



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Mejora de las propiedades de la arena residual del servicio de
fracturamiento según norma API RP 56-60 mediante un proceso
de lavado, para su reutilización en los pozos petrolíferos del lote**

X

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTOR:

Lujan Correa, Carlos Alexis (orcid.org/0009-0006-9919-4571)

ASESOR:

Msc. Madrid Guevara, Fernando (orcid.org/0000-0001-9847-7146)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial YPproductiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

PIURA - PERÚ

2016

Dedicatoria

A MIS PADRES

Quiero dedicar esta Tesis a mis padres Luis y Dolores, que, gracias a sus consejos, valores y su gran amor lograron formar buenos cimientos en mi vida los cuales me ayudaron a obtener mi carrera profesional.

A MI FAMILIA

A mis hermanos que siempre estuvieron conmigo motivándome. A mi esposa que estuvo a mi lado día a día en el transcurso de mi carrera universitaria.

A mis hijos que son la razón de mi existir y mi motivo de superación.

Agradecimiento

Quiero agradecerle a Dios por permitirme gozar de buena salud y haber logrado cumplir uno de mis sueños. A mis profesores por todas las enseñanzas que me proporcionaron. Agradezco a la Universidad César Vallejo por la oportunidad que me brindaron de formar parte de su institución por el aprendizaje que pude adquirir como estudiante durante todos estos años el cual se ha convertido en parte esencial de mi carrera profesional.

Agradezco de todo corazón a mi madre por su amor incondicional su perseverancia y su ejemplo que me hace querer ser siempre una mejor persona. A mi padre por su apoyo durante todos estos años. A mis hermanos por su respaldo. A mi esposa por su sacrificio y apoyo incondicional. A mis hijos que son mi motor y motivo.

Agradezco a todas las personas que me ayudaron desinteresadamente con sus consejos, aportes y enseñanzas. A mi amigo el Ing. Lanny Carreño quien es un ejemplo a seguir, el cual me motivó y alentó constantemente para no desistir y culminar esta meta por quien tengo un gran respeto, cariño y admiración. Al Ing Mario Ancajima, quien me brindó su respaldo académico.

Y finalmente a todos mis compañeros durante todos los niveles de Universidad ya que gracias a su compañerismo, amistad y apoyo han aportado en gran porcentaje mis ganas de salir adelante y cumplir una de mis ansiadas metas .

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III.METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de la investigación	14
3.2. Variables y Operacionalización	15
3.3. Población, muestra y muestreo.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5. Procedimientos	16
3.6. Método de Análisis de Datos.....	17
3.7. Aspectos Éticos.....	17
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN.....	24
VI. CONCLUSIONES	29
VII. RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS.....	31
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1: Tipo de malla para arena de sílice.....	10
Tabla 2. Medidas de Tamices	11
Tabla 3. Tamaño de la arena	12
Tabla 4. Máximo de finos	13
Tabla 5: Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	16
Tabla 6. Primer ensayo: Utilizando el aditivo SAP CLEAN 40.....	18
Tabla 7. Segundo ensayo: Utilizando el aditivo HIPOCLORITO DE SODIO.....	18
Tabla 8. Tercer ensayo: -Utilizando el aditivo BIO DEGRADABLE	18
Tabla 9. Cuarto ensayo: Utilizando el aditivo CHAMPU	18
Tabla 10. Quinto ensayo: Utilizando DETERGENTE INDUSTRIAL GRANULADO	18
Tabla 11. Sexto ensayo: Utilizando DETERGENTE INDUSTRIAL GRANULADO + CHAMPU.....	19
Tabla 12. Séptimo ensayo: Utilizando DETERGENTE IND. GRANULADO + SAP CLEAN 40	19
Tabla 13. Octavo ensayo: Utilizando DETERGENTE IND. GRANULADO +HIPOCLORITO DE SODIO	19
Tabla 14. Noveno ensayo: Utilizando BIO DEGRADABLE + CHAMPU.....	19
Tabla 15. Resultados obtenidos	20
Tabla 16. Resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio	21
Tabla 17. Resultados de análisis de solubilidad.....	21
Tabla 18. Resultado de ensayo de Resistencia a la compresión.	23

Índice de figuras

Figura 01. Resultados de Granulometría.	21
Figura 02 : Tipos granulométricos	22
Figura 03: Arena reciclada.	36
Figura 04. Clases de aditivos	37
Figura 05: Muestra arena residual.....	40

Resumen

La presente tesis está basada en la aplicación de un procedimiento de lavado a la arena residual que retorna durante el servicio de Workover (Limpieza de pozos), para luego realizar los ensayos de laboratorio recomendados por el API (2014) RP 56-60 y verificar que las características son las requeridas para su reutilización en los Trabajos de Fracturamiento de pozos petroleros del Lote X.

