

Compilatio informa de las tasas de similitudes recuperadas. No son tasas de plagio. La puntuación por sí sola no permite interpretar si las similitudes encontradas son plagiadas o no. Consulte el informe de análisis detallado para interpretar el resultado.

Similitudes del documento :

 **11%**

Similitudes de las partes 1 :

 **15%**

ANALIZADO EN LA CUENTA

Apellido :	De Ingeniería y Gestión
Nombre :	Facultad
E-mail :	fig@untels.edu.pe
Carpeta :	V PROGRAMA TSP AMBIENTAL

INFORMACIÓN SOBRE EL DOCUMENTO

Autor(es) :	No disponible
Título :	Tsp final solier reynoso.pdf
Descripción :	No disponible
Analizado el :	14/01/2022 00:15
ID Documento :	253opwqg
Nombre del archivo :	TSP FINAL SOLIER REYNOSO.pdf
Tipo de archivo :	pdf
Número de palabras :	8 459
Número de caracteres :	62 702
Tamaño original del archivo (kB) :	4 193.01
Tipo de carga :	Entrega manual de los trabajos
Cargado el :	13/01/2022 23:49

FUENTES ENCONTRADAS

 Fuentes muy probables :	23 fuentes
 Fuentes poco probables :	60 fuentes
 Fuentes accidentales :	26 fuentes
 Fuentes descartadas :	0 fuente

SIMILITUDES ENCONTRADAS EN ESTE

DOCUMENTO/ESTA PARTE

Similitudes idénticas :	9%
Similitudes supuestas :	6%
Similitudes accidentales :	<1%

TOP DE FUENTES PROBABLES - ENTRE LAS FUENTES PROBABLES

Fuentes	Similitud
1.  www.iagua.es/.../contaminacion-geog...aguas-subterranas	 8%
2.  www.digesa.minsa.gob.pe/.../descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf	 3%
3.  unach.edu.pe/.../168/122	 2%
4.  alicia.concytec.gob.pe/.../RUND_064aa1092782376e6c35314b207503e0/Details	 1%
5.  dSPACE.ucuenca.edu.ec/.../123456789/34618	 <1%

6.  dspace-aya.eastus.cloudapp.azure.com/.../274/CEDO AyA AD 5243.pdf  <1%
7.  www.cepal.org/.../files/3_7_agua_saneamiento_unicef.pdf  <1%
8.  dialnet.unirioja.es/.../servlet/articulo  <1%
9.  Fuente Compilatio.net slemazr8  <1%



**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS () 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (x)

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres:	Solier Reynoso Willman
D.N.I.:	28575816
Otro Documento:	
Nacionalidad:	Peruana
Teléfono:	960994169
e-mail:	2014100647@unfels.edu.pe

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad:	Facultad de Ingeniería y Gestión
Programa Académico:	Trabajo de Suficiencia Profesional
Título Profesional otorgado:	Ingeniero Ambiental

Postgrado

Universidad de Procedencia:	
País:	
Grado Académico otorgado:	

Datos de trabajo de investigación

Título:	“EMPLEO DE LA TÉCNICA DE OSMOSIS INVERSA PARA MEJORAR CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA CONSUMO HUMANO EN ESTACIÓN SERVICIOS PACHACAMAC S.A.C.”
Fecha de Sustentación:	14 de diciembre del 2021
Calificación:	Aprobado
Año de Publicación:	2023

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	(x)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	()
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	()
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	()

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

Motivos de la elección del acceso restringido:

Solier Reynoso Willman

APELLIDOS Y NOMBRES

28575816

DNI



Firma y huella:



Lima, 29 de mayo del 20 23

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



“EMPLEO DE LA TÉCNICA DE OSMOSIS INVERSA PARA MEJORAR CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA CONSUMO HUMANO EN ESTACIÓN SERVICIOS PACHACAMAC S.A.C.”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

SOLIER REYNOSO, WILLMAN

ORCID: 0000-0001-9566-6304

ASESOR

RUIZ HUAMÁN, CARMEN MILAGROS

ORCID: 0000-0003-4844-2281

Villa El Salvador

2021



V Programa de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional Facultad de
Ingeniería y Gestión

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En Villa El Salvador siendo las 11:45 horas y debido a la emergencia sanitaria y aislamiento social por el COVID-19, se reunieron en la Sala Virtual N° 01 vía <https://meet.google.com/say-dygz-kik> los Miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	: MSc. CESAR VELARDE HURTADO	CIP N° 102992
Secretario	: Mg. JAVIER HERRERA ESPINOZA	CIP N° 45728
Vocal	: Mg. LUIS ALFREDO ZUÑIGA FIESTAS	CIP N° 140131

Designados con RESOLUCIÓN DE FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN N° 437-2021-UNTELS-CO-V.ACAD-FIG, de fecha 14 de diciembre de 2021.

Se da inicio al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional. (Resolución de Comisión Organizadora N° 126-2021-UNTELS de fecha 06 de agosto de 2021, en la cual se APRUEBA el "Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del V Programa de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur", siendo que el Art. 4° del precitado Reglamento establece que: "La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar un mínimo de dos (02) años de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019- SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...", en el cual;

El bachiller: **SOLIER REYNOSO, WILLMAN**

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: **EMPLEO DE LA TÉCNICA DE OSMOSIS INVERSA PARA MEJORAR CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA CONSUMO HUMANO EN ESTACIÓN SERVICIOS PACHACAMAC S.A.C.**

Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición **Aprobado** con nota **nueve (09)** Equivalente **Regular** De acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS vigente.

Siendo las **12:42** del día martes 14 de diciembre de 2021, se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente Acta los miembros del Jurado.

SECRETARIO
Mg. HERRERA ESPINOZA JAVIER
CIP N° 45728

VOCAL
Mg. ZUÑIGA FIESTAS, LUIS ALFREDO
CIP N° 140131

PRESIDENTE
Mg. VELARDE HURTADO CESAR
CIP N° 102992

Nota: Art. 17°.- La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación Procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del presidente del Jurado asumirá la presidencia el docente de mayor categoría. En caso de ausencia de dos o más miembros del jurado, la sustentación será reprogramada para el día hábil siguiente.

DEDICATORIA

Dedico a mi madre por estar apoyándome en todo momento, a mis hijos que me dan el aliento y ganas que necesito para salir adelante y cumplir mis objetivos y metas. También agradezco a mi asesora por ser un buen docente y brindarme su tiempo y conocimiento de manera incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud y conocimiento, a mi familia por su apoyo incondicional

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABLAS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES	3
1.1. Contexto	3
1.2. Delimitación Temporal y Espacial del Trabajo	3
1.2.1. Delimitación Temporal	3
1.2.2. Delimitación Espacial.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.1.1. Antecedentes Nacionales	5
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	7
2.2. Bases Teóricas	9
2.2.1. Calidad de Agua	9
2.2.2. Parámetros de la Calidad de Agua	15
2.2.3. Aguas Subterránea	20
2.2.4. Características del Agua Subterránea	20
2.2.5. Principales Constituyentes Químicos del Agua	21

2.2.6.	Fuentes Mejoradas y no Mejoradas.....	21
2.2.7.	Contaminación de Aguas Subterráneas	22
2.2.8.	Tratamiento de Agua por Filtración.....	24
2.2.9.	Fundamentos Físicos de Osmosis Inversa.....	25
2.2.10.	Principales parámetros en los procesos con membranas	26
2.2.11.	El Fenómeno del Ensuciamiento de Membranas.....	28
2.2.11.1.	Ensuciamiento Inorgánico/Incrustación o Scaling.....	28
2.2.11.2.	Ensuciamiento Orgánico.....	28
2.2.11.3.	Ensuciamiento Coloidal o por Material Particulado.....	29
2.2.11.4.	Ensuciamiento Biológico o Biofouling.....	29
2.2.11.5.	Metales	29
2.2.12.	Limpieza Química de Membranas	29
2.2.13.	Desinfección	31
2.2.14.	Modos de Desinfección del Agua.....	33
2.2.15.	Rayos Ultravioletas	33
2.3.	Definición de Términos Básicos.....	34
	CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL.....	37
3.1.	Determinación y Análisis del Problema	37
3.1.1.	Problema General.....	37
3.1.2.	Problemas Específicos	37
3.2.	Modelos de Solución Propuesto.....	38
3.2.1.	Ubicación.....	38
3.2.2.	Materiales	38
3.2.3.	Metodología.....	38
3.3.	Resultados.....	39
	CONCLUSIONES	51
	RECOMENDACIONES	54

REFERENCIAS.....	55
ANEXOS	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Espacial de la Estación de Servicios Pachacamac S.A.C.....	3
Figura 2. Estado de Monitoreo Nacional Respecto del Cumplimiento con los ECA para Agua	12
Figura 3. Fundamentos físicos de la ósmosis inversa	25
Figura 4. Resultados en Porcentaje del Análisis Fisicoquímico de la muestra PM01 antes de Osmosis Inversa.....	40
Figura 5. Resultados en Porcentaje del Análisis Inorgánico de la muestra PM01 antes de Osmosis Inversa	41
Figura 6. Resultados en Porcentaje del Análisis Microbiológico y Parasitológico de la muestra PM01 antes de Osmosis Inversa	42
Figura 7. Resultados del Análisis Sensorial de la muestra PM01 antes de Osmosis Inversa.....	43
Figura 8. Resultados en Porcentaje del Análisis Fisicoquímico de la muestra PM01 después de Osmosis Inversa	44
Figura 9. Resultados en Porcentaje del Análisis Inorgánico de la muestra PM01 después de Osmosis Inversa	45
Figura 10. Resultados en Porcentaje del Análisis Microbiológico y Parasitológico de la muestra PM01 después de Osmosis Inversa	46
Figura 11. Resultados del Análisis Sensorial de la muestra PM01 después de Osmosis Inversa.....	46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de los recursos hídricos en el territorio peruano, 1985-2013.....	10
Tabla 2. Estándares de calidad ambiental (ECA) para parámetros fisicoquímicos e inorgánicos del agua	16
Tabla 3. Estándares de calidad ambiental (ECA) para orgánicos, compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos aromáticos y otros del agua.....	17
Tabla 4. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica ..	18
Tabla 5. Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos	19
Tabla 6. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos	19
Tabla 7. Diferencias entre los conceptos fuentes mejoradas y fuentes no mejoradas.....	22
Tabla 8. Resultados del análisis fisicoquímico de la muestra PM01 antes de osmosis inversa.....	39
Tabla 9. Resultados del análisis inorgánico de la muestra PM01 antes de osmosis inversa.....	40
Tabla 10. Resultados del análisis microbiológico y parasitológico de la muestra PM01 antes de osmosis inversa	41
Tabla 11. Resultados del análisis sensorial de la muestra PM01 antes de osmosis inversa.....	42
Tabla 12. Resultados del análisis fisicoquímico de la muestra PM01 después de osmosis inversa.....	43
Tabla 13. Resultados del análisis inorgánico de la muestra PM01 después de osmosis inversa.....	44
Tabla 14. Resultados del análisis microbiológico y parasitológico de la muestra PM01 después de osmosis inversa	45
Tabla 15. Resultados del análisis sensorial de la muestra PM01 después de osmosis inversa.....	46
Tabla 16. Resultados fisicoquímicos de laboratorio de antes y después de osmosis inversa en PM01	47
Tabla 17. Resumen de análisis de los parámetros fisicoquímicos después de osmosis inversa en punto de muestreo PM01	47

Tabla 18. Resultados inorgánicos de laboratorio de antes y después de osmosis inversa en PM01	48
Tabla 19. Resumen de análisis de los parámetros inorgánico después de osmosis inversa en punto de muestreo PM01	48
Tabla 20. Resultados microbiológicos y parasitológicos, sensitivos de laboratorio de antes y después de osmosis inversa en PM01.....	49
Tabla 21. Resumen de análisis de los parámetros microbiológico y parasitológico después de osmosis inversa en punto de muestreo PM01	49
Tabla 22. Resumen de análisis de los parámetros sensitivos después de osmosis inversa en punto de muestreo PM01	50

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad mejorar la calidad de agua subterránea para consumo humano mediante la técnica de osmosis inversa en la Estación de Servicios Pachacamac S.A.C – del distrito de Lurín. La metodología es experimental y comparativa, se utiliza un equipo de osmosis inversa. Las muestras de las aguas subterráneas proceden de 3 puntos referenciales que tienen descripción y coordenadas UTM DATUM: 18S (latitud-longitud). Su análisis fisicoquímico, microbiológico- parasitológico y sensitivo de antes y después del filtrado será aplicado por laboratorio PACIFICO CONTROL S.A.C autorizado por INACAL, del distrito de Villa el Salvador, departamento de Lima.

En el presente trabajo se fueron aplicando tanto los conocimientos de la etapa universitaria como la experiencia adquirida en la práctica laboral como supervisor ambiental, logrando consolidar el aprendizaje y el crecimiento académico del bachiller en calidad de agua.

Palabras Clave: Calidad de agua, parámetros fisicoquímicos, parámetros microbiológicos, osmosis inversa.

ABSTRACT

The purpose of this work is to improve the quality of groundwater for human consumption using the reverse osmosis technique at the Pachacamac S.A.C. Service Station in the district of Lurín. The methodology is experimental and comparative, using reverse osmosis equipment. The groundwater samples come from 3 reference points that have a description and UTM DATUM: 18S coordinates (latitude-longitude). Their physicochemical and microbiological-parasitological and sensitive analysis before and after filtration will be carried out by PACIFICO CONTROL S.A.C. laboratory authorized by INACAL, in the district of Villa el Salvador, department of Lima.

In the present work, both the knowledge of the university stage and the experience acquired in the labor practice as environmental supervisor were applied, consolidating the learning and academic growth of the bachelor in water quality.

Key words: Water quality, physicochemical parameters, microbiological parameters, reverse osmosis.

INTRODUCCIÓN

El agua es esencial y vital para la supervivencia de los seres humanos, el desarrollo sostenible y socioeconómico, la elaboración de alimentos, el intercambio flujos de energía y conservación de los ecosistemas. El consumo de agua dulce se ha multiplicado por seis en el último siglo y sigue incrementando a un ritmo anual de casi un 1% desde la década del 80. En tanto en los ríos grandes de América Latina, Asia y de África la calidad de este elemento se ha degradado producto de la contaminación ambiental (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2020).

A nivel mundial el 80% de todas las aguas residuales industriales y municipales se desaguan al ambiente sin algún tipo de tratamiento anticipado, con consecuencias contraproducentes para la salud humana y los ecosistemas (Koncagül et al., 2021). El Perú ya tiene secuelas del cambio climático, una de las principales consecuencias es la escasez del agua. Esto se empeora con el inconveniente de la calidad del agua que enfrenta nuestro país. La Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2017) identificó 41 unidades hidrográficas, cuyos parámetros de calidad exceden los estándares de calidad ambiental (ECA-Agua), los orígenes del derrame de las aguas residuales son municipales, industriales y domésticas. Es fundamental el control de la calidad del agua residual tratada, sujeto a reúso y no excedan los (ECA-agua), finalmente haya un mandato previo monitoreo los usos finales del agua, sea para riego agrícola o recirculación en un proceso industrial. Las aguas residuales tratadas y recirculadas pueden pasar inadvertidas de control. Esta blandura puede trasladarse en términos de carga química hacia otro cuerpo receptor, como el suelo o las aguas subterráneas, pueden almacenar determinados agentes químicos y representar un problema ambiental serio a largo plazo.

La osmosis inversa es el proceso de traspasar soluciones líquidas a través de una membrana semipermeable desde una disolución concentrada a una diluida. Es el método más empleado actualmente para el tratamiento fisicoquímico que se le da al agua a nivel industrial (Moreno, 2018).

Toda la zona no tiene el servicio de agua potable, utiliza agua subterránea para todas sus actividades socioeconómicas que emprende y se ubica en el distrito de Lurín.

La Estación de Servicios Pachacamac S.A.C carece de agua potable para el consumo de primera necesidad y las actividades socioeconómicas. Por esa razón es necesario realizar la presente investigación para conocer los 42 parámetros Físico Químico, Inorgánicos, Microbiológico y Parasitológico y Sensorial del agua subterránea están dentro de los estándares establecidos en el D. S. N°004-2017-MINAM. y el D. S. N.º 031-2010-S. A - (DIGESA) y son aptos para consumo humano directo. Asimismo, con la técnica de osmosis inversa nos permitirá disminuir los parámetros y mejorar la calidad del agua para el consumo humano. De esa manera, mi aporte como futuro ingeniero ambiental es manejar una técnica de tratamiento rápido y sin usar sustancias químicas, para apoyar a las poblaciones aledañas a la Estación de Servicios Pachacamac S.A.C del distrito de Lurín.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Contexto

La zona carece del servicio de agua potable para consumo humano, utiliza agua subterránea para las actividades socioeconómicas propias de la Estación de Servicios Pachacamac S.A.C.

1.2. Delimitación Temporal y Espacial del Trabajo

1.2.1. Delimitación Temporal

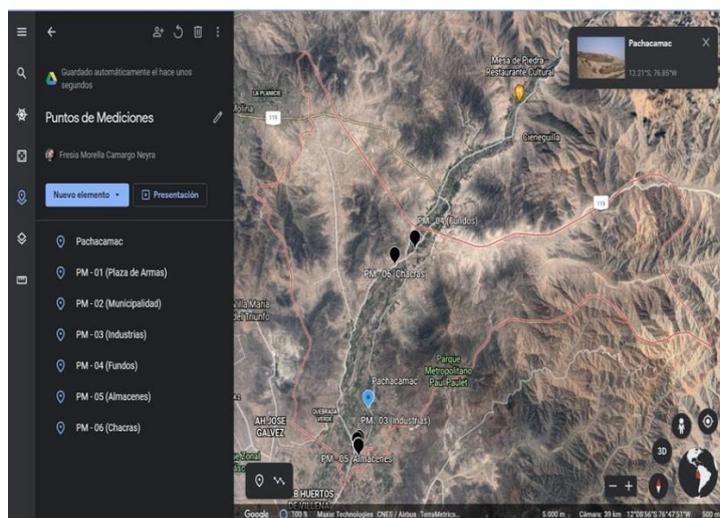
El proyecto emplea la técnica de osmosis inversa para mejorar calidad de agua subterránea para consumo humano en la Estación Servicios Pachacamac S.A.C. con una duración entre los meses de agosto a noviembre del 2021.

