales	7,305	,008	2,477	88	,015	9,71240	3,92047	1,92129	17,50351
	No se han asumido varianzas iguales			2,477	79,037	,015	9,71240	3,92047	1,90896	17,51584

Fuente: IBM SPSS, 2018

Igualdad de varianza (prueba de Levene)

- P-valor =>  $\alpha$  Aceptar **H<sub>0</sub>** = Se han asumido varianzas iguales.
- P-valor =>  $\alpha$  Aceptar **H<sub>1</sub>** = No se han asumido varianzas iguales.

El valor para aceptar es de 0,05 pero nos arrojó un valor de 0,008 por lo que podemos concluir que mediante la prueba de Levene existe diferencia significativa entre las varianzas.

P-valor =>  $\alpha$  Aceptar H<sub>1</sub> = No se han asumido varianzas iguales

Decisión estadística:

- Si la probabilidad obtenida P-valor  $\leq \alpha$ , rechace H<sub>0</sub> (se acepta H<sub>1</sub>)

- Si la probabilidad obtenida P-valor  $> \alpha$ , no rechace  $H_0$  (se acepta  $H_0$ )

P-valor =  $0.05 \leq \alpha = 0.05$

Entonces se concluyó, que se acepta la  $H_1$  ya que, Si Existe mayor cantidad de almacenamiento de  $CO_2$  en la roca gabro comparado al almacenamiento de  $CO_2$  en la roca basalto.

## HIPOTESIS 2

¿Las cantidades de almacenamiento de  $CO_2$  será el mismo bajo las condiciones controladas de roca expuesta al calor, roca lavada y roca seca?

$H_0$ = Las cantidades de  $CO_2$  almacenado será igual para la roca expuesta al calor, roca lavada y roca seca.

$H_1$ = Las cantidades de  $CO_2$  almacenado serán diferentes para la roca expuesta al calor, roca lavada y roca seca.

## Prueba de Anova

El análisis de varianza (ANOVA) de un factor nos sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. Esta prueba es una generalización del contraste de igualdad de medias para dos muestras independientes. Se aplica para contrastar la igualdad de medias de tres o más poblaciones independientes y con distribución normal.

**Tabla 13. ANOVA de un facto en roca gabro**

### Descriptivos

CO2 en roca gabro

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Roca gabro seca	15	28,08027	21,606364	5,578739	16,11506	40,04547	,010	58,310
Roca gabro lavada	15	33,46493	25,383468	6,553983	19,40804	47,52183	,010	69,210
Roca gabro expuesta al calor	15	20,36227	15,773610	4,072729	11,62713	29,09740	,010	44,180
Total	45	27,30249	21,500888	3,205163	20,84291	33,76207	,010	69,210

**ANOVA de un factor**

CO2 en roca gabro

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1301,210	2	650,605	1,435	,025
Intra-grupos	19039,470	42	453,321		
Total	20340,681	44			

**Tabla 14. ANOVA de un factor en roca basalto**

**Descriptivos**

CO2 en roca basalto

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Roca basalto seca	15	14,54253	11,432348	2,951819	8,21151	20,87356	,040	32,230
Roca basalto lavada	15	25,53987	19,484177	5,030793	14,74989	36,32984	,040	52,190
Roca basalto expuesta al calor	15	12,68787	10,349833	2,672315	6,95632	18,41941	,040	28,140
Total	45	17,59009	15,144820	2,257657	13,04008	22,14010	,040	52,190

**ANOVA de un factor**

CO2 en roca basalto

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1447,775	2	723,888	3,517	,039
Intra-grupos	8644,311	42	205,817		
Total	10092,086	44			

## Anova de un factor

- P-valor  $\Rightarrow \alpha$  Aceptar **H<sub>0</sub>** = Se han asumido varianzas iguales.
- P-valor  $\Rightarrow \alpha$  Aceptar **H<sub>1</sub>** = Se han asumido varianzas diferentes.

El valor para aceptar es de 0,05 pero nos arrojó un valor de menor por lo que podemos concluir que mediante la prueba de Anova de un factor existe diferencia entre las varianzas.