El presente proyecto de investigación se inició con el muestreo al azar de la arena las cuales fueron llevadas al laboratorio para tamizarlas y realizar el procedimiento de lavado logrando un resultado óptimo a través de un examen organoléptico y obtener una limpieza que permitió aproximarse a la arena nueva tanto en color, olor y textura. Luego someterla a los ensayos de laboratorio recomendados por el API RP 56-60, los cuales resultaron favorables cumpliendo con las recomendaciones técnicas, concluyendo que la arena residual después de su lavado puede ser reutilizada.

Palabras Clave: Proceso de lavado, norma API RP 56-60, servicio de fracturamiento.

Abstract

This thesis is based on the application of a washing procedure to the residual sand that returns during the Workover service (well cleaning), to then carry out the laboratory tests recommended by the API (2014) RP 56-60 and verify that the characteristics are those required for its reuse in the Fracturing Works of oil wells in Lot X.

The present research project began with the random sampling of the sand, which was taken to the laboratory to sift and carry out the washing procedure, achieving an optimal result through an organoleptic examination and obtaining a cleanliness that allowed approaching the new sand. both in color, smell and texture. Then submit it to the laboratory tests recommended by API RP 56-60, which were favorable, complying with the technical recommendations, concluding that the residual sand after washing can be reused.

Keywords: Washing process, API RP 56-60 standard, fracturing Service.

I. INTRODUCCIÓN

Los diferentes procesos que se realizan durante la explotación de un yacimiento de petróleo originan inevitablemente la generación de residuos, más aún cuando se ejecutan proyectos de inversión con la finalidad de incrementar la producción de hidrocarburos y abastecer la creciente demanda interna nacional de combustibles fósiles.

En la actualidad la tendencia es reducir, reutilizar, tratar o disponer de manera adecuada, mostrando un compromiso real y responsable con la preservación medioambiental.

Actualmente en el Lote X, cuya concesión está a cargo de la Empresa CNPC Perú S.A, viene ejecutando trabajos de completación de pozos nuevos y reacondicionamiento de pozos antiguos, para lo cual, entre otros trabajos, se emplea la técnica de fracturamiento hidráulico a las formaciones con potencial de producción, empleando una mezcla de fluido gelificado con arena de fractura. Una vez concluido los trabajos, con el apoyo de un equipo de Workover y a través de la circulación del pozo con salmuera (agua + Cloruro de sodio), se procede a realizar limpieza del mismo, retornando a superficie fluido (agua + petróleo) y restos de arena residual de fractura.

De igual forma según la normativa vigente la arena residual de fractura debe ser transportada y dispuesta a ser trasladada por una empresa (EPS-RS), desde el punto de generación hasta su relleno de residuos peligrosos la que se encuentra ubicada a 70km del lugar de origen, durante su traslado por la carretera panamericana existe riesgos muy alto en su transporte ya que lleva sustancias peligrosas. Es preciso señalar además que el costo aproximado por la disposición de una tonelada de arena residual de fractura, es de \$ 80.00 por metro cúbico.

La situación de nuestro país en el tema relacionado con el medio ambiente tiene un acuerdo con estas empresas del rubro hidrocarburo, ya que al no sujetarse a estas normas pueden ser multadas, las organizaciones que están a cargo de fiscalizar a estas empresas es OSINERGMIN y la OEFA, estas también velan por el compromiso de las empresas con la población del lugar de explotación

Se aplicó un tratamiento de recuperación a la arena residual a través del lavado de la misma y un control de calidad mediante pruebas de laboratorio con la finalidad de obtener las características básicas necesarias de acuerdo a los estándares y normativas que el Instituto Americano de Petróleos A.P.I recomienda, para su utilización en trabajos de estimulación de pozos, generando a la vez un ahorro significativo: COSTO - BENEFICIO en los gastos de inversión en la operación de fracturamiento de pozos petrolíferos del Lote X, de la misma manera reducir considerablemente la generación de residuos por este concepto.

La formulación del problema general se establece a manera de; ¿Cuánto mejoran las propiedades de la arena residual del servicio de fracturamiento mediante el proceso de lavado?; y a manera de formulación del problema específico; ¿Cuáles son las propiedades de la arena residual del servicio de Workover después del proceso de lavado?, ¿Cuánto mejora la resistencia a la compresión necesaria, después del proceso de lavado de la arena residual del servicio de fracturamiento?, ¿Cuánto mejora la granulometría requerida, después del proceso de lavado de la arena residual del servicio de fracturamiento?, ¿Cuánto mejora la solubilidad requerida, después del proceso de lavado, de la arena residual del servicio de fracturamiento?.

La investigación de justifica dado a que empresas que explotan campos para la producción de petróleo y gas en el mundo, actualmente afectadas por los bajos precios internacionales del crudo apuestan por la mejora continua en sus operaciones a través de la optimización de sus recursos, bajo este marco podemos decir que después del servicio de terminación de un pozo (Workover) queda un remanente de arena contaminada comúnmente llamado residuo, el cual bajo las Normativa Peruana Legal vigente debe ser dispuesto, a través de una EPS-RS a un costo de \$ 80.00 por metro cúbico.