1.2.2. Delimitación Espacial

El Empleo de la técnica de osmosis inversa se realiza para mejorar la calidad de agua subterránea para consumo humano en la Estación Servicios Pachacamac S.A.C., del distrito de Lurín, provincia y departamento de Lima metropolitana (ver anexo A).

Figura 1

Ubicación Espacial de la Estación de Servicios Pachacamac S.A.C.



Nota. Se evidencias los tres puntos de muestreo PM01, PM02, PM03.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

OG1. Comparar los parámetros de calidad de agua subterránea antes y después de aplicar la técnica de osmosis inversa según el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. En la estación de servicios Pachacamac S.A.C.

1.3.2. Objetivos Específicos

OE1. Comparar los parámetros físico químicos de calidad de agua subterránea antes y después de usar la técnica de osmosis inversa según el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. En la estación de servicios Pachacamac S.A.C.

OE2. Comparar los parámetros inorgánicos de calidad de agua subterránea antes y después de usar la técnica de osmosis inversa según el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. En la estación de servicios Pachacamac S.A.C.

OE3. Comparar los parámetros microbiológicos y parasitológico de calidad de agua subterránea antes y después de usar la técnica de osmosis inversa según el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. En la estación de servicios Pachacamac S.A.C.

OE3. Comparar los parámetros sensoriales de calidad de agua subterránea antes y después de aplicar la técnica de osmosis inversa según el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. En la estación de servicios Pachacamac S.A.C.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Molina (2018) en su investigación titulada “*El uso del agua subterránea en el distrito de Uraca Corire - Provincia de Castilla- Departamento de Arequipa*”; su objetivo principal fue reconocer los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua subterránea para el consumo humano en distrito de Uraca - Corire. Planifico 3 puntos de muestreo (M1, M2 y M3) en periodos estacionales como: verano, otoño, invierno y primavera del 2016. En efecto los parámetros físicos se proyectan que es posible en las 4 estaciones y los 3 puntos de estudio. Establece que el agua subterránea, excede los parámetros fisicoquímicos de acuerdo con el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N. °031-2010-SA, asimismo los parámetros microbiológicos indican 23,00 NMP/100mL de Coliformes Totales y Coliformes Fecales que supera el valor establecido por el DS N° 031-2010-SA. De ≤ 1.8 NMP /100mL. Se efectuó 3 métodos de tratamiento para disminuir la concentración de sulfatos: 1. Tratamiento con tierra de diatomeas, 2. tratamiento con carbonato de sodio -oxido de calcio y 3. Tratamiento con intercambiadores de iones mixtos. Con el tratamiento de tierra diatomeas logro una remoción de 20,53% SO₄ 2- También afirma que con el tratamiento con precipitantes carbonatos de sodio y oxido de calcio obtiene una remoción de 5,11%. A su vez indica el mejor resultado que logro fue con el tratamiento de intercambiadores de iones mixto. Finalmente analizó la demanda de cloro con un rango de 1,5 mg/L a 2,0 mg/L, siendo esta dosis, la cantidad óptima de Cloro para asegurar la concentración de Cloro Libre.

Cisneros (2019) en su tesis titulada “*Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en Comas (Lima), Quispicanchis (Cusco) y Coronel Portillo (Ucayali) durante el 2017*”, su objetivo principal fue comparar la calidad del agua para consumo humano en Comas, Quispicanchis y Coronel Portillo con el Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA). Realizo 48 muestras en Comas, 26 muestras en Quispicanchis y 26 muestras

en Coronel Portillo. El análisis para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos realizó según el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. La identificación de parásitos se efectuó mediante la técnica de sedimentación con centrifuga. La identificación de *Pseudomonas aeruginosa* se llevó a cabo mediante el método no normalizado. Deduce que el agua de consumo humano es apta en Comas para todos los parámetros, mientras en Quispicanchis y en Coronel Portillo no es apta el parámetro microbiológico. En consecuencia, la población muestra se abastece agua para consumo humano de 2 maneras, mediante redes de distribución de agua, en Comas, mientras en Quispicanchis y Coronel Portillo que se abastecen de la fuente directa de agua subterránea o superficial.

Ortiz (2016) su objeto de estudio fue evaluar la calidad de agua subterránea de los pozos Viñani del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa. En una muestra de agua analizó los parámetros fisicoquímicos (boro, dureza total, sulfatos, pH, conductividad, turbidez, aluminio y cloruros) y bacteriológicos (*Escherichia coli*, Coliformes totales, Bacterias Heterotróficas.). Compara con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua Categoría I: Poblacional y Recreacional (ECA-DS N. ° 002-2008-MINAM) y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N. ° 031-2012-SA.). La prueba realiza en cuatro puntos del sector Viñani y designa (PV-1, PV-2, PV-3 y PV-4 y todas pertenecen a EPS TACNA.). Deduce del 2010 al 2014 los parámetros fisicoquímicos revelan que un 20 % del total de muestras son aptos, mientras un 70 % son no aptos y en un 10 % no obtuvo resultados. A su vez los parámetros microbiológicos del 2014 afirman que el 79.17 % del total de muestras son aptos y un 20.83 % no son aptas.

Fajardo (2018) en su investigación titulada "*Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú*", su finalidad fue establecer la calidad de aguas superficiales y de aguas subterráneas en los parámetros fisicoquímica y microbiológica del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, las muestras se realizaron en 17 estaciones ubicados en el ACR (Área de Conservación Regional) Humedales de Ventanilla. El recojo de muestras fue entre febrero y agosto del 2015. En 15 estaciones son muestras de agua superficial y en 2 momentos de toma de muestras de agua subterránea (piezómetro-fondo) Se

examinan 3 parámetros microbiológicos y 44 datos fisicoquímicos. Las aguas superficiales de la zona de estudio muestran una valoración alta en coliformes totales y coliformes fecales (13000 NMP/100ml y 7900 NMP/100 ml). Hay presencia de *Escherichia coli*, en mayor cantidad en la estación M-12 llamado Espejo de Agua, es el cuerpo de agua más grande del ACR y donde anidan el mayor número de aves. Los parámetros fisicoquímicos del agua en todas las estaciones superaron los límites permisibles establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) 2017- MINAM. (D.S. N. °004-2017- MINAM).

Chávez (2019) en su tesis titulada *“Evaluación de la calidad físico, químico y microbiológico del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco, provincia y departamento de Pasco”*. Su propósito fue evaluar la calidad física, química y microbiológica del recurso hídrico subterráneo y es fuente directa para consumo humano del distrito de Vicco. Su diseño de la investigación fue experimental de tipo transeccional, considera estudiar el área con seis (6) muestras de manera convencional. Sus resultados de ensayo se analizaron con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, publicado mediante D.S. N. ° 031-2010-SA. Además, se empleó como referencia la Subcategoría A-A1 de la Categoría 1: Poblacional y recreacional de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobado mediante D.S. N. ° 004-2017- MINAM. Los resultados en parámetros físicos y químicos indican que son aptas para el consumo humano, A su vez indica que el total de muestras se encuentran debajo de los LMP establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano. Por otra parte, los resultados en el ensayo de parámetros microbiológicos: coliformes totales, sobrepasan los LMP en el total de muestras, Finalmente deduce que no se encuentran aptas para consumo humano y los rangos para coliformes fecales sobrepasan los LMP.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Melgar et al. (2021) en su investigación titulada *“Diagnóstico de acueductos rurales abastecidos de fuentes subterráneas: caso de estudio El Calabacito, Provincia de Herrera, Panamá”* donde manifiesta que hay predominio de dirección

técnica y social en la calidad del agua de cuatro canales rurales en El Calabacito; sistemas que se aprovisionan de pozos de agua subterránea que no reciben tratamiento pertinente. Descubre que el parámetro fisicoquímico es aceptable para el consumo; no obstante, era inevitable emplear tratamiento para disminuir las concentraciones de coliformes totales que señala su evaluación.

Gonzales y Castillo (2020) en su estudio titulado *“Calidad del agua de pozo de una comunidad Tének en la Huasteca Potosina, México”*, la meta fue evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua, además determinar y medir la presencia de metales totales. Se efectuaron muestreos por triplicado durante las épocas de estiaje, lluvias y post-lluvias. La evaluación de coliformes totales y coliformes fecales se realizó con base en la metodología establecida en la NOM-112-SSA1-1994 y los parámetros de pH y sólidos totales disueltos (STD) se resolvió con el equipo multiparamétrico HACH, modelo SENSION156. El cálculo de metales totales se realizó por el método EPA 2007. Los efectos mostraron acumulación alta de coliformes totales y fecales en ambos pozos. También se encontraron acumulación traza de níquel, cobre, zinc, arsénico, talio, plomo, estaño, mercurio, y cadmio, cada uno de ellos pueden ocasionar daños a la salud humana.

Martínez y Ortiz (2020) en su tesis titulada *“Aprovechamiento alternativo de agua subterránea para abastecimiento humano, en una institución educativa rural del municipio de Espinal (Tolima)”*, cuyo propósito fue analizar el aprovechamiento alternativo de agua subterránea para abastecimiento humano, busca realizar una investigación del aprovechamiento de aguas subterráneas como alternativa de abastecimiento humano, desarrollando un dispositivo de filtración, adsorción e intercambio iónico con capacidad de purificar dicho recurso hídrico, de esta manera abastecer una población en el municipio del Espinal-Tolima.

Chica y Chimborazo (2020) en su tesis titulada *“Control de Calidad Física Química y Microbiológica del agua potable de la Comunidad Rural Sisid Anejo, Parroquia Ingapirca, Provincia del Cañar”*, *Microbiológica del agua potable de la Comunidad Rural Sisid Anejo, Parroquia Ingapirca, Provincia del Cañar”*, el objetivo principal fue analizar la calidad del agua potable que se reparte en la comunidad

rural Sisid Anejo, Parroquia Ingapirca, perteneciente al Cantón y Provincia de Cañar, después de la medición de parámetros físicos, químicos y microbiológicos; los resultados obtenidos se cotejaron con los requisitos establecidos por el Instituto Ecuatoriano de Normalización “INEN” 1108-2020 y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano de Perú. Los análisis físicos, químicos y microbiológicos se realizaron durante 12 semanas, diciembre de 2019, a enero y febrero de 2020. En cuanto a los parámetros microbiológicos se registró un aumento de 4 NMP/100 mL de Coliformes totales en 2 muestras de la zona baja y para Coliformes fecales en todas las zonas de indagación.

Suárez (2020) en su estudio titulado “*Calidad del agua de consumo humano influenciada por aguas servidas*”, su finalidad fue resolver la calidad del agua de consumo humano, con la operación de una planta de tratamiento de aguas servidas en la provincia de San Marcos, Cajamarca. El estudio descriptivo comparativo, de tipo transversal se efectuó 6 muestreos para cada tres zonas, de junio a noviembre del 2018, para los análisis de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se cotejó con la norma de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). Los parámetros fisicoquímicos anotados en tres zonas de monitoreo están por debajo de LMP establecidos por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS. N.º. 031-2010- SA. Sin embargo, el promedio máximo de cloruros se registró en la captación El Tambo (6.32 mg/L); En consecuencia, los cloruros reportados en el agua de la captación El Tambo duplicaron y triplicaron en relación a la concentración de cloruros en el agua de la captación El Tinguillo. En efecto se concluye que el agua de consumo humano no excedió los LMP de calidad en los parámetros fisicoquímicos; entretanto que, el parámetro bacteriológico si, por ello, el agua de esta zona no fue apta para el consumo humano.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Calidad de Agua

Perú vigésimo país más extenso del mundo, el Perú tiene 0.4% de la población mundial. Asimismo, tiene 5% de las aguas superficiales del planeta, tiene la oferta hídrica y la distribución poblacional en desequilibrio según la FAO

el Perú ocupa el puesto 17 a nivel mundial, en relación con la cantidad de agua disponible por persona. (Pastén et al., 2019, p. 533)

En efecto, la situación local es muy distinta para 62% de la población del país concentrada en la vertiente del Pacífico y accediendo solamente a 1.8% del agua disponible a nivel nacional; para 34% que vive en la vertiente del Atlántico y accede a 97.7% del agua; y para 4% que vive en la vertiente del Titicaca y accede a 0.5% del agua disponible a nivel nacional. La mayor demanda de agua la tiene el sector agrícola con 86%, le sigue el uso poblacional con 7%, luego el uso industrial con 6% y el uso minero con 1% (Autoridad Nacional Agua [ANA], 2017). La contaminación de las aguas en el Perú es tan antigua como la existencia de ciudades, debido a que los ríos y los mares han servido y siguen sirviendo como puntos de deposición final de las aguas negras (Benjumea et al., 2019). Precisaba el impacto del proceso de desarrollo, en especial la acción de la minería, industria pesquera y agricultura, así como el rol de los complejos industriales y grandes ciudades. Se reconocía la poca relevancia del problema en un país donde la disponibilidad del recurso per cápita/año era muy alta (120,032 m³/hab./año). No obstante, se puede observar cómo en las tres décadas siguientes, con el crecimiento poblacional y la ausencia de gestión del recurso, se ha reducido drásticamente la disponibilidad de agua y se ha afectado la calidad del recurso.

Tabla 1

Distribución de los recursos hídricos en el territorio peruano, 1985-2013

Vertiente	Población (habitantes)		Volumen escurrido (Millones de m ³)		Relación disponibilidad vs población (m ³ /hab./año)	
	1985	2013	1985	2013	1985	2013
Pacífico	10'274,838	18'801,417	34,624.64	34,136.00	3,370	1,816
Atlántico	5'931,366	10'018,789	1'998,751.68	1'895,226.00	336,980	189,167
Titicaca	818,820	1'246,975	10,171.94	6,259.00	12,423	5,019
Total	17'025,024	30'067,181	2'043,548.26	1'935,621.00	120,032	64,376

Nota. Datos tomados de Benjumea et al., 2019.

Asimismo, Pastén et al. (2019) sostiene en monitoreo y base de datos: Los datos referentes a la calidad del agua provienen de los monitoreos realizados por la ANA en las fuentes de agua superficiales de las cuencas y sub- cuencas, así

como de la zona costera (2009 – 2017). Otros datos provienen de estudios individuales en el mar, realizado por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE del Ministerio de Producción). Otras fuentes son de instituciones estatales, como la SUNASS (calidad de agua potable), el OEFA (calidad de agua de aguas superficiales, subterráneas y vertimientos) y parámetros de vigilancia de la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA (2005-2009). Las supervisiones de la DIGESA incorporan una lista de parámetros como parte de su programa de control. Finalmente, los resultados indican altas concentraciones de los parámetros en agua, en el momento de muestreo. (p. 537)

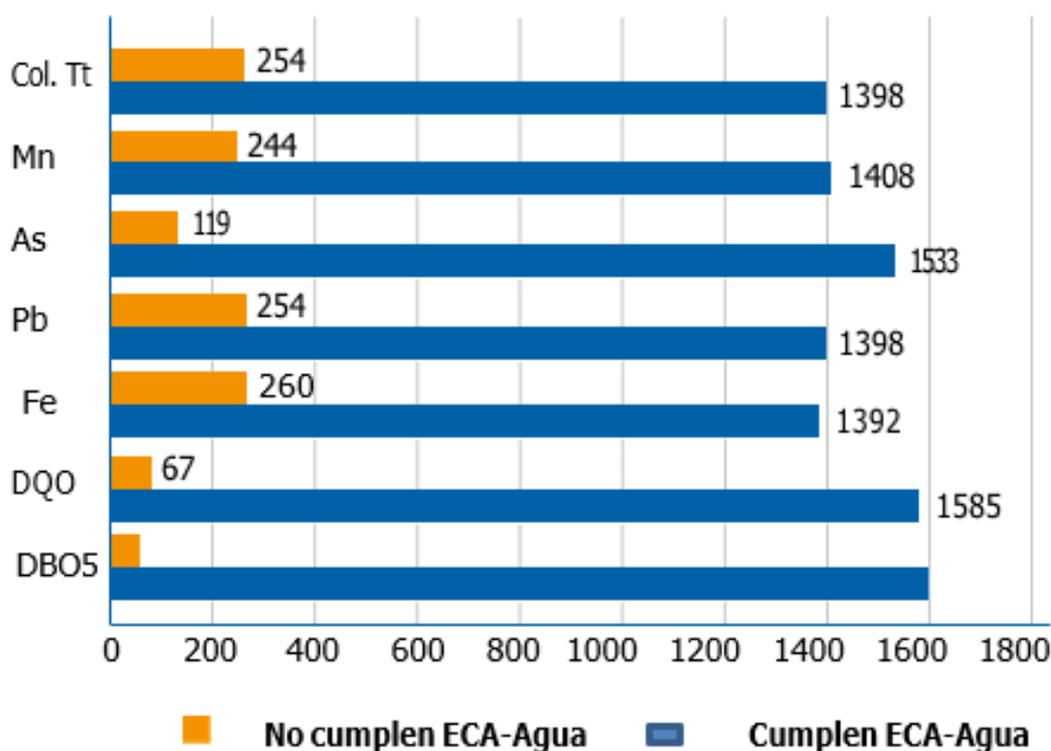
Los parámetros que se reportan para caracterizar el agua de los cuerpos superficiales, se muestran a continuación:

- Caudal (l/s)
- Coliformes termotolerantes
- Conductividad
- Oxígeno disuelto
- pH
- Temperatura
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Fósforo total
- Fosfatos
- Nitrógeno amoniacal
- Nitratos
- Nitrógeno total
- Sólidos totales suspendidos
- Aceites y grasas
- Metales (lista de 26 elementos, ICP)
- Hidrocarburos totales de petróleo (C9-C40)
- Fenoles
- Sales (cloruros, sulfatos, etc.).