P-valor  $\Rightarrow \alpha$  Aceptar H1 = No se han asumido

varianzas iguales Decisión estadística:

- Si la probabilidad obtenida P-valor  $\leq \alpha$ , rechace H<sub>0</sub> (se acepta H<sub>1</sub>)
- Si la probabilidad obtenida P-valor  $> \alpha$ , no rechace H<sub>0</sub>

(se acepta H<sub>0</sub>) P-valor = 0.05  $\leq \alpha$  = 0.05

Entonces se concluyó, que se acepta la H<sub>1</sub> ya que, las cantidades de CO<sub>2</sub> almacenado serán diferentes para la roca expuesta al calor, roca lavada y roca seca.

## **IV. DISCUSIÓN**

Existen estudios realizados para el almacenamiento de CO<sub>2</sub>, pero pocos se enfocan en la captación de este gas en un ambiente natural solo se conoce la inyección del CO<sub>2</sub> a grandes escalas, es importante buscar medidas para contrarrestar el aumento de las concentraciones de dióxido de carbono. Por lo cual a continuación se discutirán algunos puntos de resultados obtenidos en la presente investigación.

De acuerdo a los datos obtenidos en la evaluación volumétrica realizada en el laboratorio de espectrometría de la UNI donde se cuantifico el dióxido de carbono almacenado en roca gabro y basalto, se muestra la roca gabro con un promedio de 27,30%; en el caso de la roca basalto su promedio es 17,59%; con lo cual se identifica que la roca que almacena mayor CO<sub>2</sub> en un corto período es la roca gabro, la roca basalto su almacenamiento es menor, sin dejarla de lado, ya que, aunque es poca también puede almacenar y capturar CO<sub>2</sub>, lo cual se corrobora en lo mencionado por Rigopoulos (2017) en su artículo menciona que realiza estudios de la roca ofiolita de tipo máfica, ultramáficas, hipabsales y extrusivas, como almacenadoras de CO<sub>2</sub> al entrar en contacto con este gas de efecto invernadero y en poco tiempo.

A su vez Rigopolos (2017) en sus resultados menciona que a mayor porosidad mayor será la cantidad de almacenamiento con lo cual se comprueba los resultados de porcentaje de porosidad obtenidos siendo mayor la roca gabro con una porosidad de 37% y basalto 17%, en cuanto a la densidad obtenida en el caso de la roca gabro con una densidad de 3,38 gr/cm<sup>3</sup> y en la roca basalto 2,9 gr/cm<sup>3</sup>; relacionando con ello el mayor almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la roca gabro.

En la presente investigación se propuso tres condiciones distintas una de ella es la roca lavada con agua de mar, la otra es roca seca y la ultima de ella es la roca expuesta a 25°, esto con la finalidad de comparar que condición ayuda a capturar CO<sub>2</sub> en pocos días; teniendo como resultado la condición de la roca lavada con agua de mar con mayor captura de CO<sub>2</sub> en 60 días con un 25,53%, seguido de la roca seca con un 14,54% y la roca expuesta a 25° con un 12,68%; con lo cual se comprueba lo mencionado por Romero, M (2010) donde aplico la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> utilizando distintas biomasas, una de ellas con alto índice de almacenamiento son los sumideros marinos por sus altos índices de salinidad.

Se realizó el análisis químico, para saber la composición química de nuestras rocas

esto se realizó en el laboratorio de espectrometría de la UNI, obteniendo como resultado en la roca basalto como mayor componente el SiO<sub>2</sub> con un 49.97% y en la roca gabro su principal compuesto es el SiO<sub>2</sub> con un 44.10%, siendo el principal componente mineralizador, así lo menciona **Díaz, F (2012)** en el cual describe los componentes de las rocas ofiolítica y su alto índice de silicio para mineralización del CO<sub>2</sub>.

## **V. CONCLUSIONES**

El almacenamiento de CO<sub>2</sub> entre la roca gabro y basalto arrojó una diferencia significativa ya que se evidencia en los análisis obtenidos, en la roca gabro con 27,30% una mayor eficiencia de almacenamiento que en la roca basalto con un 17,59% en un mismo tiempo de exposición.

La condición controlada para el mayor almacenamiento de CO<sub>2</sub> en rocas ofiolítica de composición máfica es la roca lavada en agua de mar, la roca gabro con un 33,46%, asimismo, en la roca basalto un 25,53%, ya que, su porcentaje de salinidad ayuda en la mineralización natural.