El propósito fundamental de la presente investigación, fue aplicar un tratamiento a la arena de fracturamiento recuperada y determinar que cumple con las características básicas necesarias como: Granulometría, Resistencia a la compresión y solubilidad, para su reutilización en trabajos futuros de estimulación

de pozos petroleros y de esa manera establecer una ventaja considerable; ya que se puede reducir de manera considerable los costos por concepto de disposición final de la arena residual. Asimismo, desde el punto de vista medioambiental, minimizar la generación de residuos, teniendo en cuenta que el promedio de arena residual recuperada es de aproximadamente 6800 kilogramos, después de haber concluido el servicio de fracturamiento de un pozo de profundidad promedio de 5200 pies. De igual forma la reutilización de la arena permitirá un ahorro representativo toda vez que el costo por la compra de arena se reducirá significativamente.

Lo anteriormente expuesto justifica el desarrollo del presente trabajo como una alternativa de aplicación inmediata, cuya investigación se basó en demostrar que después de un tratamiento de lavado a la arena residual de fractura cumple con los parámetros establecidos en el API RP 56-60 (2014), por lo tanto puede ser reutilizada en las mismas operaciones de fracturamiento, contribuyendo significativamente en la disminución de costos y preservación de nuestra ecología, en favor del proyecto y la zona de influencia del mismo.

El objetivo general se establece de manera de: Mejorar las propiedades de la arena residual del servicio de Fracturamiento según norma API RP 56-60, mediante el proceso de lavado en los Pozos petroleros del Lote X, y a manera de objetivos específicos: Determinar las condiciones organolépticas; color, olor y textura de la arena residual del servicio de Fracturamiento de los pozos petroleros del Lote X, después del proceso de lavado, así a manera de: Obtener la granulometría requerida según la norma API RP 56-60, después del proceso de lavado, de la arena residual del servicio de fracturamiento., así mismo: Obtener la resistencia a la compresión requerida según la norma API RP 56-60, después del proceso de lavado, de la arena residual del servicio de fracturamiento., finalmente: Obtener la solubilidad requerida según la norma API RP 56-60 después del proceso de lavado, de la arena residual del servicio de fracturamiento.

II. MARCO TEÓRICO

Se presentan a continuación las investigaciones relacionadas como la de Hernández (2013), en su estudio a nivel internacional: *“Gestión Ambiental de desechos peligrosos generados por actividades de perforación direccional en el área Carabobo de la faja petrolífera del Orinoco”* (tesis para obtener el Título de Ingeniero de Petróleo) cuyos objetivos fueron ,recopilar información sobre las prácticas de manejo de desechos en pozos de perforación direccional, describir las actividades de perforación direccional en la Faja Petrolífera del Orinoco y sus corrientes de salida, Realizar un estudio de sensibilidad ambiental en el área Carabobo de la Faja Petrolífera del Orinoco para determinar cuáles son las zonas más susceptibles de sufrir variaciones ante la intervención por la actividad petrolera, identificar las posibles fuentes y tipos de desechos generados en la actividad de perforación direccional en la Faja Petrolífera del Orinoco y su impacto ambiental y Determinar cuáles son las mejores prácticas en el manejo de los desechos de perforación direccional que generan menor impacto ambiental posible en la Faja Petrolífera del Orinoco.

Lo rescatable de esta tesis es tener en cuenta la clasificación que se debe hacer en cuanto a cada tipo de residuo por lo que su manejo es diferente.

Así mismo Rodríguez (2013), *diseño de un centro de tratamiento y disposición de desechos producidos por la actividad de perforación petrolera en las regiones de Tomoporo de Venezuela”*. En trabajo de investigación se propuso solución al problema que ocasionan los desechos que generan la perforación de pozos, esto se debe a su mala práctica de tratamientos de estos desechos ya que su exposición al medio ambiente genera un riesgo alto a estos lo que se recomendó a proponer los procedimientos para cumplir con las leyes vigentes impuestas por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, tales como los sistemas de deshidratación, biorremediación e inyección de ripios; y se propuso al mismo tiempo, la utilización de los equipos más apropiados para el manejo de los desechos, como lo son las bombas y las zaranda vibratorias.

El aporte logrado de esta investigación es el uso de zarandas vibratorias que son las adecuadas para la presente investigación ya que se recomienda un proceso de tamizado, para el cual sería conveniente proponer este tipo de mecanismo.