Un informe sobre la calidad de agua de la ANA, basado en los monitoreos realizados en 41 cuencas hasta el año 2015, muestran los parámetros que más sobrepasaron los valores de los ECA-Agua, fueron coliformes termotolerantes, DBO5, DQO, fósforo total, nitrógeno amoniacal, aluminio, hierro, manganeso, arsénico y plomo; dichos resultados se encontraron de manera focalizada en los cuerpos de agua, mas no en la totalidad de la cuenca (Figura 2). Actualmente, los análisis de agua de las instituciones mencionadas se realizan en laboratorios acreditados por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL). En estos momentos, el Perú cuenta con una gran cantidad de datos provenientes de las instituciones del Estado.

Figura 2

Estado de Monitoreo Nacional Respecto del Cumplimiento con los ECA para Agua



Nota. Adaptado de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2017.

Por otra parte, Pastén et al. (2019) afirma con respecto de los agroquímicos lo siguiente:

En el caso de los plaguicidas, en el país no existen estudios ni estimaciones de la cantidad de plaguicidas que se vierten al ambiente, tampoco estudios para conocer los compuestos y las cantidades que podrían estar llegando a las aguas subterráneas y superficiales, y mucho menos investigaciones sobre sus efectos en los ecosistemas y en la salud pública. La única aproximación que se puede lograr, como sucede en el caso de los fertilizantes, es a través de los datos sobre la cantidad importada de plaguicidas, pero que también se ve distorsionada por la comercialización ilegal, contrabando (frontera del norte), venta ambulatoria en diversas regiones del país, falsificaciones y adulteraciones (costa norte, sierra central y sur). (p. 539)

Para 2012, la oferta nacional de plaguicidas se incrementó, alcanzando un valor de 16,474 toneladas (INEI, 2013). También, se reportó la existencia de empresas que importaban o formulaban plaguicidas, pero ninguna de ellas reconoció haber adquirido, importado o comercializado plaguicidas COP en los últimos años (Conam, Digesa y Senasa, 2006). Sobre este punto, no se cuenta con información actualizada, pero es probable que además del aumento y uso formal de plaguicidas registrados, haya un uso y comercialización clandestinos.

Con respecto a los minerales pesados Pastén et al. (2019) afirma lo siguiente:

Los resultados obtenidos de la calidad de los recursos hídricos en el período 2000-2012 determinan que los parámetros coliformes termotolerantes, arsénico, plomo y cadmio, muestran niveles de afectación a la calidad de los recursos hídricos con fines de riego (en las tres vertientes) y para fines poblacionales (vertientes del Amazonas y Pacífico). Asimismo, los parámetros coliformes termotolerantes, DBO5 y plomo (vertiente del Amazonas); DBO5, cadmio, arsénico y plomo (vertiente del Pacífico); y pH, arsénico, cadmio, plomo y mercurio (vertiente del Titicaca), muestran niveles de afectación a la calidad de los recursos hídricos con fines de conservación del medio acuático. Los parámetros en mención se encuentran asociados a las descargas de aguas residuales poblacionales, pasivos ambientales mineros, minería informal y otros vinculados a las características naturales de las cuencas hidrográficas. El plomo, cadmio, arsénico y mercurio son

los principales elementos que generan preocupación para la salud pública. Así se tiene al plomo en concentraciones elevadas en Cerro de Pasco y la Oroya, al arsénico en las aguas subterráneas en Tacna, al mercurio en Madre de Dios debido a la minería informal e ilegal, y al cadmio con una diseminación más amplia debido al uso de fertilizantes contaminados y a la eliminación de pilas y baterías en el medio ambiente. (p. 540)

Por otra parte, Sánchez et al. (2013) revisaron cinco estudios – entre los años 2005 y 2013– donde se analizaron trece elementos en muestras de orina de comunidades peruanas consideradas expuestas y no expuestas. Los elementos como el arsénico, cesio, cobalto, molibdeno y plomo estaban presentes en casi todas las muestras de los participantes evaluados, confirmando la exposición. El porcentaje de personas con exposición confirmada a otros elementos tuvo variaciones entre localidades. Esta situación debe ser analizada con mayor detalle, y obliga a realizar acciones de prevención inmediata para evitar la exposición de las poblaciones e impedir de esta manera las intoxicaciones. Todo esto no se podrá lograr sin la participación del Gobierno central, de instituciones públicas y privadas, y de la población en general.

La calidad del agua, la salud y la bonanza económica se refuerzan mutuamente y son primordiales para lograr el desarrollo sostenible y confort humano. La enfermedad y la pobreza es una dualidad repetitiva y con un enorme poder destructor de la sociedad, pero además resulta de complicado el abordaje. Naturalmente sólo prima la vehemencia económica y muchas veces las acciones e intervenciones políticas resultaron inadmisibles o inexistentes para volver, repetir, a las mismas condiciones iniciales. Solo las medidas políticas sostenibles permitirán el progreso y la mejora continua, es urgente que el país asuma el cargo absoluto de la salud de las personas con intoxicación de metales pesados. La extracción de minerales en el Perú, que generan muchas divisas y es el motor de la economía, asimismo como país minero privilegiado, debe implementar la dimensión sanitaria y para ello aprobar medidas urgentes del gobierno central para dedicar atención especial a la protección de las fuentes de agua para las actividades agropecuarias, acuícolas, recreacionales y de abastecimiento para consumo humano. Es urgente conocer el nivel superior de exposición nacional de

metales pesados y contaminantes semejantes, para precisar estrategias en todos los campos sociales, tecnológicos, económicos, y ambientales (Chávez, 2019).

La finalidad de la presente verificación es motivar a las Autoridades Sanitarias a ampliar un balance más exhaustivo de las políticas de desarrollo en el sector para lograr beneficios sostenibles en el campo económico y sanitario. Las situaciones actuales no son conciliables con un nivel de intoxicación crónica masiva inmanejable si no se emprende actuar; primero, delimitar el nivel de exposición de la población a riesgos como los metales en sangre por grupo etarios, y luego implementar usar las tecnologías para el sector y lograr la calidad ambiental, propios de un país con valor ecológico, equidad social y crecimiento económico (Chávez, 2019).

2.2.2. Parámetros de la Calidad de Agua

Para determinar la calidad de agua subterránea para consumo humano en la Estación de Servicios Pachacamac S.A.C – del distrito de Lurín, y 2 puntos referenciales antes y después del uso de osmosis inversa se evaluó en campo y laboratorio parámetros fisicoquímicos, inorgánicos, microbiológicos y parasitológicos , sensitivos. Como es una fuente de agua no potable, se analiza con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental D.S. N. ° 004-2017-MINAM las muestras son analizadas con la categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas producción de agua potable, como se muestra en las tablas 2 y 3, y la norma de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), 2010, DS N. ° 031-2010-SA como se muestra en las tablas 4, 5 y 6.

Tabla 2

Estándares de calidad ambiental (ECA) para parámetros fisicoquímicos e inorgánicos del agua

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Físicos- químicos				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero	15	100 (a)	**
	Escala Pt/Co			
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
Inorgánicos				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Nota. Tomado del D. S. N 004 – 2017 – Miman, 2017.

Tabla 3

Estándares de calidad ambiental (ECA) para orgánicos, compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos aromáticos y otros del agua.

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
Orgánicos				
Hidrocarburos Totales dePetróleo (C ₈ - C ₄₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
i. Compuestos orgánicos volátiles				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrín + Dieldrín	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Dífenil Tricloroetano(DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + HeptacloroEpóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. Cianotoxinas				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. Bifenilos policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
Microbiológicos y parasitológicos				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	Nº Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	NºOrganismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

Nota. Tomado del D. S. N 004 – 2017 – Miman, 2017.

Tabla 4*Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica*

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Olor	---	Aceptable
Sabor	---	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Conductividad (25°C)	mho/cm	1 500
Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
Sulfatos	mg SO ₄ = L ⁻¹	250
Dureza total	mg CaCO ₃	500
Amoniaco	mg N L ⁻¹	1,5
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
Sodio	mg Na L ⁻¹	200

Nota. Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica
 Nota. Dirección General de Salud Ambiental (Digesa), 2010, DS N. ° 031-2010-SA
 (DIGESA), 2010.

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Tabla 5*Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos*

N.º	Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1.	Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2.	Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3.	Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4.	Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5.	Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6.	Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7.	Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8.	Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9.	Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10.	Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11.	Flúor	mg F ⁻ L ⁻¹	1,000
12.	Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13.	Níquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14.	Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15.	Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 exposición corta 0,20 exposición larga
16.	Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17.	Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18.	Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19.	Uranio	mg U L ⁻¹	0,015

Nota. Dirección General de Salud Ambiental (Digesa), 2010, DS N.º 031-2010-SA (DIGESA), 2010.

Tabla 6*Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos*

N.º	Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1	Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100mL a 35°C	0 (*)
2	E. Coli	UFC/100mL a 44,5°C	0 (*)
3	Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100mL a 44,5°C	0 (*)
4	Bacterias Heterotróficas	UFC/100mL a 35°C	500
5	Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº.org/L	0
6	Virus	UFC/mL	0
7	Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº.org/L	0

Nota. Dirección General de Salud Ambiental (Digesa), 2010, DS N.º 031-2010-SA (DIGESA), 2010.

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

2.2.3. Aguas Subterránea

Según Subba-Rao y Chaudhary (2019) el agua es un derecho humano fundamental y representa el componente esencial para el desarrollo integral y sostenible de la sociedad y su gestión eficaz está reconocida en los objetivos de desarrollo sostenible. El agua subterránea representa el 98% del agua dulce no congelada disponible como fuente de abastecimiento para múltiples usos dependiendo de sus características fisicoquímicas y biológicas. Este recurso es cuantitativamente mayor que el agua superficial, participa de numerosos procesos naturales y brinda innumerables servicios ecosistémicos.

En referencia al agua subterránea, las investigaciones se han abocado en evaluar la calidad a través del estudio de parámetros fisicoquímicos y biológicos, asimismo evaluar las variaciones hidrológicas en términos espaciales y temporales que repercuten en la gestión integral del recurso hídrico.

2.2.4. Características del Agua Subterránea

Las características hidrogeológicas del agua subterránea según Kumar et al. (2015) son las siguientes: presenta menor susceptibilidad a la contaminación del parámetro y como consecuencia hay alteraciones ambientales, se observa un merecido aumento de la demanda del recurso y la subida en el grado de contaminación lo cual se ha convertido en materia de interés mundial.

Por otra parte, Kalhor et al. (2019) Opina que una vez que un acuífero se ha contaminado, su “limpieza” se vuelve irrealizable y los procesos de remediación tienen altos costos económicos y sociales. Hay estudios de evaluación de la calidad por parámetros fisicoquímicos y biológicos, asimismo se evaluar las variaciones hidrológicas en términos espaciales y temporales que repercuten en la gestión integral del recurso hídrico. Este artículo tiene orientaciones de una investigación con aspectos técnicos en gestión del recurso hídrico durante el periodo 2010-2020. Para el resultado, se emplearon herramientas bibliométricas que son fundamentales para la obtención del dato, su análisis y toma de decisiones. A partir

del análisis del dato, se amplía una reflexión crítica sobre las preferencias de una investigación aplicables al contexto de países en desarrollo que permita reconocer brechas o vacíos de estudio en este tema.

2.2.5. Principales Constituyentes Químicos del Agua

Es menester humano el conocer su entorno y la importancia de la calidad del recurso hídrico para consumo humano, se ha impulsado avances significativos en el estudio de la hidro geoquímica, posibilita la identificación y clasificación de los componentes naturales del recurso. Tanto componentes mayoritarios como cationes (Ca^{++} , Mg^{++} y Na^{+}) y aniones (Cl^{-} , $\text{SO}_4^{=}$), algunos menores (Ni^{++} , Pb^{++} , Cu^{++} , Co^{++} , Ti^{+4} , Al^{+++}) y traza (Mn^{++} , Fe^{++} , Br^{-}), son de utilidad para definir la calidad del agua (Sánchez, Álvarez et al., 2015).

2.2.6. Fuentes Mejoradas y no Mejoradas

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2011) para medir el avance en las coberturas de acceso con agua potable en cada país, los mencionados organismos internacionales crearon el “Programa Conjunto de Monitoreo” (PCM). La meta del ODM 7 impulsa a los países a “Reducir para el 2015, la cantidad de personas, que carecen de acceso sostenible a agua potable y saneamiento”. Los indicadores oficiales de los ODM, utilizados para medir y reportar los progresos hacia esta meta, fueron los siguientes:

- La proporción de población que usaba una fuente mejorada de agua potable, urbana, rural y total.
- La proporción de población que usaba una instalación de saneamiento mejorada, urbana, rural y total.

Para efectos del presente estudio se aborda el acceso o cobertura con “fuentes mejoradas de agua potable”, la cual fue definida como “agregar a su naturaleza de construcción la participación activa de protección a la contaminación externa, en especial de la contaminación con materia fecal”. Para realizar la comparación internacional de datos, con el PCM utiliza la siguiente clasificación

para diferenciar entre “Fuentes no mejoradas” y “Fuentes mejoradas”. Mora y Portuguez (2020b).

Tabla 7

Diferencias entre los conceptos fuentes mejoradas y fuentes no mejoradas

Fuentes mejoradas	Fuentes no mejoradas
Tubería con conexión que llega a la vivienda, parcela, jardín o patio.	Pozo excavado no protegido
Tubería con conexión que llega a la propiedad vecina	Manantial no protegido
Grifos públicos	Carro con pequeño tanque / tonel
Pozo entubado / de perforaciones	Camiones cisterna
Pozo excavado protegido	Agua superficial (río, presa, lago, laguna, arroyo, canal, canal de irrigación)
Manantial protegido	Agua embotellada
Agua de lluvia	

Nota. Tomado de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (Unicef), 2020.

2.2.7. Contaminación de Aguas Subterráneas

Para Podgorski y Berg (2020) en su trabajo publicado por la revista Science, se ha descubierto que hay un riesgo para 220 millones de personas en todo el mundo al beber agua de pozo, se sospecha las altas concentraciones de arsénico (As) presente en ella. En trabajo de identifican nuevas áreas con ocurrencia de arsénico en las aguas subterráneas, y aunque la mayor repercusión de este fenómeno tiene lugar en Asia, la contaminación geogénica —de origen natural— en acuíferos se puede considerar una amenaza global.

Para Hernández y Custodio (2004) Transmite presencia de As en concentraciones superiores a los límites establecidos (10 µgr/L) en algunos acuíferos sedimentos detríticos de cuencas terciarias, como la Cuenca del Duero y la Cuenca del Tajo. El arsénico se halla en las aguas naturales como especie inorgánica disuelta, generalmente en dos estados de oxidación, arsénico pentavalente As (V) y arsénico trivalente As (III), siendo As (III) el estado más lábil y biotóxico. Precisamente, las formas químicas del arsénico en el agua, su movilidad y toxicidad están controladas fundamentalmente por las condiciones redox y el pH. Independientemente de otros factores como, por ejemplo, contenido

en materia orgánica las especies químicas de As (V) son las que predominan en las aguas superficiales, más oxigenadas que las aguas subterráneas. No ocurre así en las aguas subterráneas, pudiéndose encontrar el arsénico en especies con ambos estados de oxidación.

Las formas orgánicas de arsénico aparecen en concentraciones menores y en ambientes más restringidos que las especies inorgánicas, aunque pueden incrementar su proporción como resultado de reacciones de metilación catalizadas por actividad microbiana. Las formas orgánicas dominantes son el ácido dimetilarsínico (DMAA, $(\text{CH}_3)_2\text{AsO}(\text{OH})$) y el ácido monometilarsónico (MMAA, $\text{CH}_3\text{AsO}(\text{OH})_2$), donde el arsénico está presente en ambos casos como As (V). Lillo (2020).

En las aguas subterráneas se ha reportado un rango muy amplio de concentraciones de arsénico, entre $<0,5$ y $5.000 \mu\text{gr/L}$. Sin embargo, la mayor parte de los acuíferos con contenidos altos tienen un origen ligado a procesos geoquímicos naturales. A diferencia de la contaminación antropogénica, la cual genera una afección de carácter más local, la contaminación geogénica —es decir, de origen natural— afecta a grandes áreas. Aunque, como ya se ha indicado, son numerosos los casos de contaminación geogénica de arsénico en las aguas subterráneas en el mundo, no existe un modelo geológico-hidrogeológico común, pudiendo estar relacionadas con ambientes geológicos muy diferentes. Lillo (2020).

No siempre altas concentraciones de arsénico en las aguas subterráneas están asociadas a la presencia de niveles sedimentarios, capas o depósitos minerales ricos en arsénico en el acuífero. Así, el origen de la contaminación geogénica de arsénico en las aguas subterráneas también puede estar relacionado con la entrada de aguas ricas en arsénico en un acuífero en el que previamente las concentraciones en el agua eran bajas. En el caso de la existencia de niveles o depósitos ricos en arsénico, la presencia y abundancia de este metaloide en las aguas naturales está controlada en gran medida por la interacción agua-fase sólida. En concreto, por los procesos de (a) reacciones de adsorción-desorción y (b) reacciones de precipitación-disolución mineral. Lillo (2020).

La retención de arsénico en la superficie de un óxido de hierro es un ejemplo de adsorción. El fenómeno inverso, en el que el arsénico se libera de esa superficie, sería un ejemplo de reacción de desorción. La precipitación consiste en la formación de un mineral a partir de componentes presentes en el agua, en el que el arsénico puede ser “coprecipitado” en él, formando parte del mismo. Por el contrario, la disolución de minerales como sulfuros, o de carbonatos como la calcita, son algunos ejemplos de procesos de alteración mineral por hidrólisis y reacción ácida en los que el agua es uno de los principales agentes, y en los que se van a liberar los componentes de la fase sólida, entre los que puede encontrarse el arsénico. Lillo (2020).

2.2.8. Tratamiento de Agua por Filtración

Es un proceso que consiste en la separación de partículas y pequeñas cantidades de microorganismos (bacterias, virus) a través de un medio poroso. Es la fase responsable de que se cumplan los estándares de calidad para el agua potable. Desde el punto bacteriológico, los filtros tienen una eficiencia de remoción superior a 99%. El tamaño de las partículas que quedan retenidas en mayor o menor proporción en los granos del lecho filtrante varía desde flóculos de 1mm hasta coloides, bacterias y virus inferiores a 10⁻³ mm. Cuando el floc tiene un volumen mayor que el de los poros del lecho filtrante quedará retenido por cernido en los intersticios del lecho; sin embargo, en el caso de las bacterias cuyo tamaño es mucho menor que el de los poros quedarán removidas por una serie de fenómenos.