Las características físicas que permiten mayor almacenamiento de CO<sub>2</sub> es la porosidad, ya que al tener en la roca gabro 37% califica como excelente y en la roca basalto 17% califica como buena; en cuanto a las características químicas su alto contenido de silicio, hace que esta reaccione al contacto con el CO<sub>2</sub> formándose una carbonatación mineral.

Por lo tanto, se determinó el almacenamiento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en rocas ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto) bajo condiciones controladas, como mecanismo de minimización de dióxido de carbono por exposición a este gas.

Tanto la roca gabro como la roca basalto son aptas para el almacenamiento de CO<sub>2</sub>, como una medida de mitigación a este gas de efecto invernadero.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Utilizar la roca ofiolítica con la finalidad de minimizar el gas de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>) siendo parte de un proyecto de compensación ambiental.

Implementar parques con esta roca ornamental en el cual exista gran flujo vehicular para la captación y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, ya que de esta manera minimizaría las emisiones de este gas en puntos críticos de nuestra ciudad de Lima.

Desarrollar una normativa que regule las emisiones de dióxido de carbono por fuentes fijas y móviles, así como también un estándar de calidad para las concentraciones de dióxido de carbono.

Exponer por mayor tiempo las rocas tanto gabro como basalto al dióxido de carbono para saber su punto de saturación de almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

Exponer las rocas a 400 ppm de CO<sub>2</sub>, así como, a temperaturas elevadas mayor a 25°C.

## **VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- ABREU, José L. Hipótesis, Métodos y diseños de investigación. México, Daena. 2012, pp.11. [Consulta: 28 de noviembre del 2016].

ISSN 1870-557X

- ACOSTA, M., QUEDNOW, K., ETCHEVERS, J. y MONREAL, C. “Un método para la medición del carbono almacenado en la parte aérea de sistemas con vegetación natural e inducida en terrenos de ladera en México”. Revista Científica [en línea] 2001 [Citado el: 22 de setiembre de 2016.]

[http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio\\_carbono/08\\_AcostaPDF](http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/08_AcostaPDF)

- ADAME, Aurora. “Contaminación ambiental y calentamiento global”. 1a. Ed. México: Trillas, 2010. 197p.

ISBN: 978-607-17-0339-2

- AMEZQUILA María [et al]. Almacenamiento de carbono en ecosistema terrestres para mitigar al cambio climático global. Holanda, Cooperación Holandesa,a-. 2009

ISBN 958-9386-49-0

- BARROS, Vicente. Cambio climático global. Buenos Aires. Editorial Zorzal. 2005 p 35.

ISBN 9871081-88-X.

- IPCC. Definición de Cambio Climático. Grupo Intergubernamental De Expertos Sobre El Cambio Climático [En línea] 2002 [Citado el: 23 de setiembre de 2016.] ISBN: 92-91693197

<https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>

- BURGOS, David. [et al]. Determinación total de carbón Orgánico usando métodos de combustión seca. Agrofaz Volumen12 N°3.(2012) Sitio web MINAM. disponible en:

[http://www.agrofaz.mx/wp-content/uploads/articulos/2012123IX\\_4.pdf](http://www.agrofaz.mx/wp-content/uploads/articulos/2012123IX_4.pdf)

- CASTROVIEJO, Ricardo; PEREIRA Emily. Geología de las ultramáficas pre-andinas de Tapo y Acobamba, Tarma, Cordillera Oriental del Perú. [ en línea]2009. [consulta: 17 de setiembre del 2017]. disponible en :

ISSN 0213683X.

[http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/202784/017\\_2010\\_Articulo\\_XV\\_C\\_PG\\_Estructura\\_Ultramafitas\\_Tapo\\_Acobamba\\_Rodriguez.pdf/27fc02e9-d0c8-4e7a-8fa7-57f52a39cb50](http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/202784/017_2010_Articulo_XV_C_PG_Estructura_Ultramafitas_Tapo_Acobamba_Rodriguez.pdf/27fc02e9-d0c8-4e7a-8fa7-57f52a39cb50)

- DR. RIGOPOULOS, Loannis. Using nanoscale ophiolitic rocks to capture and sequester CO<sub>2</sub>. Revista Research Results Magazine. Edicion N° 64. Julio 2017. pg. 9

ISSN 1831-9947.