Por otra parte Inami, (2009), en su estudio a nivel nacional: *“Programa piloto de segregación en origen y recolección selectiva de residuos sólidos en el distrito de Piura”* (tesis para optar el Grado de Máster en Gestión y Auditorías Ambientales), teniendo como objetivos mediante la ejecución del proyecto se pretendió contribuir con la mejora de las condiciones de salud pública y ambiente, atendiendo la necesidad de contar con una adecuada gestión de residuos sólidos en el distrito de Piura. Se establecieron como metas, sensibilizar e inscribir al programa piloto a 3 000 familias, al 100% de los trabajadores municipales y al 100% de las instituciones educativas de las zonas involucradas. Para lograr estas metas se aplicaron estrategias de comunicación y participación conjunta de la Municipalidad Provincial de Piura con la sociedad civil.

Esta tesis logró darme un enfoque más amplio en el tema de concientización a la gente en el tema de tratar y reciclar los residuos sólidos y contribuir así con la preservación de nuestro medio ambiente

En el caso de ARPE E.I.R.L (2015), Empresa de servicio de recolección y disposición final de desechos industriales peligrosos y no peligrosos, como EPS-RS / EC-RS, ubicada en la Av. Grau s/n en el distrito de la Brea de la provincia de Talara, departamento de Piura.

El objetivo principal de la empresa ARPE EIRL es la recolección, transporte, comercialización, almacenaje, tratamiento y confinamiento final de residuos sólidos peligrosos, no peligrosos y residuos del ámbito municipal.

También logramos la “Aprobación del estudio impacto ambiental (EIA) de proyectos de infraestructuras de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos sólidos “convirtiéndonos así en primera y única empresa en la Región Grau que cuenta con todas las autorizaciones y licencias para realizar el Servicio de manejo integral de residuos sólidos. En el 2009 se realizó un nuevo aumento de capital continuamos implementando tecnología en nuestra Planta de Manejo de Residuos, se construyeron más pozas con geo membrana para el tratamiento de residuos líquidos, ripios y lodos de perforación.

Por su parte Dioses (2013), *“Utilización de tecnología innovadora biodegradable 100% ecológica con productos bioquímicos – enzimáticos para tratamiento de*

agua residuales utilizables para el riego de parques y jardines en el distrito de Miraflores". El autor propone en la investigación la utilización de tecnología biodegradable con productos químicos para tratamiento de agua residual, mediante los cuales se han realizado distintos estudios para determinar cuáles son los inconvenientes que presentan en el tratamiento de las aguas residuales.

Se considera conveniente la toma de esta investigación como antecedente debido a que establece una tecnología biodegradable para el tratamiento de agua residual, lo cual puede ser aplicada al tratamiento de la arena residual mediante un proceso de lavado. Considero que es un gran aporte, ya que con la utilización del biodegradable me permitirá reducir la contaminación a la cual está expuesta la arena residual, que es el objeto de estudio.

Tenemos como teorías relacionadas con el de esta de investigación:

Ancajima (1991), realizó una investigación sobre "Técnicas de aplicación para reducir o eliminar el grado de contaminación de arenas para ser reutilizable. En donde define como tratamiento; como la aplicación de un proceso, método o técnica para reducir o eliminar su grado de contaminación y ser reutilizable. Subsecuente a este concepto indica sus fases de los tratamientos, tenemos al Tratamiento preliminar; Es la etapa en donde se eliminan desperdicios de gran dimensión hallados usualmente en el desagüe de crudo (ramas, plásticos, piedra, raíces, etc.) Este procedimiento preliminar es muy necesario ya que se necesita remover estos escombros precisamente el mejoramiento de la operación y las subsecuentes áreas de tratamiento. Consecuentemente tenemos el tratamiento primario; es la etapa donde se elimina sólidos inorgánicos y orgánicos por atrapamiento de sedimentos en las rejillas y el material emergente. En países modernos este tratamiento es requisito mínimo para irrigación de aguas residuales. Y finalmente tenemos al tratamiento secundario; Este tratamiento es adicional a del tratamiento primario ya que remueve los sólidos orgánicos que se encuentran suspendidos en el agua en estos tratamientos se utiliza usualmente tratamientos biológicos aeróbicos para tener un mejor resultado.

Según Hernández (2013), indica que la perforación de pozos; es un desarrollo que penetra la corteza de la tierra con un orden y una precisión, puede ser direccional, vertical o hacia un objetivo en; se inicia apilando en la zona que se va a perforar la mecha con calibre grande y en su avance de perforación para así obtener un hoyo de apariencia telescópica. Posterior a ese proceso se consolida el hoyo utilizando revestido con su calibre adecuado para cada hoyo. Finalmente se bombea el revestido terminal para empalmar el crudo en bruto con el pozo y desciende los instrumentos de obtención que posibilitara la extracción o la introducción de fluidos.

Asimismo, Chung (2003), denomina Residuos a aquellos que provienen de las actividades animales y humanas que normalmente son sólidos y que son desechados como inútiles o superfluos sin embargo pueden tener un determinado valor o pueden ser reciclados.