En la filtración se producen las siguientes etapas complementarias:

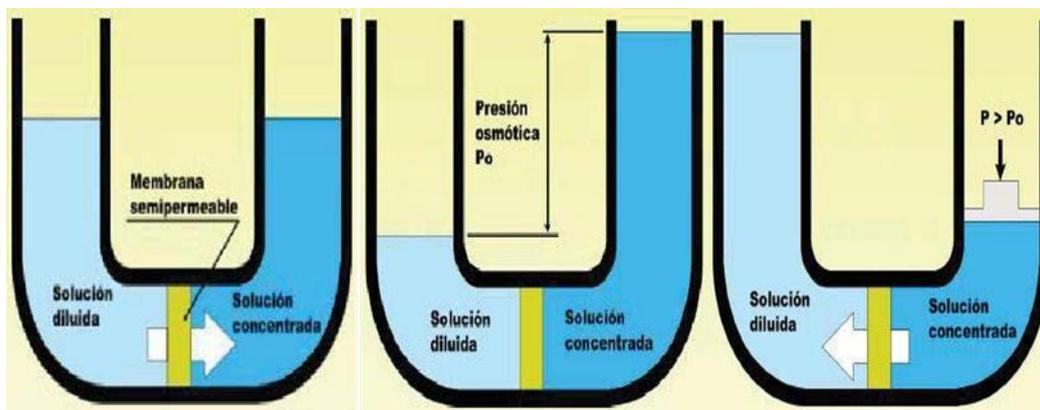
- Transporte de las partículas dentro de los poros. - Es un fenómeno físico e hidráulico, que está influenciado por parámetros que gobiernan la transferencia de masas. Los mecanismos que pueden realizar transporte son: cernido, sedimentación, intercepción, difusión, impacto inercial y acción hidrodinámica.
- Adherencia a los granos del medio. - Es un fenómeno de acción superficial, que está influenciado por parámetros físicos y químicos. Los mecanismos que pueden realizar adherencia son: fuerzas de Van der Waals, fuerzas electroquímicas y puente químico.

2.2.9. Fundamentos Físicos de Osmosis Inversa

De un modo genérico, puede definirse la ósmosis (natural o directa) como un fenómeno físico que consiste en el paso del solvente de una disolución desde una zona de baja concentración de soluto a una de alta concentración, separadas por una membrana semipermeable. En la figura 3, se observa el fenómeno de Ósmosis, la situación de equilibrio y la osmosis Inversa.

Figura 3

Fundamentos físicos de la ósmosis inversa.



Nota. Tomado de Fariñas, 2003.

En el fenómeno de ósmosis es el movimiento del agua a través de una membrana semipermeable originado por la diferencia de concentración de soluto, para Fariñas (2003) describe este proceso de la siguiente manera:

- La fuerza impulsora que provoca el movimiento del agua es el gradiente de concentración de soluto, el cual presenta un sentido inverso al del flujo de agua, es decir que el agua se mueve hacia el lado de la membrana donde se encuentra la solución concentrada.

El flujo de agua a través de la membrana (J) cesa cuando la diferencia de niveles entre el agua salada y la solución diluida alcanza un determinado valor y se forma el equilibrio.

- La presión que corresponde a esta diferencia de alturas es la diferencia de presiones osmóticas entre la solución concentrada y la diluida:

$$P_o = P_{\text{concentrada}} - P_{\text{diluida}}$$

En la Ósmosis Inversa se aplica una cierta presión al agua salada forzando a las moléculas de agua pura a pasar a través de una membrana que presenta la propiedad de dejarlas pasar siendo impermeable a la mayor parte de las sales.

2.2.10. Principales parámetros en los procesos con membranas

Los principales parámetros en los procesos con membranas según Gutiérrez (2011) son los siguientes:

a. Flujo a través de la membrana

Este flujo de permeado será directamente proporcional a la fuerza impulsora del proceso, e inversamente proporcional a la viscosidad del fluido y a la resistencia total al paso del mismo. La resistencia al flujo a través de la membrana se puede obtener como la suma de las diferentes resistencias al paso del fluido.

$$R = R_m + R_a + R_p + R_g + R_{cp} \dots \dots \dots \text{Ec. 1}$$

Donde:

- R_m : Resistencia de la membrana.
- R_a : Resistencia por la adsorción de solutos sobre la membrana.
- R_p : Resistencia por bloqueo de canales de paso por partículas suspendidas.
- R_g : Resistencia debida a la capa de gel en la interface membrana-fluido.
- R_{cp} : Resistencia debida a la polarización por concentración.

La R_{cp} obedece a un proceso similar a la R_g . Mientras la R_{cp} se produce por la acumulación de sólidos en la interface membrana-fluido, la R_g responde a la agregación y compactación de partículas de manera supra yacente a la capa de polarización.

Las resistencias anteriores no siempre actúan todas simultáneamente, y en todo caso su concurrencia afecta de forma inversa a la velocidad de paso del fluido a través de la membrana.

b. Flujo tangencial o velocidad lineal

La velocidad lineal es la velocidad a la cual la alimentación fluye dentro del canal de alimentación-rechazo, en el interior de la membrana. Una alta velocidad tangencial tiende a eliminar el material depositado y consecuentemente, reduce la resistencia hidráulica a través de la membrana, lo que lleva a obtener un mayor flujo de permeado. Caudales de alimentación superiores también reducen los fenómenos de la polarización por concentración.

c. Capacidad de retención de sales

La retención de solutos durante el proceso de la ósmosis inversa determina en gran medida la calidad del permeado. La variación de este factor es independiente de cambios en la presión, temperatura y concentración de solutos en la corriente de alimentación.

d. Presión transmembrana (PTM)

La presión transmembrana es la fuerza impulsora de la ósmosis inversa y se define como la diferencia de presión existente entre el canal de rechazo y el de permeado.

El aumento de la PTM se traduce en un incremento del flujo de permeado, pero a la vez, este parámetro es proporcional a la resistencia de la membrana.

e. Temperatura

Las membranas de acuerdo a su composición son sensibles a los cambios de temperatura. Al aumentar la temperatura se incrementa la permeabilidad de la membrana y se reduce la resistencia de ésta al flujo, aumentando finalmente la velocidad de paso del fluido a su través. Además, un aumento de la temperatura del agua de alimentación produce un descenso de su viscosidad, favoreciendo también el flujo de permeado.

f. Concentración de solutos en la corriente de alimentación

Cuanto mayor es la concentración de sales disueltas en la corriente de alimentación, menor será el flujo de permeado. Existe una relación positiva entre la cantidad de solutos y la formación de depósitos sobre la superficie de la membrana, debido a la formación de la capa de gel y a la concentración de polarización, que producen el ensuciamiento de la membrana. Estos fenómenos contribuyen a aumentar la resistencia al transporte del fluido a través de la misma.

2.2.11. El Fenómeno del Ensuciamiento de Membranas

Ensuciamiento o fouling según (Melián, 2015) se utiliza indistintamente en referencia a cualquier fenómeno que se traduzca en una reducción de la tasa del flujo de permeado. Además, el ensuciamiento es común en todos los sistemas de membranas. Sin embargo, dependiendo de la naturaleza del agente ensuciante o foulant la clasificación más común del ensuciamiento se basa en cuatro categorías principales: biológica, orgánica, inorgánica y materia/partículas coloidales.

2.2.11.1. Ensuciamiento Inorgánico/Incrustación o Scaling

La principal causa del ensuciamiento es por super saturación. Cuando se excede a la solubilidad de una sal, esta precipita y forma una incrustación, produciendo cristales sólidos directamente en la superficie de la membrana. Una vez se forman zonas activas en la superficie de la membrana, se originan núcleos de precipitación que hacen que la precipitación sea incluso mayor.

2.2.11.2. Ensuciamiento Orgánico

Las sustancias orgánicas de alto peso molecular y cadenas lineales como los ácidos húmicos y fúlvicos, son agentes ensuciantes comunes en el tratamiento de aguas superficiales. Estos ensuciamientos orgánicos suelen cegar secciones de la membrana y el agua no puede permear. Por otro lado, los compuestos orgánicos proporcionan nutrientes que mantienen las poblaciones microbianas

2.2.11.3. Ensuciamiento Coloidal o por Material Particulado

La deposición de materia coloidal en la superficie de las membranas es una consecuencia de un pretratamiento deficiente. La naturaleza más común de estos coloides son los aluminosilicatos (arcilla), que son subproductos de rocas erosionadas y se encuentran presentes en las aguas de todo el mundo. También se pueden encontrar otros componentes, como la sílice coloidal.

2.2.11.4. Ensuciamiento Biológico o Biofouling

Una biopelícula se describe como un agregado bacteriano unido a una superficie, la estructura de la biopelícula incluye una matriz de sustancias poliméricas extracelulares (EPS) producidas por bacterias. Estas EPS están compuestas por polisacáridos, proteínas y ácidos nucleicos que juegan un papel fundamental en la formación de la biopelícula y su comportamiento, alteración de la porosidad, densidad, contenido en agua, carga y propiedades desorción. El bioensuciamiento es considerado como uno de los principales componentes del ensuciamiento, el más difícil de controlar y el más común en los sistemas de RO.

2.2.11.5. Metales

Los elementos como hierro y manganeso pueden oxidarse desde una forma soluble a una forma insoluble y precipitar en la membrana. Aunque podrían incluirse en la categoría de ensuciamiento inorgánico, su origen está más relacionado con problemas prácticos de operación. El hierro y el aluminio pueden ser un problema cuando se utilizan coagulantes basados en estos metales para el pretratamiento del agua. Tanto el cloruro férrico y el aluminio se sobre dosifican y pueden dar lugar a post-precipitaciones y ensuciar la membrana como un sólido en suspensión.

2.2.12. Limpieza Química de Membranas

La limpieza es definida como un proceso en el cual un material es liberado de sustancias que no forman parte integral de éste. La desinfección por su parte, implica la destrucción de todos los microorganismos patógenos y una marcada reducción de los saprofitos, que pueden afectar la calidad del producto final. El objetivo de la limpieza y la desinfección es obtener una estructura físicamente

limpia (que ofrezca un desempeño de flujo y separación adecuados), químicamente limpia (libre de residuos que puedan contaminar el producto a procesar) y biológicamente limpia (donde se haya alcanzado una adecuada reducción de la carga microbiana) (D'Souza y Mawson, 2005).

Para alcanzar los objetivos de la limpieza, los protocolos de limpieza química deben usar a menudo productos químicos agresivos, bajo condiciones que ponen a prueba la tolerancia a pH y temperatura del material de la membrana (Zapata, 2006).

Esto hace necesario optimizar los protocolos de limpieza, tanto desde el punto de vista de la composición química de las soluciones a usar, como de las condiciones de operación durante la limpieza y los tiempos de aplicación de la misma. Así se busca minimizar los efectos adversos de los agentes de limpieza sobre la vida de la membrana, disminuir los costos de agentes químicos, los volúmenes de consumo de agua y de aguas residuales, y las interrupciones de los procesos de manufactura (Zapata, 2006).

La limpieza es una reacción heterogénea entre la solución de limpieza y la capa de contaminantes. Según D'Souza y Mawson (2005) para lograr una limpieza efectiva, los agentes de limpieza deben tener las siguientes características:

- Una concentración del compuesto activo óptima, con buenas características de solubilidad y enjuague.
- Desprender y disolver el material de colmatación, y mantenerlo en suspensión para evitar la redeposición de material sobre las superficies ya limpias.
- Un bajo o moderado nivel de espuma.
- Buena compatibilidad con las membranas y los otros componentes del sistema.
- Promover la desinfección de las superficies húmedas.

2.2.13. Desinfección

En los procesos de coagulación, floculación y filtración se remueven, con mayor o menor eficiencia, la mayoría de las bacterias y virus presentes en el agua. La desinfección del agua es un proceso en el cual, son destruidos los organismos causantes de enfermedades o patógenos presentes en ella. Estos organismos presentes en las fuentes de agua potable pueden colonizar tractos gastrointestinales y poner en riesgo la salud de la población (Lee, et al, 2010). Su propósito es impedir la diseminación de enfermedades hídricas, como la enfermedad diarreica agua (EDA) y la infección respiratoria aguda (IRA) evidenciadas en el municipio de Melgar- Tolima. Los principales tipos de organismos son: Bacterias, como la *Escherichia coli*, causante de Diarreas, Protozoarios, Virus y Trematodos.

La eliminación o inactivación de los virus en los procesos de tratamiento de agua potable se pueden cuantificar mediante la medición de las concentraciones de virus o indicadores de virus en el agua antes y después del tratamiento (Teunis, 2009).

No es un proceso instantáneo, se realiza progresivamente a través del tiempo y se considera terminado cuando el 99,99% de los organismos presentes en el agua han muerto.

La velocidad necesaria para llevar a cabo el proceso de desinfección, está dada por un tiempo

$$(t): t=1/k\log N_0/N_t$$

Dónde:

- K = constante de velocidad de reacción para un desinfectante determinado
- N_0 = número inicial de organismos
- N_t = número de organismos para el tiempo t

Los factores que influyen en el proceso de desinfección son:

- a. Relación concentración – tiempo: la eficiencia de desinfección depende de la relación entre el tiempo de contacto y la cantidad de desinfectante dosificado. El tiempo de contacto necesario para matar cualquier tipo de microorganismos, está dado por la siguiente formula:

$$t=K/Cn$$

Dónde:

- K = constante de desinfección
 - C= concentración del desinfectante <mg/L>
 - n= coeficiente que expresa la eficiencia bactericida del desinfectante y es conocido como el coeficiente de disolución.
- b. Temperatura: las bacterias son capaces de sobrevivir a determinadas temperaturas, generalmente entre 5 °C y 80 °C.
- c. Potencial hidrogeno o pH: las bacterias son altamente susceptibles al pH. Los virus a un pH menor a 4 y mayor a 10 sobreviven solamente horas. El pH óptimo de los microorganismos oscila alrededor de 7.
- d. Número y tipo de organismos: el número de organismos presentes en el agua no afecta el proceso de desinfección.

Para Arboleda (2020) para usar en las plantas de tratamiento un desinfectante se verá limitado por las siguientes condiciones:

- Deberá ser capaz de destruir los organismos causantes de enfermedades hídricas.
- Deberá realizar esta labor a la temperatura del lugar y en un tiempo adecuado.
- No deberá hacer el agua toxica peligrosa para la salud.
- Deberá ser de fácil obtención, sencillo costo y fácil manejo.
- Su concentración en el agua deberá determinarse rápidamente
- Deberá dejar un efecto residual, para proteger al agua contra posteriores contaminantes.

2.2.14. Modos de Desinfección del Agua

La desinfección del agua se puede presentar en forma natural y artificial; en la primera se refiere a la muerte progresiva de las bacterias, ocasionada por agentes naturales tales como la luz solar, la sedimentación, la filtración o estabilización de la materia orgánica que disminuye la reserva de alimentos para los microorganismos.

La desinfección artificial puede realizarse mediante agentes físicos o químicos; los agentes físicos más relevantes son el calor y los rayos ultravioleta. Los agentes químicos más importantes son: los halógenos, la plata ionizada y el ozono.

2.2.15. Rayos Ultravioletas

Este método ha sido usado para desinfectar el agua desde 1990, ha ganado popularidad en el agua potable como un desinfectante primario, ya que es muy eficaz en la inactivación de *Cryptosporidium oocyst* (Protista asociado a la enfermedad Criptosporidiosis diarreica en seres humanos) los cuales son resistentes a la desinfección química. Se realiza pasando una delgada lámina de agua bajo una fuente de rayos ultravioleta. La penetración de los rayos y la eficiencia de la desinfección, dependen de la turbiedad del agua (Viessman, et al, 2009). Los microorganismos son destruidos por efectos de la luz ultravioleta cuándo esta penetra a través de las células y es absorbida por el ácido nucleico, provocando una reordenación de la información genética e impidiendo así la reproducción celular.

Unos de los beneficios de usar esta técnica, es que no hay la necesidad de añadir químicos al agua, no se forman subproductos de desinfección en el agua y es de alta rentabilidad. Sin embargo, con mucho tiempo de radiación (horas), se degrada la materia orgánica lo cual lleva a un crecimiento de bacterias en el agua (Lehtola, et al, 2003).

2.3. Definición de Términos Básicos

Temperatura. - es un factor regulador de los procesos naturales en el medio acuático, determinando la evolución o tendencia de las propiedades físicas, químicas o biológicas.

Turbiedad. - es causada por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua. Es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión, debido a una gran variedad de materiales en suspensión que varían de tamaño como arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, microorganismos, organismos planctónicos, etc.

Potencial Hidrógeno (pH). - mide el grado de acidez o basicidad de una muestra. Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO₂ disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO₂ formando un sistema tampón carbonato/bicarbonato.

Conductividad. - Es una expresión numérica de su habilidad de transportar corriente eléctrica. Depende de la presencia de iones y de su concentración total, movilidad, valencia y de la temperatura.

Oxígeno disuelto. - su importancia deriva de su capacidad de oxidación de diferentes constituyentes y de modificar por ello, la solubilidad de los mismos. La fuente mayoritaria de oxígeno disuelto en aguas en contacto con el aire es la atmósfera. Una fuente indirecta es también la fotosíntesis. El contenido en oxígeno disuelto puede llegar incluso a valores de saturación: 13,3 mg/L a 10 °C y 7,6 mg/L a 30 ° C.

Sólidos disueltos totales. - la medida TDS tiene como principal aplicación el estudio de la calidad del agua de los ríos, lagos y arroyos. Aunque el TDS no tiene la consideración de contaminante grave, es un indicador de las características del

agua y de la presencia de contaminantes químicos, es decir, de la composición química y concentración en sales y otras del agua.

Cloruros. - el cloruro en forma de ion (Cl^-), es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual. En el agua potable, el sabor salado producido por el cloruro, es variable y depende de la composición química del agua. Algunas, con 250 mg Cl^- /L pueden tener un sabor salado detectable si el catión es el sodio. En cambio, ese gusto salado típico puede estar ausente en aguas con hasta 1000 mg/L cuando los cationes predominantes son el calcio y el magnesio.