- DIGESA , 2005 , Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Lima-Callao [en línea]
- FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE MUNICIPIOS Y PROVINCIAS (FEMP). Sumideros de carbono a nivel local: Red española de ciudades por el clima [en línea]. España; 2012, pp.162. [Fecha de Consulta: 23 de noviembre del 2017].

[http://digital.csic.es/bitstream/10261/101928/1/TESIS%20DOCTORAL%20RG\\_C.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/101928/1/TESIS%20DOCTORAL%20RG_C.pdf)

- FIGUEROA, Clemente. “Los sumideros naturales de CO<sub>2</sub>”, una estrategia sostenible. Universidad Sevilla, España, Primera edición. 2007.

ISBN 978-84-80-8019-165-4

- GALDÁMEZ, C. F. 2009. Elementos Del Grupo Del Platino En Rocas Ultramáficas De La Cabaña, Región De La Araucanía, Chile. Memoria De Título (Unpublished), Universidad De Concepción, Departamento Ciencias De La Tierra: 169 P.
- JARAMILLO, V. “El ciclo global del carbono. Cambio climático: una visión desde México”.2004, México. 3ra ed.

ISBN: 235-218-086

- LOPEZ, Víctor. “Cambio climático y calentamiento global: ciencias, evidencias, consecuencias y propuestas para enfrentarlos”. 2a. ed. México: Trillas, 2009. 239p.

ISBN: 978-607-17-0323-1

- PNUMA. GEO - A. Latina y el Caribe" - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. [En línea] 1995. [Citado el: 10 de setiembre de 2016.]
- MINAGRI Resolución ministerial – Ministerio de agricultura [En línea] 2005 [Citado el: 23 de setiembre de 2016.]

<http://thereddesk.org/sites/default/files/plannacionalreforestacion.pdf>

- HERNANDEZ, Elkin. Geología y Geoquímica de las Rocas Ultramáficas del sector de la Cabaña, IX Región, Chile. Tesis (Magister) Chile, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Geología. (2013) pg. 122.
- Instituto Nacional de Estadística (INEI) 2014. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1168/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1168/libro.pdf)
- OGUNLADE, Bert; CONINK, Heleen. La captación y el almacenamiento de Dióxido de Carbono. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)
- ORDÓÑEZ, J. A., & MASERA, O. Captura de carbono ante el cambio climático. En I. d. A.C., Madera y Bosques (págs. 3-12). Xalapa: ISSN.2001 ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro futuro común.1987, ". Revista Científica [en línea] 2001 [Citado el: 22 de setiembre de 2016.]  
<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- ROMERO, Miguel; DIEZ, Ignacio. [et al]. Captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. España- Zaragoza. Edición II, 2010, pg 210.

ISBN 978-92521-69-2.

- RODRIGUEZ, Stanley. Almacén de carbono en especies arbóreas del parque ecológico de San Martín de Porres (antes Mayta Capac).2015. Tesis (Título profesional) Lima-Perú. Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería Ambiental.

- SANTOS, Cristian. Captura de Carbono en biomasa aérea de especies arbóreas en la zona productiva bajo del Castro poblado Caracas-Ancash. 2015. Tesis (Título profesional) Lima-Perú. Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería Ambiental.
- TTIMPO, Edson. Estimación de la captura de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en Totorales de la Reserva Nacional del Titicaca-Puno. (2012). Tesis (Magister) Lima-Peru.Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales.
- VILCA, Nora. Almacenamiento de dióxido de carbono en biomasa aérea de las plantas Arecaceae y Bombacaceae de un ecosistema aguajal en Posic, San Martin. 2017. Tesis (Título profesional) Lima-Perú. Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería Ambiental.
- WAKABAYASHI, José. ¿Qué constituye el "emplazamiento" de una ofiolita?: Mecanismos y relación con las iniciaciones de subducción y la formación de suelas metamórficas. Sociedad Geológica, Londres; Sociedad Geológica: "Ophiolites" en historia de la tierra ". Publicación especial.2003

ISBN 218-414-447

- ZUÑIGA L, I. y CRESPO DA, E. Meteorológica y climatología [en línea]. Universidad Nacional de Educación Ambiental:Uned. 2010, pp.262. [Consulta: 24 de Agosto del 2017].

ISBN: 9878436260076.