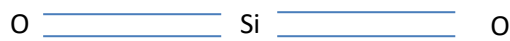
Residuos peligrosos: Son todo restos que al ser de propiedades altamente riesgosas son perjudiciales para el ambiente y a los mismos seres humanos, estos residuos necesitan mecanismos para eliminar lo más mínimo sus propiedades peligrosas para así ser controladas y ser calificadas como residuo especial.

Al mismo tiempo Orazio (2009). define Residuos de Perforación: los pasivos ambientales presentes en campos productores de petróleo y/o gas son ocasionados, generalmente, por las actividades propias de exploración y explotación de hidrocarburos, tales como las intervenciones mecanizadas de pozos (perforación, reparación, servicios y/o reinstalación para diferentes métodos de levantamiento artificial), pruebas de producción, limpieza, mantenimiento y/o refacción de facilidades de superficie y de producción, entre otras. Hernández (2013), define Tecnologías para el manejo de Residuos sólidos: que es el manejo adecuado de los residuos generados en las actividades petroleras tiene cada vez mayor relevancia desde el punto de vista ambiental. Un tratamiento y disposición inadecuada, puede conllevar a problemas de contaminación de suelos, subsuelos y aguas subterráneas, lo cual se traduce en deterioro de la biodiversidad, daños significativos a los ecosistemas y problemas de salud. Por ello es necesario contar con tecnologías eficientes y seguras ambientalmente, que permitan el tratamiento y en general, el manejo correcto de diferentes tipos de residuos

Según Pizarro (2000), indica que la Arena de Sílice en estado natural se encuentra en la naturaleza en diferentes colores, con frecuencia mezclada con Aluminio (Al_2O_3) y óxido de hierro (Fe_2O). La arena sílice es un compuesto resultante de la combinación de la sílice con el oxígeno. Su composición química (SiO_2) está formada por un átomo de sílice y dos átomos de oxígeno, formando una molécula muy estable que es insoluble en agua y que en la naturaleza se encuentra en forma de cuarzo.

Variedades: Arena cristal roca, Arena amatista, El cuarzo, La Ágata, El falso topacio, El jaspe, El ópalo, La piedra Molar, El asperón, El pedernal, La arena corriente.

Propiedades Físicas y Químicas: Si: VAL+-4 O: VAL -2



La sílice es un cuerpo muy duro, raya el vidrio y es resistente.

Su densidad es 2.65 gr/cm^3

A temperatura $1600 \text{ }^\circ\text{C}$ se convierte en una masa pastosa.

A temperatura 1800°C se funde y origina el vidrio transparente.

Se puede calentar al rojo vivo, el cuarzo y puede ser sumergida en agua fría sin que se rompa también presenta diversas formas estructurales.

Las Aplicaciones del cuarzo: se usa para fabricación del vidrio, fabricación de adornos cerámicos, fabricación de mortero y fracturación de pozos petrolíferos.

De esta manera el Instituto Americano de Petróleo API (2014), en sus diversas publicaciones de las investigaciones y Pruebas Hidráulicas para la operación de Fracturación, sustenta las recomendaciones de los TEST que debe realizarse a la arena de fracturamiento estándar, antes de someterla al servicio de fracturamiento. En la práctica existen una serie de pruebas para determinar al mínimo partículas extrañas gruesas no uniformes y el alto grado de polvosidad. Además, están las pruebas físicas y químicas entre las cuales la resistencia de Soporte al impacto del agente de sostén, por otro lado, la resistencia a los ácidos altamente fuertes. Este control de calidad previene que, durante el lanzamiento, perjudique los equipos fracturados, compresores, bombas de lanzamiento, líneas de circulación y lo más

importante en la restauración que consiste en ampliar la permeabilidad y aumentar el flujo del hidrocarburo del agente de sostén.

Test en laboratorio: Lo más importantes:

Análisis de Granulometría

Prueba de Resistencia a la compresión

Análisis de solubilidad – ácidos HCL – HF (12.3) %.

Según Pizarro (2000), indica que la arena de Fracturamiento es el óxido de silicio (SiO₂), se halla en canteras en forma cristalina y en estado poli fórmica, se conoce como cuarzo y es una de las variedades que existe en la naturaleza.

FLUIDO BASE + ACIDO GRASO +ALCALI -----> GEL + F. BASE

Para la composición del fluido base puede usarse: agua apropiada, Diésel 2, Crudo, Kerosene para poder hacer las reacciones físicas y químicas de limpieza. Los iones de sodio (Na) y los iones de Oxidrilo IH y el grupo carboxílico CO Na de activador y gelificante respectivamente son fuertemente polares, en consecuencia: Estos iones y el grupo son solubles en agua (Hidrofólicos), con excepción de los Hidrocarburos principalmente de la serie de ALCANOS que forman parte del petróleo y sus derivados.

Los fluidos gelificantes se sintetizan por afinidad física y agitación Mecánica a solo temperatura ambiente entre grasas y jabones.