Sulfatos. - el ion sulfato procede del lavado de materiales sedimentarios salinos, de la oxidación de sulfuros, de la descomposición de sustancias orgánicas, etc. La disolución de yeso (y anhidrita) representa la mayor cantidad aportada de este ion a las aguas subterráneas. Su comportamiento está condicionado por su tendencia a formar iones complejos con sodio y calcio y a incorporarse a procesos biológicos.

Dureza total. - cómo aguas duras se consideran aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua

Alcalinidad. - es la capacidad que tiene el agua para neutralizar ácidos. Mide el contenido total de sustancias alcalinas (OH^-), en aguas naturales la alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de iones: bicarbonatos: HCO_3^- , carbonatos: CO_3^{2-} , e hidróxidos: OH^- .

Nitratos. - el nitrógeno puede aparecer en forma de NH_3 , NH_4^+ y, por oxidación, estas formas reducidas se transforman en N_2 y, finalmente en NO_3^- que es la forma más usual y estable en las aguas subterráneas. La oxidación-reducción de las especies nitrogenadas en el agua está influenciada por fenómenos biológicos.

Nitritos.

El ion nitrito (NO_2^-) puede estar presente en las aguas bien como consecuencia de la oxidación del NH_3 o como resultado de la reducción de los nitratos. Su presencia en el agua puede ser una evidencia de contaminación reciente, dada su inestabilidad.

Fosfatos. - se considera como nutriente para el crecimiento de las algas, la presencia de fosfatos indica la presencia de detergentes y de algas (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

Coliformes totales. - son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados del grupo coliformes forman parte varios géneros: *Escherichia*.

Enterobacter, *Klebsiella*, *Citrobacter*. - se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, etc. Una elevada proporción de los coliformes que existen en los sistemas de distribución no se debe a un fallo en el tratamiento en la planta, sino a un recrecimiento de las bacterias en las conducciones.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

3.1. Determinación y Análisis del Problema

3.1.1. Problema General

PG. Cuál es la exigencia de calidad de agua según el D.S. N. °004-2017 y el D. S. N. ° 031-2010-S.A. en Estación de servicios Pachacamac S.A.C.

3.1.2. Problemas Específicos

PE1. Los valores de los parámetros físico químicos del agua subterránea de la estación de servicios Pachacamac S.A.C. estarán dentro de los estándares establecidos el D. S. N°004-2017 y el D. S. N.° 031-2010-S.A.

PE2. Los valores de los parámetros inorgánicos del agua subterránea de la estación de servicios Pachacamac S.A.C. estarán dentro de los estándares establecidos el D. S. N°004-2017 y el D. S. N.° 031-2010-S.A.

PE3. Los valores de los parámetros microbiológicos y parasitológicos del agua subterránea de la estación de servicios Pachacamac S.A.C. estarán dentro de los estándares establecidos el D. S. N°004-2017 y el D. S. N.° 031-2010-S.A.

PE4. Los valores de los parámetros sensitivos del agua subterránea de la estación de servicios Pachacamac S.A.C. estarán dentro de los estándares establecidos el D. S. N.°004-2017 y el D. S. N.° 031-2010-S. A.

3.2. Modelos de Solución Propuesto

3.2.1. Ubicación

Para el presente trabajo se tomaron tres puntos de muestreo de agua, con sus respectivas coordenadas UTM WGS 84, los cuales se encuentran en el distrito de Lurín, y son los siguientes:

- PM01:296208 E, 8645194 N
- PM02:296571 E, 8645046 N
- PM03:296123 E, 8644609 N

3.2.2. Materiales

En el trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales:

- Botella plástica de 5 litros de volumen.
- Tubo en forma de T.
- Mangueras de ¼ de pulgada.
- Luz UV.
- Envase con filtro.
- Toma corriente.
- Cilindro de plástico.
- Multiparámetro.
- Reactivos del laboratorio PACIFICO CONTROL
- Cooler con hielo seco.
- 16 bidones de muestreo.
- Etiquetas para muestra.
- GPS.

3.2.3. Metodología

Para el siguiente trabajo de investigación experimental se hicieron los siguientes pasos:

PASO 1

: Se tomó muestras de agua subterránea para consumo humano de tres puntos (PM01, PM02 y PM03) y posteriormente se llevó al laboratorio **PACIFICO CONTROL**, para su análisis.

PASO 2: Se analizaron los resultados de los cuarenta y dos parámetros de los tres puntos de muestreo, y así poder sacar las conclusiones sobre el estado de las muestras de agua.

PASO 3: Se procedió a hacer el tratamiento de las tres muestras de agua mediante la osmosis inversa.

PASO 4: Posterior al tratamiento se llevaron las muestras al laboratorio para que estas sean analizadas.

PASO 5: Se realizó la comparación de los cuarenta y dos parámetros antes y después del tratamiento con osmosis inversa.

3.3. Resultados

Tabla 8

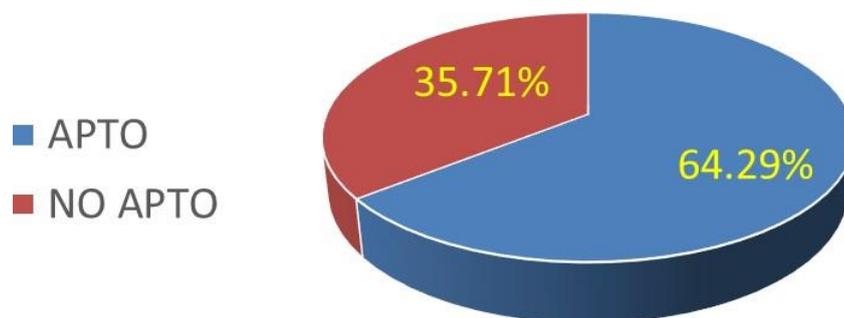
Resultados del análisis fisicoquímico de la muestra PM01 antes de osmosis inversa

Muestra		PM01 - Estación Servicios Pachacamac. S.A.C				
14 parámetros						Norma D.S.
N.º	Fisicoquímicos	LCM	Unidad	Resultados	Nº.004-2017-MINAM	Análisis
1	Sólidos totales disueltos	10	mg/L	2.015	1 000	No apto
2	Cloruros	4	mg/L	431	250	No apto
3	Turbidez	0,01	UNT	0,07	5	Apto
4	Sulfatos	3	mg SO4 2-/L	475	250	No apto
5	Dureza total	5	mg CaCO3/L	850	500	No apto
6	Amoniaco	0,06	mg NH3/L	< 0,06	1,5	Apto
7	Cianuro total	0,013	mg CN -/L	< 0,013	0,07	Apto
8	Clorito	0,010	mg/L	< 0,010	0,7	Apto
9	Clorato	0,010	mg/L	< 0,010	0,7	Apto
10	CONDUCTIVIDAD	0,01	uS/cm	3.100,00	1 500	No apto
11	pH	0,01	Unidad de pH	7,15	6,5 – 8,5	Apto
12	COLOR	3	Unit.Pt-Co	< 3	15	Apto
13	* Nitratos	0,025	mg/L	47,135	50	Apto
14	* Nitritos	0,008	mg/L	0,012	3	Apto

Nota. () Norma para clorito y clorato D. S. N. °031-2010-S. A.*

Figura 4

Resultados en Porcentaje del Análisis Físicoquímico de la muestra PM01 antes de Osmosis Inversa



Por lo tanto, se concluyó que el agua subterránea que se consume para la empresa estación de servicios Pachacamac S.A.C. estos parámetros físico químicos como sólidos disueltos totales, cloruros, sulfatos y dureza total, conductividad eléctrica, nitratos (antes) sobrepasa lo establecido en el D.S. N.°004-2017-MINAM y el D.S. N.°031-2010-S.A.

Tabla 9

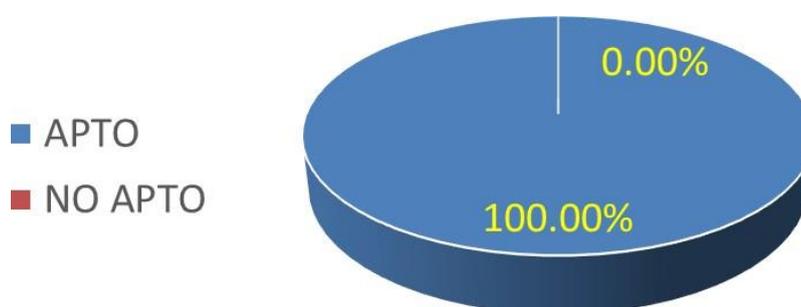
Resultados del análisis inorgánico de la muestra PM01 antes de osmosis inversa

Muestra		PM01 - Estación Servicios Pachacamac. S.A.C				
19 parámetros	LCM	Unidad	Resultados	Norma D.S. N°004-2017-MINAM	Análisis	
N.º Inorgánicos						
1	* Antimonio	0,004	mg Sb /L	< 0,004	0,02	Apto
2	* Flúor	0,073	mg F-/L	0,095	1,000	Apto
3	* Níquel	0,001	mg Ni/L	< 0,001	0,07	Apto
4	* Uranio	0,010	mg U/L	< 0,010	0,02	Apto
5	* Arsénico	0,008	mg As/L	< 0,008	0,01	Apto
6	* Aluminio	0,02	mg Al/L	< 0,02	0,9	Apto
7	* Bario	0,001	mg Ba/L	< 0,001	0,7	Apto
8	* Boro	0,008	mg B/L	< 0,008	2,4	Apto
9	* Cadmio	0,0004	mg Cd/L	< 0,0004	0,003	Apto
10	* Cobre	0,001	mg Cu/L	< 0,001	2	Apto
11	* Cromo	0,0008	mg Cr/L	< 0,0008	0,05	Apto
12	* Hierro	0,004	mg Fe/L	< 0,004	0,03	Apto
13	Manganeso	0,0002	mg Mn/L	< 0,0002	0,4	Apto
14	Mercurio	0,001	mg Hg/L	< 0,001	0,001	Apto
15	Molibdeno	0,002	mg Mo/L	< 0,002	0,07	Apto
16	Plomo	0,006	mg Pb/L	< 0,006	0,01	Apto
17	Selenio	0,005	mg Se/L	< 0,005	0,04	Apto
18	Sodio	0,01	mg Na/L	74,84	200	Apto
19	Zinc	0,0004	mg Zn/L	< 0,0004	3	Apto

Nota. () Norma para flúor y sodio D. S. N. °031-2010-S.A.*

Figura 5

Resultados en Porcentaje del Análisis Inorgánico de la muestra PM01 antes de Osmosis Inversa



Por otro lado, los 19 parámetros inorgánicos no sobrepasan los D.S. N.º004-2017-MINAM y el D.S. N.º031-2010-S. A. al aplicar la osmosis inversa y se logró mantener los 17 parámetros, aumenta 2 parámetros, Flúor de (0,095mg F/L a 0,152mg F/L), sodio de (74,84mg Na/L a 82,68mg Na/L), que no sobrepasan los D.S. N.º004-2017-MINAM y el D.S. N.º031-2010-S. A., por lo tanto, son aptos para el consumo humano en 14 parámetros.

Tabla 10

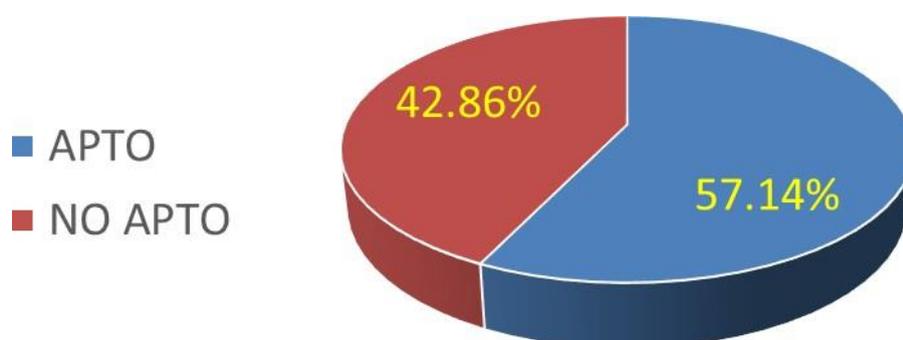
Resultados del análisis microbiológico y parasitológico de la muestra PM01 antes de osmosis inversa

Muestra		PM01 - Estación Servicios Pachacamac. S.A.C				
7 parámetros		Norma D. S. N.º.004-2017-MINAM				
N.º	Microbiológicos y parasitológicos	LCM	Unidad	Resultados	Análisis	
1	Detección de Colifagos (Virus)	0	UFC/mL	0	Apto	
2	Detección de larvas y huevos de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	0	Nº org/L	0	Apto	
3	Organismos vida libre como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estados evolutivos - Agua	0	Nº org/L	0	0	Apto
4	Recuento de bacterias Heterótrofas PCA 35 °C 48±3h	1	UFC/mL	360	500	Apto
5	Coliformes totales	1,8	NMP/10 0 mL	130	50	No apto
6	Coliformes Fecales o Termotolerantes (NMP)	1,8	NMP/10 0 mL	49	20	No apto
7	Escherichia coli	1,8	NMP/10 0 mL	13	0	No apto

Nota. () Norma para bacterias heterótrofas D. S. N.º031-2010-S.A.*

Figura 6

Resultados en Porcentaje del Análisis Microbiológico y Parasitológico de la muestra PM01 antes de Osmosis Inversa



Por otro lado, los 7 parámetros microbiológicos y parasitológicos sobrepasan los D.S. N°004-2017-MINAM y el D.S. N°031-2010-S. A. En recuento de bacterias, coliformes totales y coliformes fecales y *Esterichia Coli*, al aplicar la osmosis inversa y se logró mantener los 3 parámetros, Virus, Larvas y huevos, organismos de vida libre, que no sobrepasan los DS. N. °004-2017-MINAM y el D.S. N. °031-2010-S. A., 3 parámetros aumentan, las bacterias heterótrofas, los coliformes totales y los coliformes fecales, que sobrepasan los D.S. N°004-2017-MINAM y el D.S. N°031-2010-S. A., 1 parámetro disminuye *Escherichia Coli* por lo tanto, que sobrepasan los D.S. N°004-2017-MINAM y el D.S. N°031-2010-S. A. y no son aptos para el consumo humano.

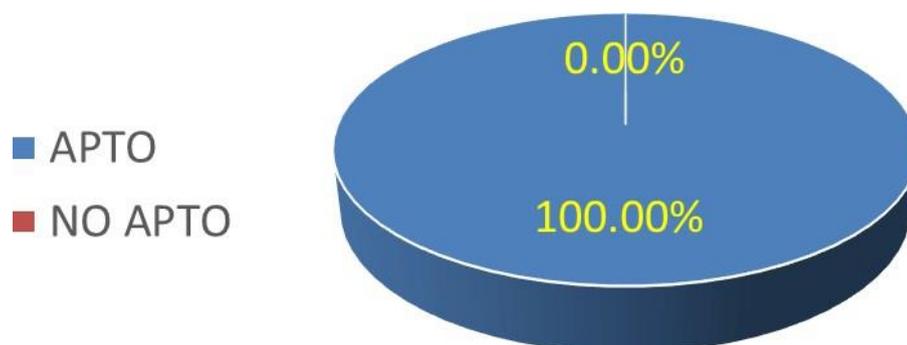
Tabla 11

Resultados del análisis sensorial de la muestra PM01 antes de osmosis inversa

Muestra		PM01 - Estación Servicios Pachacamac. S.A.C				
N.º	Sensorial	LCM	Unidad	Resultados	Norma D. S. N°.004-2017-MINAM	Análisis
1	* Olor			Aceptable		Apto
2	* Sabor			Aceptable		Apto

Figura 7

Resultados del Análisis Sensorial de la muestra PM01 antes de Osmosis Inversa



Por otro lado, los 2 parámetros sensitivos en sabor y olor no sobrepasan los D.S. N. °004-2017-MINAM y el D.S. N. °031-2010-S. A. Antes y después de la osmosis inversa, por lo tanto, son aceptables los parámetros sensitivos para consumo humano.