## **VIII. ANEXOS**

**Tabla 15. Matriz de consistencia**

ALMACENAMIENTO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ) EN ROCAS OFIOLÍTICAS DE COMPOSICION MAFICAS (GABRO Y BASALTO) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS - LIMA, 2018.						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	INSTRUMENTOS
<b>PROBLEMA GENERAL.</b> ¿Cuál será el almacenamiento de Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) en rocas ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto)?	<b>OBJETIVO GENERAL.</b> Determinar el almacenamiento de Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) de rocas ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto) bajo condiciones controladas -Lima, 2018.	<b>HIPOTESIS GENERAL.</b> Las rocas ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto) tienen la capacidad de almacenar dióxido de carbono.	<b>DEPENDIENTE:</b> Almacenamiento de dióxido de carbono CO <sub>2</sub> .	Cantidad porcentual inicial de CO <sub>2</sub> en la roca ofiolítica.  Cantidad porcentual final de CO <sub>2</sub> en la roca ofiolítica.	%	Ficha validación
<b>PROBLEMA ESPECIFICO.</b> ¿Cuál de las rocas ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto) tendrá mayor almacenamiento de CO <sub>2</sub> en el mismo tiempo?	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS.</b> Determinar la mayor eficiencia de almacenamiento de CO <sub>2</sub> entre las dos rocas ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto).	<b>HIPOTESIS ESPECIFICOS.</b> La roca de mayor almacenamiento de CO <sub>2</sub> en roca ofiolítica de composición máfica es la roca gabro.				
¿Cuál de las condiciones controladas (roca expuesta a 25°, roca lavada y roca seca) almacena mayor CO <sub>2</sub> en el mismo tiempo?	Identificar la condición controlada (la roca seca, roca expuesta a calor y roca lavada) para el mayor almacenamiento de CO <sub>2</sub> en rocas ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto).	Las cantidades de CO <sub>2</sub> almacenado en la roca ofiolítica de composición máfica (gabro y basalto) será igual para las condiciones de roca expuesta al calor, roca lavada y roca seca.				
¿Cuál será la composición físico-química de la roca gabro y basalto para el almacenamiento de CO <sub>2</sub> ?	Determinar las características físico-químicas de las rocas ofiolítica que le permitan almacenar el dióxido de carbono.	Las propiedades físico de la roca ofiolítica tiene influencia en la retención de dióxido de carbono.	<b>INDEPENDIENTE:</b> Uso de la roca ofiolítica (gabro y basalto)	Composición Porosidad Densidad	- Elemento químico. - % - gr/cm <sup>3</sup>	Ficha validación

ANEXO N° 1: ALMACENAMIENTO DE DIOXIDO DE CARBONO POR ROCAS OFIOLITICAS- LUGARES DE LA CIUDAD DE LIMA

Fecha:		Laboratorio:				
Hora:		Elaborado por:				
MUESTRA	NOMBRE	UTM	ALTA CARGA VEHICULAR	HORA PUNTA	MAYOR CONCENTRACION DE CO2	OBSERVACIONES
PUNTO 1						
PUNTO 2						
PUNTO 3						
PUNTO 4						
PUNTO 5						

Nombre y Apellido: *Juan Julio Coronado Gomez*  
 Grado: *Doctor*  
 CIP: *84422*  
 Nombre y Apellido: *Carlos Humberto Alfaro Rodriguez*  
 Grado: *Ingeniero Químico*  
 CIP: *37913*  
 Nombre y Apellido: *Carlos Andres Gabriel Castro*  
 Grado: *Doctor*  
 CIP: *43117*

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: D R R O N E Z C A N A L E S, J U A N R O D R I G U E Z  
 1.2. Cargo e institución donde labora: UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ramos Canales, Susan.

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

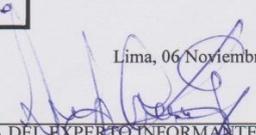
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

90%

Lima, 06 Noviembre del 2017

  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 68843200 Telf.: .....

210.888.12

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **ALFARO RODRIGUEZ CARLOS**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **INGENIERO ROSSANO**  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ramos Canales, Susan.

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

85.7

Lima, 06 Noviembre del 2017



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 17998963 Telf.: 945796966

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **CARRERA CARRANZA, CARLOS**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **DOCTOR**
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ramos Canales, Susan.