La arena de fracturamiento que sale de los pozos para realizarle el tratamiento de limpieza y lavado se hizo una serie de ensayos en Laboratorio cualitativamente y cuantitativamente de fluidos residuales y sólidos residuales para elaborar un diseño del agente desgrasante y agente limpiador sin degradar la estructura molecular ni las propiedades Físicas y Químicas de la arena de sílice, considerando primera iniciativa de su recuperación.

Por su parte Díaz (2013). El servicio de fracturamiento se trata de un proceso de suministrar liquido sumamente viscoso y con propiedades fracturantes. Este fluido a presiones mayores a las de fractura para penetrar en los canales de flujo,

asimismo la arena combinada con este fluido sirve como base para que se formen las paredes del túnel y la extracción se haga con normalidad.

Se ha estimado que los productos químicos usados para fracturar algunos pozos de gas pueden contener 0,44% (por peso) de la cantidad de fluidos de fracturamiento este fluido utilizado en el fracturamiento (mezcla de agua + arena + aditivos químicos), fluye del pozo, a través de tuberías metálicas directamente a tanques habilitados para su almacenamiento temporal, luego se transporta hacia el centro de acopia donde finalmente se integra a la producción del yacimiento para su tratamiento y utilización reinyectándolo nuevamente a la formación.

Por sobre todo el Ministerio de Energía y Minas del Perú. D.S. 046-93-EM. Nos brinda una guía para proyectos de exploración y producción; esta guía es para preservar el medio ambiente y zonas aledañas a la zona de explotación, tiene como finalidad establecer efectos directos de estas operaciones de extracción y producción, Su contenido presenta puntos importantes sobre las eficientes prácticas de producción y extracción, así como el método estándar de transporte de estos. Finalmente, todos estos puntos anteriores dan como resultado una adecuada gestión de extracción y transporte de estos fluidos cumpliendo los estándares nacionales para su adecuada gestión.

Asimismo el Instituto Americano de Petróleo (2014), define Granulométrica: la selección de la medida del grano es con la información de los datos físicos estratigráficos del pozo. La granulometría definida partición de tramaños de fracciones del suelo sobrentendido como una porción en correlación al total del peso de la muestra seca. Ya que, en las aplicaciones de uso, se necesita de materiales de diferentes tamaños.

Tabla 1: Tipo de malla para arena de sílice

Tipo	N° de Malla
ARENA GRUESA	12/20
ARENA SEMIGRESA	16/30
ARENA FINA	20/40

Fuente: API RP 56-60 (2014)

En el procedimiento de Tamizado se utilizan seis tamices y un fondo, colocados en orden decreciente de abertura de malla para cada granulometría. Las mallas usadas son las recomendadas por la norma API RP 56.

Una muestra se vierte sobre el primer tamiz y se coloca en el cernidor por 10'.

La muestra retenida en cada tamiz se transfiere a un plato para ser pesado y se calcula el porcentaje en peso del total de la muestra retenida en cada tamiz.

Según la norma API RP 56, un mínimo de 90% de la gente debe caer entre las mallas nominales, menos del 0.1% de la muestra debe ser retenido por la malla superior del set de tamices y menos del 1.0% de la muestra debe ser menor que la malla inferior del set de tamices. Ver tabla 2.

Tabla 2. Medidas de Tamices

Abertura del Tamiz (um)	1700/850	1180/600	850/425
Designación del tamaño de la arena	12/20	16/30	20/40
Nido de tamices U.S.A recomendado para el ensayo	8	12	16
	12	16	20
	16	20	30
	18	25	35
	20	30	40
	30	40	50
	Base	base	base

Fuente: API RP 56-60 (2014).

Según Alvarado (2010), define Solubilidad con la capacidad de un elemento en diluir en otra. Esta sustancia es el soluto, cuando se genera el proceso se llama dilución, solvente o disolvente. La medida de solubilidad puede ser expresada en moles o en porcentaje, litros o gramos. Una disolución se dice que está saturada cuando, a una determinada temperatura, contiene la máxima cantidad posible de soluto (punto de saturación) A B C.

Procedimiento de Ensayo de Solubilidad: Se aplica el test de solubilidad en ácido descrito por la norma API RP 56. La solubilidad de una arena en una solución ácida

12-3 de HCl- HF es un indicativo de la cantidad de contaminantes indeseables en la misma (por ejemplo: carbonatos, feldespatos, óxidos de hierro, arcillas).

Para este ensayo utilizar una muestra seca en 100 ml de una solución ácida de 12% HCl y 3% de HF.

Incubar durante 30 minutos a 65 °C.

Filtrar la solución con papel pre-pesado.

Secar los residuos insolubles y pesar.