Tabla 12

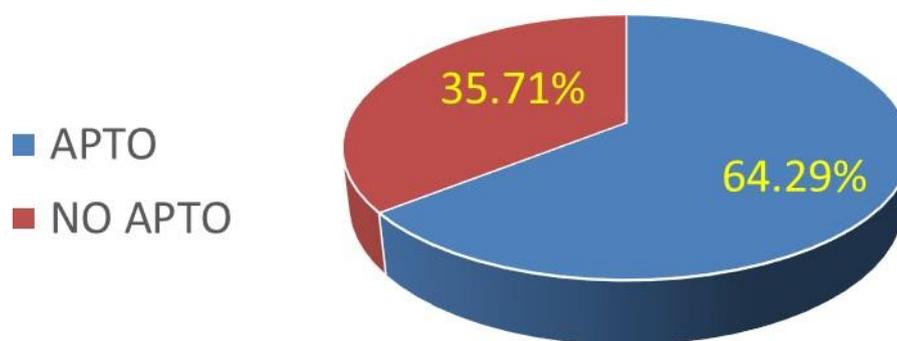
Resultados del análisis fisicoquímico de la muestra PM01 después de osmosis inversa

Muestra		PM01 - Estación Servicios Pachacamac. S.A.C				
14 parámetros					Norma D. S. N° 004-2017-MINAM	
N.º	Fisicoquímicos	LCM	Unidad	Resultados		Análisis
1	Sólidos totales disueltos	10	mg/L	1,755	1 000	No apto
2	Cloruros	4	mg/L	411	250	No apto
3	Turbidez	0,01	UNT	0,03	5	Apto
4	Sulfatos	3	mg SO4 2-/L	416	250	No apto
5	Dureza total	5	mg CaCO3/L	720	500	No apto
6	Amoniaco	0,06	mg NH3/L	< 0,06	1,5	Apto
7	Cianuro total	0,013	mg CN -/L	< 0,013	0,07	Apto
8	Clorito	0,010	mg/L	< 0,010	0,7	Apto
9	Clorato	0,010	mg/L	< 0,010	0,7	Apto
10	Conductividad	0,01	uS/cm	2.700,00	1 500	No apto
11	pH	0,01	Unidad de pH	7,12	6,5 – 8,5	Apto
12	COLOR	3	Unit.Pt-Co	< 3	15	Apto
13	* Nitratos	0,025	mg/L	51,434	50	Apto
14	* Nitritos	0,008	mg/L	0,008	3	Apto

Nota. () Norma para clorito y clorato D. S. N. °031-2010-S. A.*

Figura 8

Resultados en Porcentaje del Análisis Físicoquímico de la muestra PM01 después de Osmosis Inversa

**Tabla 13**

Resultados del análisis inorgánico de la muestra PM01 después de osmosis inversa

Muestra		PM01 - Estación Servicios Pachacamac. S.A.C				
19 parámetros		LCM	Unidad	Resultados	Norma D. S. N°004-2017-MINAM	Análisis
N.º	Inorgánicos					
1	* Antimonio	0,004	mg Sb /L	< 0,004	0,02	Apto
2	* Flúor	0,073	mg F-/L	0,152	1,000	Apto
3	* Níquel	0,001	mg Ni/L	< 0,001	0,07	Apto
4	* Uranio	0,010	mg U/L	< 0,010	0,02	Apto
5	* Arsénico	0,008	mg As/L	< 0,008	0,01	Apto
6	* Aluminio	0,02	mg Al/L	< 0,02	0,9	Apto
7	* Bario	0,001	mg Ba/L	< 0,001	0,7	Apto
8	* Boro	0,008	mg B/L	< 0,008	2,4	Apto
9	* Cadmio	0,0004	mg Cd/L	< 0,0004	0,003	Apto
10	* Cobre	0,001	mg Cu/L	< 0,001	2	Apto
11	* Cromo	0,0008	mg Cr/L	< 0,0008	0,05	Apto
12	* Hierro	0,004	mg Fe/L	< 0,004	0,03	Apto
13	Manganeso	0,0002	mg Mn/L	< 0,0002	0,4	Apto
14	Mercurio	0,001	mg Hg/L	< 0,001	0,001	Apto
15	Molibdeno	0,002	mg Mo/L	< 0,002	0,07	Apto
16	Plomo	0,006	mg Pb/L	< 0,006	0,01	Apto
17	Selenio	0,005	mg Se/L	< 0,005	0,04	Apto
18	Sodio	0,01	mg Na/L	82,68	200	Apto
19	Zinc	0,0004	mg Zn/L	< 0,0004	3	Apto

Nota. () Norma para flúor y sodio D. S. N°031-2010-S.A.*

Figura 9

Resultados en Porcentaje del Análisis Inorgánico de la muestra PM01 después de Osmosis Inversa

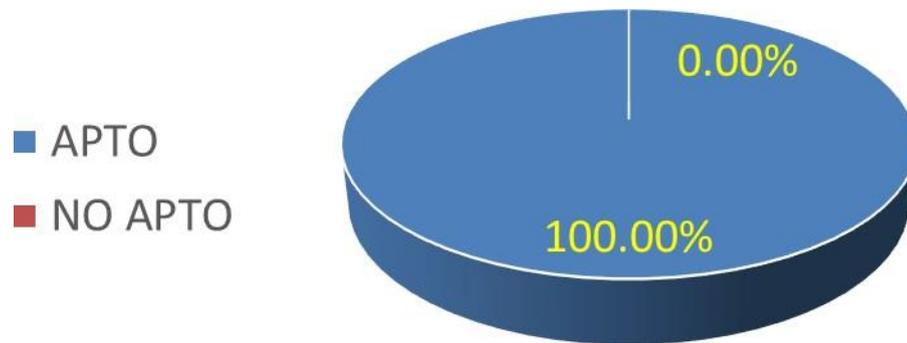


Tabla 14

Resultados del análisis microbiológico y parasitológico de la muestra PM01 después de osmosis inversa

Muestra		PM01 - Estación Servicios Pachacamac. S.A.C				
7 parámetros		LCM	Unidad	Resultados	Norma D.S. N° .004-2017-MINAM	Análisis
1	Detección de Colifagos (Virus)	0	UFC/mL	0	0	Apto
2	Detección de larvas y huevos de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	0	N° org/L	0	0	Apto
3	Organismos vida libre como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estados evolutivos - Agua	0	N° org/L	0	0	Apto
4	Recuento de Bacterias Heterótrofas PCA 35 °C 48±3h	1	UFC/mL	2300	500	No apto
5	Coliformes totales	1,8	NMP/100 mL	140	50	No apto
6	Coliformes Fecales o Termotolerantes (NMP)	1,8	NMP/100 mL	<1,8	20	Apto
7	Escherichia coli	1,8	NMP/100 mL	<1,8	0	No apto

Nota. () Norma para bacterias heterótrofas D. S. N. °031-2010-S.A.*

Figura 10

Resultados en Porcentaje del Análisis Microbiológico y Parasitológico de la muestra PM01 después de Osmosis Inversa

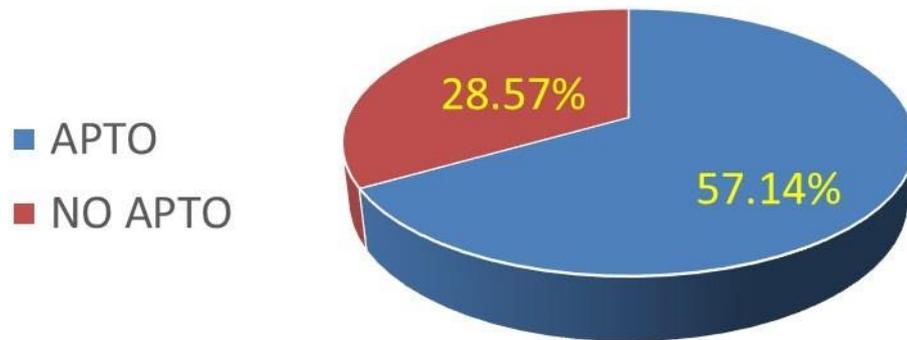


Tabla 15

Resultados del análisis sensorial de la muestra PM01 después de osmosis inversa

Muestra	PM01 - Estación Servicios Pachacamac. S.A.C				
2 parámetros	LCM	Unidad	Resultados	Norma D.S. N°.004-2017-MINAM	Análisis
N.º Sensorial					
1	*	Olor	Aceptable		Apto
2	*	Sabor	Aceptable		Apto

Figura 11

Resultados del Análisis Sensorial de la muestra PM01 después de Osmosis Inversa

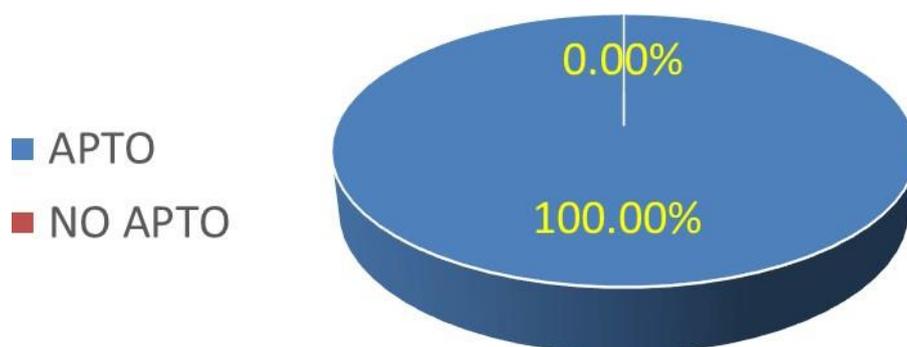


Tabla 16

Resultados fisicoquímicos de laboratorio de antes y después de osmosis inversa en PM01

Parámetros	Unidad	D.S.N.° 004- 2017- MINAM	PM01 Resultados antes de osmosis inversa	PM01 Resultados después de osmosis inversa	análisis	Conclusiones	
Fisicoquímico							
1	Sólidos totales disueltos	mg/L	1 000	2.015	1,755	No apto	Disminuye
2	Cloruros	mg/L	250	431	411	No apto	Disminuye
3	Turbidez	UNT	5	0.07	0.03	apto	Disminuye
4	Sulfatos	mg SO4 2-/L	250	475	416	No apto	Disminuye
5	Dureza total	mg CaCO3/ L	500	850	720	No apto	Disminuye
6	Amoniaco	mg NH3/L	1.5	< 0,06	< 0,06	Apto	Mantiene
7	Cianuro total	mg CN - /L	0.07	< 0,013	< 0,013	Apto	Mantiene
8	Clorito	mg/L	0.7	< 0,010	< 0,010	Apto	Mantiene
9	Clorato	mg/L	0.7	< 0,010	< 0,010	Apto	Mantiene
10	Conductividad	uS/cm	1 500	3,100.00	2,700.00	No apto	Disminuye
11	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	7.15	7.12	Apto	Disminuye
12	COLOR	Unit.Pt- Co	15	< 3	< 3	Apto	Mantiene
13	* Nitratos	mg/L	50	47,135	51,434	Apto/no apto	Aumenta
14	* Nitritos	mg/L	3	0.012	0.008	Apto	Disminuye

Tabla 17

Resumen de análisis de los parámetros fisicoquímicos después de osmosis inversa en punto de muestreo PM01

14 parámetros fisicoquímicos PM01			
Análisis		Conclusión	
Apto	8	Disminuye	8
Apto/ no apto	1	Mantiene	5
No apto	5	Aumenta	1

Tabla 18

Resultados inorgánicos de laboratorio de antes y después de osmosis inversa en PM01

Parámetros	Unidad	D.S.N°. 004-2017-MINAM	PM01 Resultados antes de osmosis inversa	PM01 Resultados después de osmosis inversa	Análisis	Conclusiones	
Inorgánico							
1	Antimonio	mg Sb /L	0.02	< 0,004	< 0,004	Apto	Mantiene
2	* Flúor	mg F-/L	1.000	0.095	0.152	Apto	Aumenta
3	* Níquel	mg Ni/L	0.07	< 0,001	< 0,001	Apto	Mantiene
4	* Uranio	mg U/L	0.02	< 0,010	< 0,010	Apto	Mantiene
5	* Arsénico	mg As/L	0.01	< 0,008	< 0,008	Apto	Mantiene
6	* Aluminio	mg Al/L	0.9	< 0,02	< 0,02	Apto	Mantiene
7	* Bario	mg Ba/L	0.7	< 0,001	< 0,001	Apto	Mantiene
8	* Boro	mg B/L	2.4	< 0,008	< 0,008	Apto	Mantiene
9	* Cadmio	mg Cd/L	0.003	< 0,0004	< 0,0004	Apto	Mantiene
10	* Cobre	mg Cu/L	2	< 0,001	< 0,001	Apto	Mantiene
11	* Cromo	mg Cr/L	0.05	< 0,0008	< 0,0008	Apto	Mantiene
12	* Hierro	mg Fe/L	0.03	< 0,004	< 0,004	Apto	Mantiene
13	Manganeso	mg Mn/L	0.4	< 0,0002	< 0,0002	Apto	Mantiene
14	Mercurio	mg Hg/L	0.001	< 0,001	< 0,001	Apto	Mantiene
15	Molibdeno	mg Mo/L	0.07	< 0,002	< 0,002	Apto	Mantiene
16	Plomo	mg Pb/L	0.01	< 0,006	< 0,006	Apto	Mantiene
17	Selenio	mg Se/L	0.04	< 0,005	< 0,005	Apto	Mantiene
18	Sodio	mg Na/L	200	74.84	82.68	Apto	Aumenta
19	Zinc	mg Zn/L	3	< 0,0004	< 0,0004	Apto	Mantiene

Tabla 19

Resumen de análisis de los parámetros inorgánico después de osmosis inversa en punto de muestreo PM01

14 parámetros inorgánicos PM01			
Análisis	Conclusión		
Apto	19	Disminuye	1
Apto/ no apto	0	Mantiene	17.00
No apto	0	Aumenta	2

Tabla 20

Resultados microbiológicos y parasitológicos, sensitivos de laboratorio de antes y después de osmosis inversa en PM01

Parámetros	Unidad	D.S.N°. 004-2017-MINAM	PM01 Resultados antes de osmosis inversa	PM01 Resultados después de osmosis inversa	Análisis	Conclusiones	
Inorgánico							
1	Detección de Colifagos (Virus)	UFC/mL	0	0	Apto	Mantiene	
2	Detección de larvas y huevos de helmintos, Quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0	0	Apto	Mantiene	
3	Organismos de vida libre como algas protozoarios, copépodos, Rotíferos, nemátodos, en todos sus estados evolutivos-Agua.	Nº org/L	0	0	Apto	Mantiene	
4	Recuento de bacterias Heterótrofas PCA35°C 48+/- 3h.	UFC/mL	500	360	2300	Apto/no apto	Aumenta
5	Coliformes totales	NMP/100 mL	50	130	140	No apto	Aumenta
6	Coliformes fecales o Termotolerantes (N MP)	NMP/100 mL	20	49	<1,8	apto	Disminuye
7	Escherichia coli	NMP/100 mL	0	13	<1,8	No apto	Disminuye
Sensitivos							
1	* Olor		Aceptable	Aceptable	Apto	Mantiene	
2	* Sabor		Aceptable	Aceptable	Apto	Mantiene	

Tabla 21

Resumen de análisis de los parámetros microbiológicos y parasitológicos después de osmosis inversa en punto de muestreo PM01

7 parámetros microbiológicos y parasitológicos PM01			
Análisis	Conclusión		
Apto	3	Disminuye	2
Apto/ no apto	3	Mantiene	3
No apto	1	Aumenta	2

Tabla 22

Resumen de análisis de los parámetros sensitivos después de osmosis inversa en punto de muestreo PM01

2 parámetros Sensitivos PM01			
Análisis		Conclusión	
Apto	2	Disminuye	0
Apto/ no apto	0	Mantiene	2
No apto	0	Aumenta	0

CONCLUSIONES

Primera: Se logró comparar la calidad de agua subterránea para consumo humano, antes y después de la técnica de osmosis inversa, en los 42 parámetros, 14 físico químicos, 19 inorgánicos, 7 microbiológicos y parasitológicos, 2 sensitivos con el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. en Estación de Servicios Pachacamac S.A.C.

De los 14 parámetros físicos químicos de calidad de agua subterránea del punto de muestreo PM01 indica que los parámetros sólidos totales disueltos, cloruros, sulfatos, dureza total y conductividad eléctrica sobrepasan lo establecido en el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S. A.; de la misma manera en los 19 parámetros inorgánicos Antimonio, Flúor, Níquel, Uranio, Arsénico, Aluminio, Bario, Boro, Cadmio, Cobre, Cromo, Hierro, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Plomo, Selenio, no sobrepasan lo establecido en el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.; de la misma manera los 7 parámetros microbiológicos y parasitológicos como Bacterias heterótrofas, Coliformes totales y Escherichia coli, sobrepasan lo establecido en el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S. A.; y por último los 2 parámetros sensoriales olor y sabor, no sobrepasan lo establecido en el DS. N°004-2017-MINAM.

Segunda: De los 14 parámetros físico químicos de calidad de agua subterránea del punto de muestreo PM01, después de ser sometida a un análisis de laboratorio, indica que los parámetros sólidos totales disueltos (2 015 mg/L), cloruros (431 mg/L), sulfatos (475 mg SO₄ 2-/L), dureza total (850mg CaCO₃/L), conductividad eléctrica (3,100 uS/cm) sobrepasan lo establecido en el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A.

Después de aplicar la técnica de osmosis inversa, a la muestra de agua del mismo punto de muestro, los resultados indican que los parámetros sólidos totales disueltos disminuyó de (2 015 mg/L a 1.755 mg/L), cloruros disminuyó de (431 mg/L a 411 mg/L), sulfatos disminuyo de (475 mg SO₄ 2-/L a 416 mg SO₄ 2-/L), dureza total disminuyó de (850 CaCO₃/L a 720 CaCO₃/L) y conductividad eléctrica disminuyó de (3,100 uS/cm a 2,700 uS/cm) acercándose a lo establecido en el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A.

Tercero. De los 19 parámetros inorgánicos de calidad de agua subterránea del punto de muestreo PM01, después de ser sometida a un análisis de laboratorio, indican que los parámetros Antimonio (<0,004 mgSb/L), Flúor (0,095 mgF-/L), Níquel (<0,001 mgNi/L), Uranio (<0,010 mgU/L), Arsénico (<0,008 mgAs/L), Aluminio (<0,02 mgAl/L), Bario (<0,001 mgBa/L), Boro (<0,008 mgB/L), Cadmio (<0,0004 mgCd/L), Cobre (<0,001 mgCu/L), Cromo (<0,0008 mgCr/L), Hierro (<0,004 mgFe/L), Manganeso (<0,0002 mgMn/L), Mercurio (<0,001 mgHg/L), Molibdeno (<0,002 mgMo/L), Plomo (<0,006 mgPb/L), Selenio (<0,005 mgSe/L), Sodio (74,84 mgNa/L), y Zinc (<0,0004 mgZn/L), no sobrepasan los establecido en el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A.

Después de aplicar la técnica de osmosis inversa, a la muestra de agua del mismo punto de muestro, los resultados de laboratorio indican que los parámetros inorgánicos Flúor aumenta de (0,095 mgF-/L a 0,152mgF-/L), sodio de (74,84 mgNa/L a 82,68 mgNa/L), sin embargo, no sobrepasan los establecido en el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A.

Cuarto: De los 7 parámetros microbiológicos y parasitológicos de calidad de agua subterránea del punto de muestreo PM01, después de ser sometida a un análisis de laboratorio, indica que los parámetros Coliformes totales (130 NMP/100mL), Coliformes fecales o Termotolerantes (49 NMP/100mL), Escherichia coli (13 NMP/100mL), sobrepasan los establecido en el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A.

Después de aplicar la técnica de osmosis inversa, a la muestra de agua del mismo punto de muestreo, los resultados indican que el parámetro Bacterias Heterótrofas aumentó de (360 NMP/100mL a 2,300 NMP/100mL), Coliformes totales aumento de (130 NMP/100mL a 140 NMP/100mL), Escherichia coli disminuyo de (13 NMP/100mL a <1,8 NMP/100mL), y sobrepasan los establecido en el DS. N°004-2017-MINAM y el DS. N°031-2010-S.A. y por último Coliformes fecales o Termotolerantes disminuyo de (49 NMP/100mL a <1,8 NMP/100mL) y no sobrepasa los establecido en el DS. N°004-2017-MINAM.