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										<			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X	X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si /

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

88%
-----

Lima, 06 Noviembre del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. **442284** Telf.: **94550199**

ANEXO N° 2: ALMACENAMIENTO DE DIOXIDO DE CARBONO POR ROCAS OFIOLITICAS- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LA ROCA

Fecha:		Laboratorio:				
Hora:		Elaborado por:				
MUESTRA	UTM	PESO	PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS			
			POROSIDAD	PERMEABILIDAD	COLOR	COMPOSICION
PUNTO 1						
PUNTO 2						
PUNTO 3						
PUNTO 4						
PUNTO 5						

Nombre y Apellido: Juan Julio Cabrerá Galvez  
 Grado: Doctor  
 CIP: 84472  
 Nombre y Apellido: Carlos F. Cabrerá Galvez  
 Grado: Ing. Civil  
 CIP: 43517

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Ordoñez Salazar, Juan Joto*  
 1.2. Cargo e institución donde labora: *UCV*  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ramos Canales, Susan.

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

<i>Si</i>

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

*90%*

Lima, 06 Noviembre del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. *08042300* Telf.: .....

*Susi Sforza*

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: CABRERA CARRANZA, CARLOS
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCTOR
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ramos Canales, Susan.

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

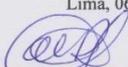
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

85%
-----

Lima, 06 Noviembre del 2017

  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 17998963 Telf.: 945796966

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ALFARO RODRIGUEZ, CARLOS  
 1.2. Cargo e institución donde labora: ING. QUÍMICO  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ramos Canales, Susan.

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

87%

Lima, 06 Noviembre del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 790224 Telf.: 945509179

ANEXO N° 3: ALMACENAMIENTO DE DIOXIDO DE CARBONO POR ROCAS OFIOLITICAS- CANTIDAD DE DIOXIDO DE CARBONO

Fecha:		LABORATORIO:				
Hora:		Elaborado por:				
MUESTRA	UTM	PESO	CANTIDAD DE DIOXIDO DE CARBONO			OBSERVACIONES
			CANTIDAD DE CONCENTRACION INICIAL	CANTIDAD DE CONCENTRACION FINAL	ECA	
PUNTO 1						
PUNTO 2						
PUNTO 3						
PUNTO 4						
PUNTO 5						

Nombre y Apellido: Julio Rodríguez Solís  
 Grado: [Firma]  
 CIP: 55573  
 Nombre y Apellido: Carlos Humberto Alfaro Rodríguez  
 Grado: Ingeniero  
 CIP: 37913  
 Nombre y Apellido: Carlos F. Castillo Casanova  
 Grado: Doctor  
 CIP: 47517

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: CABRERA CARRANZA, CARLOS.
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCTOR.
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ramos Canales, Susan.

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

si  80%

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

88%

Lima, 06 Noviembre del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No... 142234 Telf.:... 945509119

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *RODRIGUEZ ALFARO*  
 1.2. Cargo e institución donde labora:  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ramos Canales, Susan.

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

<i>Si</i>

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85%

Lima, 06 Noviembre del 2017



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. *17998963* Telf.: *945796966*

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ BARRA, JOAQUÍN  
 1.2. Cargo e institución donde labora: UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ramos Canales, Susan.

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											///		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											///		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											///		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											///		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											///		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											///		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											///		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											///		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											///		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											///		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si  
 No

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

90%

Lima, 06 Noviembre del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 10844720 Telf: 818 8472



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

### ANÁLISIS QUÍMICO DE LA ROCA

SOLICITADO POR : RAMOS CANALES SUSAN

Procedencia de muestras : Huaraz

Recepción de muestras : Lima, 7 de Mayo del 2018

### RESULTADO DE MUESTRA

COMPOSICIÓN QUÍMICA	
SiO <sub>2</sub>	49,97%
TiO <sub>2</sub>	1,87%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,99%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,85%
FeO	7,24%
MnO	0,20%
MgO	6,84%
CaO	9,62%
Na <sub>2</sub> O	2,96%
K <sub>2</sub> O	1,12%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,35%
TOTAL	100,01%

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Observaciones:

*Petrográficamente las muestras corresponden a basaltos. Los resultados del análisis se refieren únicamente a la muestra presentada por el cliente*