Calcular la solubilidad del agente de sostén como:

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{PesoMuestra} + \text{PesoFiltro} - \text{PesoFinalObtenido}}{\text{Peso muestra (gramos)}} * 100$$

Máximos recomendados por la norma:

Tabla 3. Tamaño de la arena

TAMAÑO DE LA ARENA	MAXIMO DE SOLUBILIDAD (%)
6/12 a 30/50	2.0
40/70 a 70/140	3.0

Fuente: API RP 56-60 (2014)

Según menciona Pizarro (2000), El ensayo de resistencia a la compresión tiene como objetivo principal es determinar la resistencia del material a tratar de percibir su comportamiento durante cargas de compresión o fuerzas este procedimiento es más escaso realizar ya que el ensayo de tracción es más usado. Esto aplica más en materiales como fundición / hormigón y también en piezas solidas acabadas. Posteriormente para hacer el mencionado ensayo se debe de tomar una muestra de arena seca (en gramos) y seleccionar dos tamices de acuerdo a la granulometría de la arena a ensayar. Consecuentemente Seleccionamos dos tamices de acuerdo a la granulometría de la arena a ensayar y colocar ambas mallas en el equipo de tamizado.

Tamizar durante 10 minutos.

Tomar una muestra de la arena del tamiz inferior o de menor abertura. La cantidad de arena depende del diámetro de la celda de compresión.

$$W = 40*(d/2)^2$$

Dónde:

W: Peso de la muestra

D: diámetro de la celda (pulg.)

Ejercer presión de acuerdo a lo estipulado por la norma:

Tabla 4. Máximo de finos

Granulometría	Esfuerzo (psi)	% Máx. de
6/12	2000	20
8/16	2000	18
12/20	3000	16
16/30	3000	14
20/40	4000	14
30/50	4000	10
40/70	5000	8
70/140	5000	6

Fuente: API RP 56-60 (2014)

Alcanzar la presión sugerida en la tabla en aproximadamente un minuto y mantenerla por un lapso de dos minutos. Cumplido dicho plazo quitar la presión.

- Desarmar la celda de ensayo y con cuidado extraer la arena.
- Colocarlo en el tamiz inferior o de menor abertura y el fondo y zarandearlo durante 10 minutos.
- Cumplido el plazo extraer la muestra del fondo y pesarla.
- El porcentaje de finos no debe exceder el % Máximo de Finos establecido por la norma.

$$\% \text{ Finos Obtenidos} = \frac{\text{Peso de Finos} * 100}{\text{Peso Muestra}}$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

Conforme a la intervención del investigador, fue de tipo experimental, porque se manipularán las variables de estudio tanto la independiente.

Según la planificación de la toma de datos es prospectiva porque los datos son recogidos a propósito de lograr a través de un tratamiento las características de la arena estándar que cumplan con norma API RP 56-60 (2014) requerida y así pueda ser reutilizada en el servicio de fracturamiento de los pozos petroleros en el lote X. Asimismo, el número de variables analíticas, será de tipo analítico, se utiliza el análisis estadístico bivariado, porque plantea y pone a prueba las hipótesis, para establecer la asociación entre la medición de la variable dependiente.

Se planteo un enfoque de tipo cuantitativo, ya que se emplea una adquisición de datos relevantes haciendo uso de métodos estadísticos los cuales sirven para la resolución del problema.

Los autores Hernández, Fernández y Baptista (2014: 4), definen que este tipo de enfoque se basa en que los conocimientos deben ser de carácter objetivo, y esto parte desde un proceso de observación y deducción, y así mediante un análisis empírico – analítico, se comprueban hipótesis previamente planteadas. Asimismo, Ortega (2018), nos dice que un enfoque cuantitativo es un estudio que se enfoca en mediciones estadísticas, utilizando recursos de observación para un proceso de recolección de datos. A su vez (Jansen, 2020) agrega que este enfoque se suele utilizar más comúnmente cuando los objetivos planteados buscan una resolución estadística, de igual forma se puede utilizar también para determinar la relación entre dos variables. Asimismo, Supo (2014), indica la investigación a nivel aplicativo se refiere a estudios con intervención para resolver problemas, las técnicas estadísticas del control de la calidad apuntan a evaluar el éxito de la intervención en cuando a: proceso, resultados e impacto, para esta investigación el nivel de investigación es aplicativo porque se plantea o interviene en un problema determinado enmarcando una innovación científica y ya comprobada. De igual manera Hernández, Fernández, y Batista. (1999), La investigación se considera de experimento puro, del tipo factorial los diseños factoriales manipulan dos o más variables independientes e incluyen dos o más niveles o modalidades de presencia en cada una de las variables independientes, analizando la granulometría, la

resistencia a la compresión con 3000 psi y la solubilidad con una concentración de ácido clorhídrico (12%) y ácido fluorhídrico (3%) que se aplicará a la arena residual obtenida del servicio de Workover de los pozos petroleros del lote X. El diseño se representa de la siguiente manera:

G : O1 - X - O2

Dónde:

G : Arena residual.

O1 : Medir las propiedades iniciales de la arena contaminada.