Quinto: De los 2 parámetros sensitivos de calidad de agua subterránea del punto de muestreo PM01, después de ser sometida a un análisis de laboratorio,

indica que los parámetros sensitivos olor es (aceptable) y sabor es (aceptable) no sobrepasan los establecido en el DS. N°004-2017-MINAM.

Después de aplicar la técnica de osmosis inversa, a la muestra de agua del mismo punto de muestreo, los resultados indican que el parámetro sensitivo olor es (aceptable) y sabor es (aceptable), y no sobrepasan lo establecido en el DS. N°004-2017-MINAM.

RECOMENDACIONES

Primera: Realizar controles periódicos cada (6 meses) a los parámetros físicos químicos fundamentalmente sólidos totales disueltos, Cloruros, Sulfatos, Dureza total, Conductividad eléctrica y Nitratos; en microbiológicos y parasitológicos el Recuento de bacterias Heterótrofas PCA35°C 48+/-3h., Coliformes totales y Escherichia coli, asimismo los parámetros sensoriales olor y sabor, en agua subterránea toda vez que está sujeto a la contaminación por la actividad humana.

Segunda: Se aplica el uso de la técnica de osmosis inversa para aumentar la calidad de aguas subterráneas para consumo humano en estación de servicios Pachacamac S.A.C. Es un método de filtración y purificación para agua subterránea donde no se utiliza ninguna sustancia química. Para lograr mayor eficiencia del equipo de osmosis inversa, se recomienda aumentar 3 etapas de filtración. Primer filtro que retenga sedimentos de hasta 0,001 micrones, segundo filtro de carbón activado para mejorar que los químicos no afectan el sabor del agua y retener bacterias heterótrofas, coliformes totales y Escherichia coli, tercer filtro de luz ultravioleta para esterilizar de manera óptima el agua subterránea y mejorar hasta un 99% la calidad del agua en estación de servicios Pachacamac S.A.C. Asimismo informo que el costo para el presente proyecto sobrepaso el presupuesto planificado y adquirir más cartuchos de filtros de osmosis inversa.

Tercera: Elaborar, gestionar y realizar campañas de sensibilización y educación ambiental a las personas, dando mayor énfasis a los asentamientos humanos referente al cuidado y buen uso del agua subterránea y agua superficial.

Cuarta: Proponer etapas de filtración y purificación de aguas superficiales y Aguas subterránea a las empresas de la zona para mejorar la calidad de aguas para consumo humano de acuerdo a la exigencia del D.S. N°.004-2017-MINAM y el D.S. N. ° 031-2010-S.A.

REFERENCIAS

- Autoridad nacional del agua. (2017). *Calidad del agua en el Perú*. Lima: Son imágenes del Perú SCRL.
- Benjumea Hoyos, C. A., Villalva, S. y Ríos Pulgarín, M. I. (2019). *Calidad de agua en Colombia*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/331940115_La_calidad_del_agua_en_Colombia
- Chávez, E. (2019). *Evaluación de la calidad físico, químico y microbiológico del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco, provincia y departamento de Pasco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión] Repositorio institucional UNDAC.
- Chávez Mauricio, E. (2019). *Evaluación de la calidad físico, químico y microbiológico del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco, provincia y departamento de Pasco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión] Repositorio institucional UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1602>
- Chica, E. y Chimborazo, S. (2020). *La comunidad de la vereda la Morena del municipio del Espinal, se abastece para Comunidad Rural Sisid Anejo, Parroquia Ingapirca, Provincia del Cañar* [Universidad de Cuenca]
- Cisneros, R. F. (2019). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en Comas (Lima), Quispicanchi (Cusco) y Coronel Portillo (Ucayali) durante el 2017 [Universidad Ricardo Palma]. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2652/T030_75930333_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Decreto Supremo N.º. 004-2017-MINAM. (2017, 7 de junio). Ministerio del Ambiente. Diario oficial El Peruano p. 10 – 19. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

- D`Sousa, N. M. y Mawson, A. J. (2005). Limpieza de membranas en la industria láctea: una revisión. *Taylor & Francis Online*, 45 (2). <https://doi.org/10.1080/10408690490911783>
- Fajardo, N. (2018). *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]
- González, J. y Castillo, L. (2020). Calidad del agua de pozo de una comunidad tének en la Huasteca Potosina, México. *Ecosistemas y Recursos agropecuarios*.
- Oncagül, E., Tran, M. y Connor, R. (2021). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2021*. r WWAP para ONU-Agua.
- Martinez Portela, D. M., y Ortiz Doncel, Y. (2020). *Aprovechamiento alternativo de agua subterránea para abastecimiento humano, en una institución educativa rural del municipio de Espinal (Tolima)* [Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia] Repositorio institucional UPC. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/8039>
- Melgar, Y., Deago, E. y Flores, N. (2019). Diagnóstico de acueductos rurales abastecidos de fuentes subterráneas: caso de estudio El Calabacito, Provincia de Herrera, Panamá. *ID Tecnológico*, 11.
- Molina Gutiérrez, L. Y. (2018). *Propuesta de uso del agua subterránea del distrito de Uraca-Corire para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos* [Tesis de pregrado, Universidad San Agustín de Arequipa] Repositorio institucional UNSA. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5750>
- Suárez Medina, I. (2020). Calidad del agua de consumo humano influenciada por aguas servidas. *Ciencia Norandina*, 3 (1). Obtenido de <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v3n1p80>

- Organización de la Naciones Unidas. (2020). *Desafíos globales del agua*. Organización de las naciones unidas.
- Ortiz, H. (2016). *Evaluación de la Calidad Microbiológica y Fisicoquímica en aguas de Pozos subterráneos del Centro Poblado Viñani – Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia Tacna 2015* [Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]
- Pastén, P., Vega, A., Guerra, P., Pizarro, J. y Lizama, K. (2019). Calidad del Agua en las Américas Riesgos y oportunidades.
- Kumar, P., Bansod, B. K., y otros tres autores, Index-Based Groundwater Vulnerability Mapping Models Using Hydrogeological Settings: a Critical Evaluation, <http://doi.org/101007/s00254-008-1367-0>, Environmental Impact Assessment Review, 51, 38-49 (2015).
- Subba Rao, N., y Chaudhary, M., Hydrogeochemical Processes Regulating the Spatial Distribution of Groundwater Contamination, Using Pollution Index of Groundwater (PIG) and Hierarchical Cluster Analysis (HCA): A Case Study, <http://doi: 10.1016/j.gsd.2019.100238>, Groundwater for Sustainable Development, 9, 1-14 (2019).
- Kalhor, K., Ghasemizadeh, R., y otros dos autores, Assessment of Groundwater Quality and Remediation in Karst Aquifers: a Review, <http://doi.org/10.1016/j.gsd.2018.10.004>, Groundwater for Sustainable Development, 8, 104-121 (2019).
- Sánchez, J. A., Álvarez, T., y otros tres autores, Caracterización Hidrogeoquímica de las Aguas Subterráneas del Sur del Estado de Quintana Roo, México, ISSN: 2007-2902, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 32(1), 62-76 (2015).
- Mora Alvarado, D., & Portuguez, C. F. (2020b). Agua para consumo humano en Costa Rica: de los objetivos de desarrollo del milenio a los objetivos de Desarrollo Sostenible. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

- Podgorski, J., Berg, M. (2020). Global threat of arsenic in groundwater. *Science*, 368(6493), 845-850.
- Hernández-García, M. E., Custodio, E. (2004). Natural baseline quality of Madrid Tertiary Detrital Aquifer groundwater (Spain): a basis for aquifer management. *Environmental Geology*, 46(2), 173-188.
- Lillo, J. (2020). Contaminación geogénica de arsénico en las aguas subterráneas. *Temas*, 5.
- Koncagül E., Tran M. & Connor R. (2021). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2021: el valor del agua; datos y cifras. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_spa. (Acceso diciembre 2020).
- Molina Gutiérrez, L. Y. (2018). Propuesta de uso del agua subterránea del distrito de Uraca-Corire para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

ANEXOS

Anexo A: Mapa de los tres puntos de monitoreo PM01, PM02, PM03

Anexo B: Cadena de custodia antes de la osmosis inversa

Anexo C: Punto de muestro PM01

Anexo D: Punto de muestro PM02

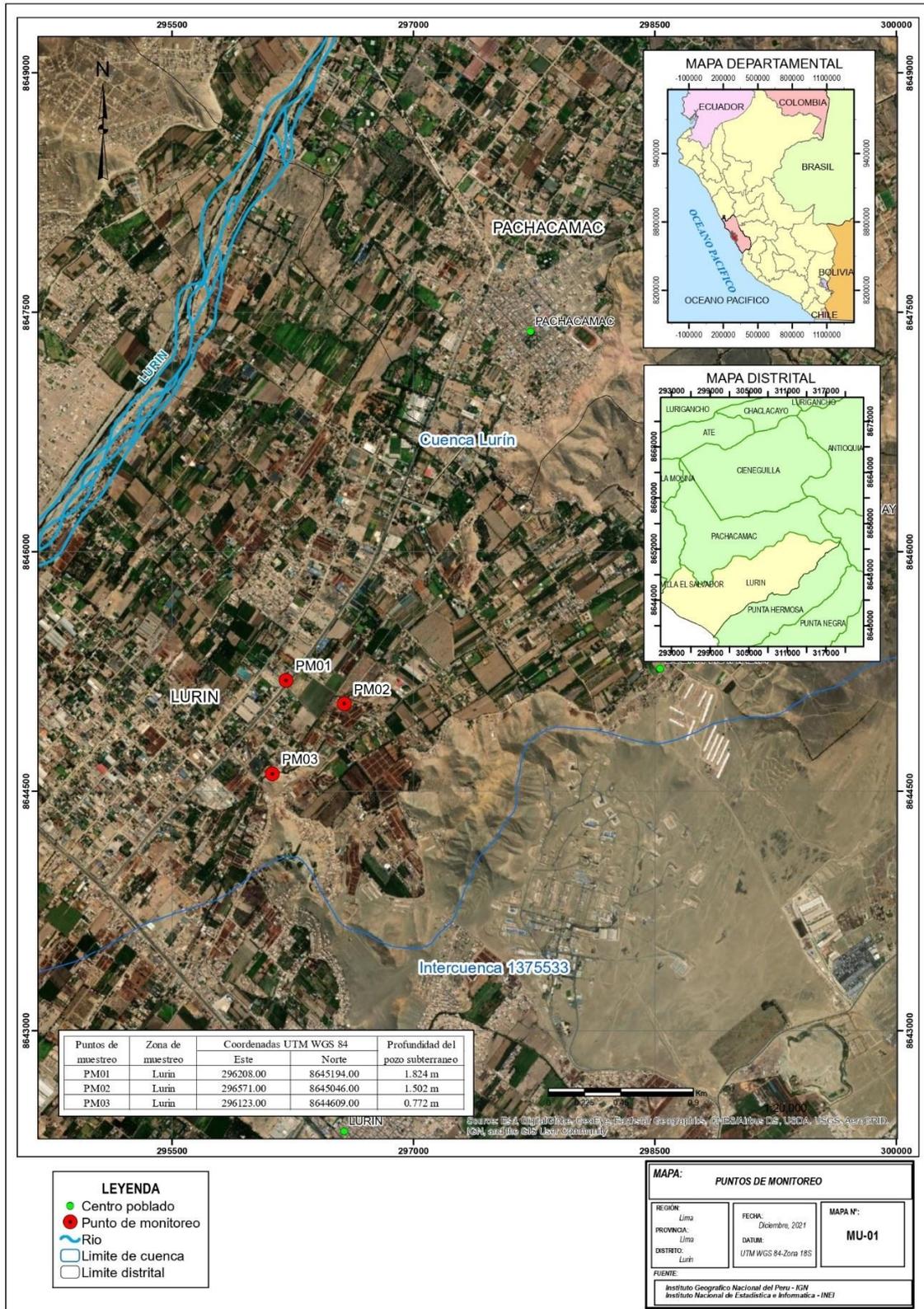
Anexo E: Punto de muestro PM03

Anexo F: Valores obtenidos en campo in situ (antes de la osmosis inversa)

Anexo G: Resultados del Análisis de las muestras PM01, PM02, PM03 antes
de la osmosis Inversa

Anexo H: Resultados del análisis de las muestras PM01, PM02, PM03 después
de la osmosis inversa

Anexo A: Mapa de los tres puntos de monitoreo PM01, PM02, PM03



Anexo B: Cadena de custodia antes de la osmosis inversa

CADENA DE CUSTODIA - MUESTREO DE AGUA

Pag. _____ de _____

Cliente/Solicitante: WILLMAN SOLIER REYNOSO Dirección Dpto. / Prov. / Dpto: AV. HUARANCHI MZA C LTJ 30A - LUMIN		Correo electrónico: solier.willman@gmail.com Teléfono: 960994169	CMA: 5149 Fecha de Muestreo: 07/10/2021
Procedencia de la muestra / Proyecto: PACHACAMAQ - LUMIN - LUMIN		DATOS DE ENVIO: Agencia: _____	

ESTACIÓN DE MUESTREO						ENSAYOS SOLICITADOS*				DATOS DE ENVIO		ANÁLISIS DE LABORATORIO			
Cod. De Laboratorio	Pto. de muestreo	Descripción	Hora de Muestreo	Tipo de Muestra (T)	Coordenadas UTM (E-N-USD)	Zona (17, 18, 19, 20, 21, 22)	Cantidad de Envases	Métodos	Equipamiento	Temperatura (°C)	pH (mV/pH)	Conductividad (µS/cm)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)	Observaciones
P1		Estación de Servicio Pachacamaq SAC. Distrito de Pachacamaq.	4:00 pm	AS	E: 0300047 N: 8642717			Microbiológicos Metales Fisicoquímicos	Según cotización CHASITZ - 2021						
P2		Fundo Bna Vista Parcela DAS-1-20-11	3:00 pm	AS	E: 0246571 N: 8645046										
P3		Puquio Casera Bna Vista Baja - Lumin	5:00 pm	AS	E: 0296123 N: 8644609										

(1) Indicar la referencia y/o lugar de procedencia de los reactivos que serán analizados en el laboratorio de Ensayos.
 (2) Tipo de Muestra: AS: Agua Natural, AR: Agua Residual, AC: Agua Para Consumo Humano, AD: Agua Salada.
 (3) Para la preservación de las muestras, usar el Formulario "Cadena de Custodia y Preservación de Muestras de Agua" (PR-13-01-03).

Muestreado por: PACIFIC CONTROL CMA SAC	CLIENTE: <input checked="" type="checkbox"/>
--	--

Agua Natural (AN)	Agua Residual (AR)	Agua Para Uso y Consumo Humano (AC)	Agua Salada (AS)
1. Sulfato 2. Superficial	3. Cloruro 4. Inicial 5. Maripal	6. Pobre 7. De mesa 8. Envasada 9. De piscina 10. Lago artificial	11. Mar 12. Salobre 13. Salmuera 14. Inyección y Resquecitos

Equipos utilizados en el muestreo	Marca	Codigo Interno

Condiciones de Recepción de Muestras (C)
Envases adecuados: _____ Muestras dentro de tiempo de conservación: _____ Condiciones de preservación (pH): _____ Condiciones de conservación (T°): _____ Código de equipo: _____ T°: _____ TDP: _____ Observaciones: _____

Responsable del muestreo: _____ Hora: _____	Cliente: Willman Solier Reynoso Fecha: 07/10/21 Hora: 11:31 am.
--	---

Recepción de Lab.: Josue Harmon Fecha: 07/10/2021 Hora: 11:50 am.	PACIFIC CONTROL CMA SAC RECIBIDO FECHA: 07/10/21 Hora: 11:50 PM
---	---

Anexo C: Punto de muestro PM01

Figura C1: Localización del punto de muestro PM01



Figura C2:



Figura C3:



Figura C4:



Figura C5:



Figura C6:



Figura C7:



Anexo D: Punto de muestreo PM02

Figura D1: Localización del punto de muestreo PM02



Figura D2:



Figura D3:



Figura D4:



Figura D5:



Figura D6:



Figura D7:



Figura D8:



Anexo E: Punto de muestro PM03

Figura E1: Localización del punto de muestro PM03



Figura E2:



Figura E3:



Figura E4:



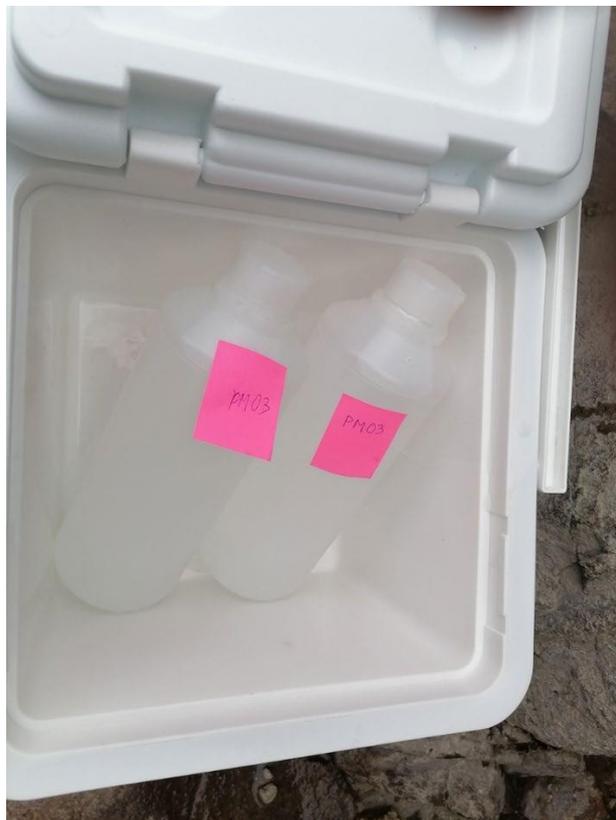
Figura E5:



Figura E6:



Figura E7:

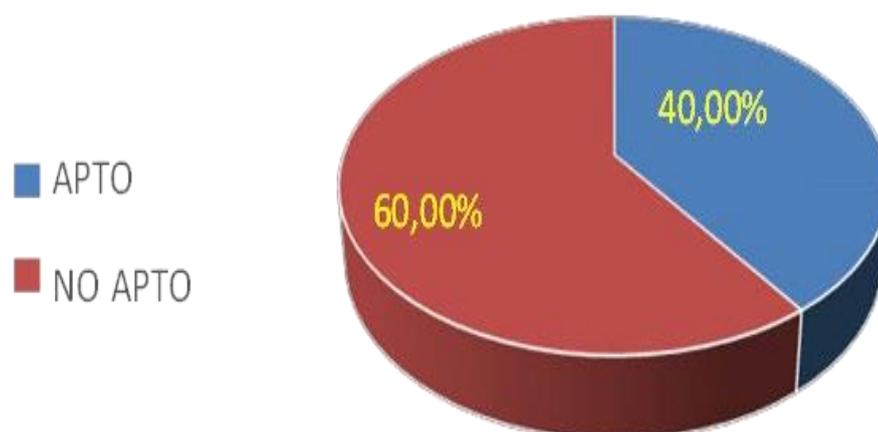


Anexo F: Valores obtenidos en campo in situ (antes de osmosis inversa)

Tabla F1: Valores de los análisis fisicoquímicos en PM01 en Estación de Servicios Pachacamac S.A.C.