Lima, 14 de Mayo del 2018

  
MSc. Alilio Mendez  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

**DETERMINACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN MUESTRAS DE BASALTO**

SOLICITADO POR : SUSAN RAMOS CANALES

Procedencia de muestras : Huaraz

Recepción de muestras : Lima, 30 de Marzo del 2018

**RESULTADO DE CONTENIDO DE CO<sub>2</sub>**

Muestra	%CO <sub>2</sub>
Roca Basalto	0.04

Lima, 5 de Abril del 2018

  
MSc. Atilio  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

**DETERMINACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN MUESTRAS DE BASALTO**

SOLICITADO POR : **SUSAN RAMOS CANALES**  
Procedencia de muestras : Tapo - Tarma  
Recepción de muestras : Lima, 23 de Abril del 2018

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS**

Muestra	%CO <sub>2</sub>
RB-01	7.14
RB-02	5.03
RBL	11.32

Lima, 28 de Abril del 2018

  
Mg. Atilio  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apertado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

### DETERMINACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN MUESTRAS DE BASALTO

SOLICITADO POR : SUSAN RAMOS CANALES

Procedencia de muestras : Tapo - Tarma

Recepción de muestras : Lima, 08 de Mayo del 2018

### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestra	%CO <sub>2</sub>
RB-01	13.08
RB-02	11.16
RBL	24.15

Lima, 14 de Mayo del 2018

  
MSc. Alicia Maldonado  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amaru Nº 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

### DETERMINACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN MUESTRAS DE BASALTO

SOLICITADO POR : SUSAN RAMOS CANALES

Procedencia de muestras : Tapo - Tarma

Recepción de muestras : Lima, 23 de Mayo del 2018

### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestra	%CO <sub>2</sub>
RB-01	20.32
RB-02	19.08
RBL	40.08

Lima, 28 de Mayo del 2018

  
MSc. Aldo Sandoval  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

**DETERMINACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN MUESTRAS DE BASALTO**

SOLICITADO POR : **SUSAN RAMOS CANALES**

Procedencia de muestras : **Tapo - Tarma**

Recepción de muestras : **Lima, 7 de Junio del 2018**

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS**

<b>Muestra</b>	<b>%CO<sub>2</sub></b>
RB-01	32.13
RB-02	26.12
RBL	52.11

Lima, 13 de Junio del 2018

  
MSc. Alicia Rodríguez  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

### ANÁLISIS QUÍMICO DE LA ROCA

SOLICITADO POR : SUSAN RAMOS CANALES

Procedencia de muestras : Tarma-Tapo

Recepción de muestras : Lima, 7 de Mayo del 2018

### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	
SiO <sub>2</sub>	44,10%
TiO <sub>2</sub>	1,32%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,08%
MgO	13,50%
FeO*	12,82%
CaO	11,32%
MnO	0,26%
K <sub>2</sub> O	0,86%
Na <sub>2</sub> O	1,47%
TOTAL	96,84%

Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 481 1070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

**Observaciones:**

*Petrográficamente las muestras corresponden a cuerpos grabados. Los resultados del análisis se refieren únicamente a la muestra presentada por el cliente*

Lima, 14 de Mayo del 2018



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

**DETERMINACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN MUESTRAS DE GABRO**

SOLICITADO POR : SUSAN RAMOS CANALES

Procedencia de muestras : Tapo - Tarma

Recepción de muestras : Lima, 30 de Marzo del 2018

**RESULTADO DEL CONTENIDO DE CO<sub>2</sub>**

Muestra	%CO <sub>2</sub>
Roca Gabro	0.01

Lima, 5 de Abril del 2018



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

DETERMINACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN MUESTRAS DE GABRO

SOLICITADO POR : SUSAN RAMOS CANALES

Procedencia de muestras : Tapo - Tarma

Recepción de muestras : Lima, 23 de Abril del 2018

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestra	%CO <sub>2</sub>
RG-01	12.02
RG-02	10.35
RGL	15.07

Lima, 28 de Abril del 2018

  
MSc. Attilio M. Riza  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amaru Nº 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

**DETERMINACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN MUESTRAS DE GABRO**

SOLICITADO POR : **SUSAN RAMOS CANALES**

Procedencia de muestras : Tapo - Tarma

Recepción de muestras : Lima, 08 de Mayo del 2018

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS**

Muestra	%CO <sub>2</sub>
RG-01	27.09
RG-02	18.21
RGL	33.01

Lima, 14 de Mayo del 2018

  
MSc. Attilio Guevara  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

**DETERMINACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN MUESTRAS DE GABRO**

SOLICITADO POR : **SUSAN RAMOS CANALES**

Procedencia de muestras : Tapo - Tarma

Recepción de muestras : Lima, 23 de Mayo del 2018

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS**

<b>Muestra</b>	<b>%CO<sub>2</sub></b>
RG-01	43.08
RG-02	28.08
RGL	50.09

Lima, 29 de Mayo del 2018

  
M.Sc. Alvaro Mejía  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

**DETERMINACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN MUESTRAS DE GABRO**

SOLICITADO POR : **SUSAN RAMOS CANALES**

Procedencia de muestras : **Tapo - Tarma**

Recepción de muestras : **Lima, 7 de Junio del 2018**

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS**

Muestra	%CO <sub>2</sub>
RG-01	58.19
RG-02	44.15
RGL	69.14

Lima, 13 de Junio del 2018

  
MSc. Aldo Mendocino  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amaru Nº 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

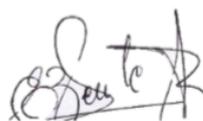
	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 8 de 13
---	--	--

Yo, Elmer Benites Alfaro., docente de la Facultad ...Ingeniería y Escuela Profesional de Ing. Ambiental.. de la Universidad César Vallejo LN... (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada

“ALMACENAMIENTO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) EN ROCAS OFIOLITICAS DE COMPOSICIÓN MÁFICAS (GABRO Y BASALTO) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS- LIMA, 2018” del (de la) estudiante **RAMOS CANALES SUSAN**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los olivos, 09 de Julio de 2018



.....  
Elmer Benites Alfaro

DNI: 07867259

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

"Título"

ALMACENAMIENTO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) EN ROCAS OFIOLÍTICAS DE COMPOSICION MAFICAS (GABRO Y BASALTO) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS - LIMA, 2018.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORA:

RAMOS CANALES, SUSAN

ASLOR:

Dr. BENITES ALFARO, ELMER GONZALES.



Resumen de coincidencias

18 %

Se están viendo fuentes estándar

[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)

Coincidencias

1	<a href="http://www.buenastareas.com">www.buenastareas.com</a> Fuente de Internet	4 %	>
2	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2 %	>
3	Entregado a Carlos Tes... Trabajo del estudiante	1 %	>
4	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu...">cybertesis.unmsm.edu...</a> Fuente de Internet	1 %	>
5	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	1 %	>
6	Entregado a INACAP Trabajo del estudiante	1 %	>





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE SOLICITUD

SOLICITA:

DIGITALIZACIÓN DE TESIS.

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

SUSAN RAMOS CANALES con DNI N° 44553356 domiciliado (a) en  
MZ "X" LT-14 BALCÓN DEL RÍMAC  
ante Ud. Con el debido respeto, expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la promoción 2018-I del programa ...INGENIERÍA AMBIENTAL... Identificado con el código de matrícula N° 6700255645 de la Escuela de Ingeniería Ambiental, recorro a su honorable despacho para solicitar lo siguiente:

DIGITALIZACIÓN DE TESIS.

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponde se me atienda mi petición por ser de justicia.



Dr. Secretario A.H.M.A.

[Signature]

Lima, 27 de Agosto de 2018



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"

## FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

### 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

RAMOS CANALES SUSAN  
D.N.I. : 44.55.33.56  
Domicilio : 172 "X" LT-14 BALCON DEL RIMAC  
Teléfono : Fijo : 01 3823463 Móvil : 989668755  
E-mail : rcsusan.src@gmail.com

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERÍA  
Escuela : INGENIERÍA AMBIENTAL  
Carrera : INGENIERÍA AMBIENTAL  
Título : INGENIERA AMBIENTAL

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :  
Mención :

### 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

- RAMOS CANALES SUSAN

Título de la tesis:

ALMACENAMIENTO DE DIOXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) EN  
ROCAS OFIOLÍTICAS DE COMPOSICIÓN MÁFICA (GABRO Y BASALTO)  
BAJO CONDICIONES CONTROLADAS, LINA - 2018 -

Año de publicación : 2018

### 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :

Fecha : 27-08-2018