Muestra de campo N°01		PM01-P - Estación Servicios Pachacamac. S.A.C-				
5 parámetros		LCM	Unidad	Resultados	Norma D.S.N°.004-2017	Análisis
1	pH	0,001	Unidad de pH	7,17	6,5 – 8,5	Apto
2	Temperatura		°C	21		Apto
3	Conductividad eléctrica	0,01	µS/cm	2,82	1 500	No apto
4	solidos disueltos totales	10	mg/L	1,73	1 000	No apto
5	Salinidad total (Sal T)	1,000	mg/L	1,29		No apto

Figura F1: Resultados en porcentaje del análisis fisicoquímico de la muestra PM01 antes de osmosis inversa

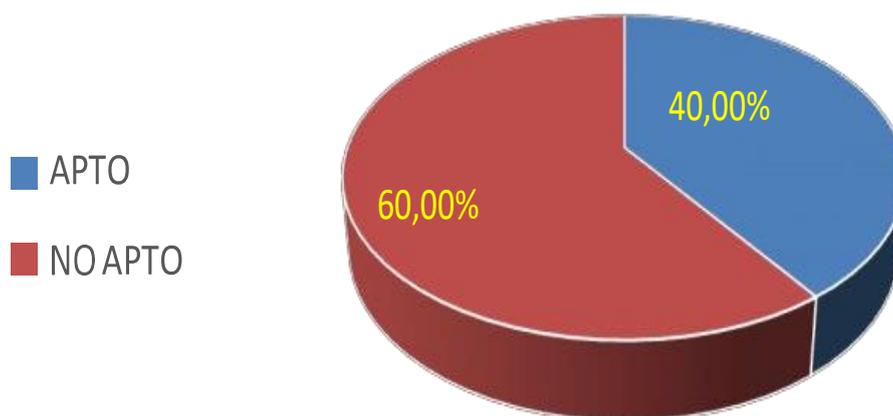


De las 5 muestras de campo in situ PM01 -P- Estación de Servicios Pachacamac. S.A.C- del Distrito de Pachacamac, se obtuvo que el 40,00 % de parámetros fisicoquímicos son aptos y el 60,00% no son aptas para el consumo humano.

Tabla F2: Valores de los análisis fisicoquímicos en PM02-L-I – en Fundo Buena Vista Parcela D15- Distrito de Lurín.

Muestra de campo N°02.		PM02-L-I - Fundo Buena Vista Parcela D15				
5 parámetros					Norma D.S. N°.004-	Análisis
N.º	Fisicoquímicos	LCM	Unidad	Resultados		
1	pH	0,001	Unidad de pH	7,32	6,5 – 8,5	Apto
2	Temperatura		°C	23,5		Apto
3	Conductividad eléctrica	0,01	µS/cm	1,905	1 500	No apto
4	Sólidos disueltos totales	10	mg/L	1,35	1 000	No apto
5	Salinidad total (Sal T)	1,000	mg/L	1,09		No apto

Figura F2: Resultados en porcentaje del análisis fisicoquímico de la muestra PM02 antes de osmosis inversa

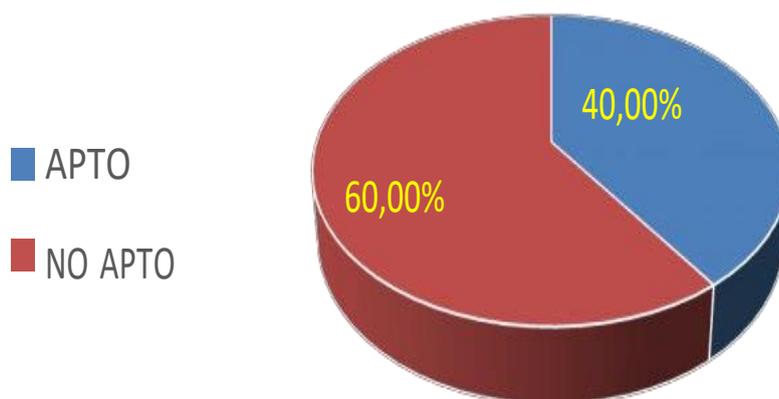


De las 5 muestras de campo in situ PM02-L-I- en Fundo Buena Vista Parcela D15- Distrito de Lurín, se obtuvo que el 40,00 % de parámetros fisicoquímicos son aptos y el 60,00% no son aptas para el consumo humano

Tabla F3: Valores de los análisis fisicoquímicos en PM03 -L-II- Puquio Casona Buena Vista Baja- Distrito de Lurín.

Muestra de campo N°03.		PM03 -L-II- Puquio Casona Buena Vista Baja				
5 parámetros					Norma	
N.º	Fisicoquímicos	LCM	Unidad	Resultados	D.S. N° 004-2017-MINAM	Análisis
1	pH	0,001	Unidad de pH	6,84	6,5 – 8,5	Apto
2	Temperatura		°C	22,6		Apto
3	Conductividad eléctrica	0,01	µS/cm	4,21	1 500	No apto
4	Sólidos disueltos totales	10	mg/L	2,95	1 000	No apto
5	Salinidad total (Sal t)	1,000	mg/L	2,34		No apto

Figura F3: Resultados en porcentaje del análisis fisicoquímico de la muestra PM03 antes de osmosis inversa



De las 5 muestras de campo in situ PM03 -L-II- Puquio Casona Buena Vista Baja- Distrito de Lurín, se obtuvo que el 40,00 % de parámetros fisicoquímicos son aptos y el 60,00% no son aptas para el consumo humano.

Anexo G: Resultados del Análisis de las muestras PM01, PM02, PM03 antes de Osmosis Inversa

Tabla G1. Resultados del análisis fisicoquímico de las muestras PM01, PM02, PM03 antes de osmosis inversa

Parámetro	Unidad	D. S. N.º. 004-2017- MINAM	PM01 Resultados	Análisis	PM02 Resultados	Análisis	PM03 Resultados	Análisis	
Fisicoquímico									
1	Sólidos totales disueltos	mg/L	1 000	2.015	No apto	1.547	No apto	3.588	No apto
2	Cloruros	mg/L	250	431	No apto	272	No apto	985	No apto
3	Turbidez	UNT	5	0.07	Apto	0.06	Apto	0.12	Apto
4	Sulfatos	mg SO4 2-/L	250	475	No apto	491	No apto	573	No apto
5	Dureza total	mg CaCO3/L	500	850	No apto	570	No apto	1000	No apto
6	Amoniaco	mg NH3/L	1.5	< 0,06	Apto	< 0,06	Apto	< 0,06	Apto
7	Cianuro total	mg CN -/L	0.07	< 0,013	Apto	< 0,013	Apto	< 0,013	Apto
8	Clorito	mg/L	0.7	< 0,010	Apto	< 0,010	Apto	< 0,010	Apto
9	Clorato	mg/L	0.7	< 0,010	Apto	< 0,010	Apto	< 0,010	Apto
10	Conductividad	uS/cm	1 500	3,100.00	No apto	2,380.00	No apto	5,520.00	No apto
11	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	7.15	Apto	7.24	Apto	7.14	Apto
12	COLOR	Unit.Pt-Co	15	< 3	Apto	< 3	Apto	< 3	Apto
13	* Nitratos	mg/L	50	47,135	Apto	25,220	Apto	66,769	No apto
14	* Nitritos	mg/L	3	0.012	Apto	< 0,008	Apto	0.012	Apto

Tabla G2. Resultados del análisis inorgánico de las muestras PM01, PM02, PM03 antes de osmosis inversa

Parámetro	Unidad	D. S. N.º. 004-2017- MINAM	PM01 Resultados	Análisis	PM02 Resultados	Análisis	PM03 Resultados	Análisis	
Inorgánico									
1	Antimonio	mg Sb /L	0.02	< 0,004	Apto	< 0,004	Apto	< 0,004	Apto
2	* Flúor	mg F-/L	1.000	0.095	Apto	0.102	Apto	0.098	Apto
3	* Níquel	mg Ni/L	0.07	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto
4	* Uranio	mg U/L	0.02	< 0,010	Apto	< 0,010	Apto	< 0,010	Apto
5	* Arsénico	mg As/L	0.01	< 0,008	Apto	< 0,008	Apto	< 0,008	Apto
6	* Aluminio	mg Al/L	0.9	< 0,02	Apto	< 0,02	Apto	< 0,02	Apto
7	* Bario	mg Ba/L	0.7	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto
8	* Boro	mg B/L	2.4	< 0,008	Apto	< 0,008	Apto	< 0,008	Apto
9	* Cadmio	mg Cd/L	0.003	< 0,0004	Apto	< 0,0004	Apto	< 0,0004	Apto
10	* Cobre	mg Cu/L	2	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto
11	* Cromo	mg Cr/L	0.05	< 0,0008	Apto	< 0,0008	Apto	< 0,0008	Apto
12	* Hierro	mg Fe/L	0.03	< 0,004	Apto	< 0,004	Apto	< 0,004	Apto
13	Manganeso	mg Mn/L	0.4	< 0,0002	Apto	< 0,0002	Apto	< 0,0002	Apto
14	Mercurio	mg Hg/L	0.001	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto
15	Molibdeno	mg Mo/L	0.07	< 0,002	Apto	< 0,002	Apto	< 0,002	Apto
16	Plomo	mg Pb/L	0.01	< 0,006	Apto	< 0,006	Apto	< 0,006	Apto
17	Selenio	mg Se/L	0.04	< 0,005	APTO	< 0,005	APTO	< 0,005	APTO
18	Sodio	mg Na/L	200	74.84	APTO	63.46	APTO	98.34	APTO
19	Zinc	mg Zn/L	3	< 0,0004	APTO	< 0,0004	APTO	< 0,0004	APTO

Tabla G3. Resultados de los análisis microbiológicos y parasitológicos, sensorial de las muestras PM01. PM02, PM03 antes de osmosis inversa

Parámetro	Unidad	D. S. N.º 004-2017- MINAM	PM01 Resultados	Análisis	PM02 Resultados	Análisis	PM03 Resultados	Análisis	
Microbiológicos y parasitológicos									
1	Detección de Colifagos (Virus)	UFC/mL	0	0	Apto	0	Apto	0	Apto
2	Detección de larvas y huevos de helmintos, Quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0	0	Apto	0	Apto	0	Apto
3	Organismos de vida libre como algas protozoarios, copépodos, Rotíferos, nemátodos, en todos sus estados evolutivos-Agua.	Nº org/L	0	0	Apto	0	Apto	0	Apto
4	Recuento de bacterias Heterótrofas PCA35°C 48+/-3h.	UFC/mL.	500	360	Apto	1800	No Apto	800	No apto
5	Coliformes totales	NMP/100 mL	50	130	No apto	350	No apto	170	No apto
6	Coliformes fecales o Termotolerantes(N MP)	NMP/100 mL	20	49	No apto	79	No apto	23	No apto
7	Escherichia coli	NMP/100 mL	0	13	No apto	13	No apto	23	No apto
Sensorial									
1	* Olor			Aceptable	Apto	Aceptable	Apto	Aceptable	Apto
2	* Sabor			Aceptable	Apto	Aceptable	Apto	Aceptable	Apto

Anexo H: Resultados del análisis de las muestras PM01, PM02, PM03 después de osmosis inversa

Tabla H1. Resultados del análisis fisicoquímico de las muestras PM01. PM02, PM03 después de osmosis inversa

Parámetros	Unidad	D.S. N.º 004-2017- MINAM	PM01 Resultados	Análisis	PM02 Resultados	Análisis	PM03 Resultados	Análisis	
Fisicoquímico									
1	Sólidos totales disueltos	mg/L	1 000	1,755	No apto	1,417	No apto	2,763	No apto
2	Cloruros	mg/L	250	411	No apto	282	No apto	986	No apto
3	Turbidez	UNT	5	0.03	Apto	0.02	Apto	0.14	Apto
4	Sulfatos	mg SO4 2-/L	250	416	No apto	397	No apto	468	No apto
5	Dureza total	mg CaCO3/L	500	720	No apto	480	Apto	850	No apto
6	Amoniaco	mg NH3/L	1.5	< 0,06	Apto	< 0,06	Apto	< 0,06	Apto
7	Cianuro total	mg CN -/L	0.07	< 0,013	Apto	< 0,013	Apto	< 0,013	Apto
8	Clorito	mg/L	0.7	< 0,010	Apto	< 0,010	Apto	< 0,010	Apto
9	Clorato	mg/L	0.7	< 0,010	Apto	< 0,010	Apto	< 0,010	Apto
10	Conductividad	uS/cm	1 500	2,700.00	No apto	2,180.00	No apto	4,250.00	No apto
11	pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	7.12	Apto	7.66	Apto	7.35	Apto
12	Color	Unit.Pt-Co	15	< 3	Apto	< 3	Apto	< 3	Apto
13	* Nitratos	mg/L	50	51,434	No apto	41,120	Apto	68,195	No apto
14	* Nitritos	mg/L	3	0.008	Apto	< 0,008	Apto	0.010	Apto

Tabla H2. Resultados del análisis inorgánico de las muestras PM01. PM02, PM03 después de osmosis inversa

Parámetros	Unidad	D.S. N.º. 004-2017- MINAM	PM01 Resultados Inorgánico	Análisis	PM02 Resultados	Análisis	PM03 Resultados	Análisis	
1	Antimonio	mg Sb /L	0.02	< 0,004	Apto	< 0,004	Apto	< 0,004	Apto
2	* Flúor	mg F-/L	1.000	0.152	Apto	0.120	Apto	0.174	Apto
3	* Níquel	mg Ni/L	0.07	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto
4	* Uranio	mg U/L	0.02	< 0,010	Apto	< 0,010	Apto	< 0,010	Apto
5	* Arsénico	mg As/L	0.01	< 0,008	Apto	< 0,008	Apto	< 0,008	Apto
6	* Aluminio	mg Al/L	0.9	< 0,02	Apto	< 0,02	Apto	< 0,02	Apto
7	* Bario	mg Ba/L	0.7	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto
8	* Boro	mg B/L	2.4	< 0,008	Apto	< 0,008	Apto	< 0,008	Apto
9	* Cadmio	mg Cd/L	0.003	< 0,0004	Apto	< 0,0004	Apto	< 0,0004	Apto
10	* Cobre	mg Cu/L	2	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto
11	* Cromo	mg Cr/L	0.05	< 0,0008	Apto	< 0,0008	Apto	< 0,0008	Apto
12	* Hierro	mg Fe/L	0.03	< 0,004	Apto	< 0,004	Apto	< 0,004	Apto
13	Manganeso	mg Mn/L	0.4	<0,0002	Apto	< 0,0002	Apto	< 0,0002	Apto
14	Mercurio	mg Hg/L	0.001	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto	< 0,001	Apto
15	Molibdeno	mg Mo/L	0.07	< 0,002	Apto	< 0,002	Apto	< 0,002	Apto
16	Plomo	mg Pb/L	0.01	< 0,006	Apto	< 0,006	Apto	< 0,006	Apto
17	Selenio	mg Se/L	0.04	< 0,005	Apto	< 0,005	Apto	< 0,005	Apto
18	Sodio	mg Na/L	200	82.68	Apto	70.14	Apto	95.35	Apto
19	Zinc	mg Zn/L	3	< 0,0004	Apto	< 0,0004	Apto	< 0,0004	Apto

Tabla H3. Resultados del análisis microbiológicos y parasitológicos, sensorial de las muestras PM01. PM02, PM03 después de osmosis inversa

Parámetros	Unidad	D.S. N.º. 004-2017- MINAM	PM01 Resultados	Análisis	PM02 Resultados	Análisis	PM03 Resultados	Análisis	
Microbiológicos y parasitológicos									
1	Detección de Colifagos (Virus)	UFC/mL	0	0	Apto	0	Apto	0	Apto
2	Detección de larvas y huevos de helmintos, Quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0	0	Apto	0	Apto	0	Apto
3	Organismos de vida libre como algas protozoarios, copépodos, Rotíferos, nemátodos, en todos sus estados evolutivos-Agua.	Nº org/L	0	0	Apto	0	Apto	0	Apto
4	Recuento de bacterias Heterótrofas PCA35°C 48+/-3h.	UFC/mL	500 (DS N° 031-2010-SA)	2300	No apto	21	Apto	2000	No apto
5	Coliformes totales	NMP/100 mL	50	140	No apto	<1,8	Apto	<1,8	Apto
6	Coliformes fecales o Termotolerantes (NMP)	NMP/100 mL	20	<1,8	APTO	<1,8	Apto	<1,8	Apto
7	Escherichia coli	NMP/100 mL	0	<1,8	NO APTO	<1,8	No apto	<1,8	No apto
Sensorial									
1	* Olor			Aceptable	Apto	Aceptable	Apto	Aceptable	Apto
2	* Sabor			Aceptable	Apto	No aceptable	No apto	Aceptable	Apto