X : Tratamiento (diseño de Ingeniería)

O2 : Verificar las propiedades luego de la aplicación del tratamiento a la arena.

3.2. Variables y Operacionalización

Variable Independiente:

Proceso de lavado en los pozos petroleros.

Variable dependiente:

Propiedades de la arena residual del servicio de fracturamiento.

3.3. Población, muestra y muestro

La población considerada en la investigación está conformada por un promedio de 3000 kg de arena residual del centro de acopio temporal.

La muestra en esta investigación será determinada mediante la siguiente formula estadística.

$$n = \frac{Z^2 * P * q * N}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Dónde:

n: Tamaño de la muestra.

z: Nivel de confianza (95%).

p: Probabilidad de éxito (50%).

q: Probabilidad de fracaso (50%).

N: Tamaño de población (3000).

e: Error máximo permitido (5%).

Reemplazando:

$$\frac{(0.95)^2 * 0.5 * 0.5 * (3000)}{(0.05)^2(1500 - 1) + (0.95)^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 100 \text{ gramos}$$

La muestra determina que serán 100 gramos por como objeto de estudio.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Al ser documentos de laboratorio no se necesita validación de instrumentos.

Tabla 5: Técnica e instrumentos de recolección de datos

Indicador	Técnica	Instrumento	Anexos
Granulometría	Análisis de documento	Ficha de contenido	Anexo 02:Análisis de Granulometría
Resistencia a la compresión	Análisis de documento	Ficha de contenido	Anexo 03:Análisis de resistencia a la compresión
Solubilidad	Análisis de documento	Ficha de contenido	Anexo 04:Análisis de solubilidad
Lavado de arena	Análisis de documento	Ficha de contenido	Anexo 05:Ensayos de lavado

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Procedimientos

A continuación, se detalla los procedimientos que se realizarán para el desarrollo de la investigación.

Primero se extrajo la arena residual que retorna durante el proceso de Workover que es básicamente la limpieza de los pozos esta arena tiene propiedades que no son aptas para su reutilización, es por ello que se realizó ensayos en el laboratorio con la arena contaminada y hacerle un proceso de lavado con diferentes aditivos (SAP CLEAN 40, HIPOCLORITO DE SODIO, BIO DEGRADABLE, CHAMPU, DETERGENTE INDUSTRIAL GRANULADO), a la misma vez fusionamos 2

productos aditivos para determinar si hay una mejora el proceso de lavado a la arena contaminada. Obteniendo así, arena refinada con condiciones organolépticas aptas en la normal API RP 56-60.

Posteriormente se pasó la arena lavada en mayas en el laboratorio para comprobar si el 90% de arena cae en las mayas nominales concluyendo que la arena procesada si cumple con la Granulometría requerida en la normal API RP 56-60. Asimismo, se pasó 100 gramos de la arena a la compresora y aplicándole 3000 psi de fuerza por un lapso de un minuto a dos minutos, posteriormente se pasó por el tamiz para determinar si cumple con las normal vigente.

Finalmente, la muestra de arena pasada por el proceso de lavado se le aplico el test de solubilidad en el laboratorio para obtener una arena que esté libre de contaminantes indeseables este ensayo en laboratorio pudo determinar que la muestra si cumple con la normativa.

3.6. Método de Análisis de Datos

Para el análisis de datos se utilizó técnicas estadísticas para la medición de los objetivos a alcanzar los cuales serán de análisis cuantitativo, donde se emplearán estadísticos como

- Programa Excel. Word.

Este tipo de programa permitirá realizar las tablas para los distintos ensayos a realizar con el objeto de estudio.

3.7. Aspectos Éticos

En el presente proyecto durante el muestreo y ensayos que forman parte de la investigación no presentaron ningún tipo de peligro a las personas ni al medio ambiente. Luego de la implementación y masificación de este proceso ocasionará un impacto social positivo generando nueva fuente de trabajo y minimizar los daños a nuestra ecología.

IV. RESULTADOS

Determinación de las condiciones organolépticas del proceso de lavado.

Resultados del proceso de lavado

Tabla 6. Primer ensayo: Utilizando el aditivo SAP CLEAN 40

LAVADO (Agua 250 ml)	SAP CLEAN 40 (cm ³)	ENJUAGE (Agua 250 ml)		
		Color	Textura	Olor
	1	MALO	MALO	MALO
	3	MALO	REGULAR	REGULAR
	5	MALO	OPTIMO	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Segundo ensayo: Utilizando el aditivo HIPOCLORITO DE SODIO

LAVADO (Agua 250 ml)	HIPOCLORITO DE SODIO (cm ³)	ENJUAGE (Agua 250 ml)		
		Color	Textura	Olor
	1	MALO	MALO	REGULAR
	2	MALO	MALO	REGULAR
	3	MALO	MALO	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Tercer ensayo: -Utilizando el aditivo BIO DEGRADABLE

LAVADO (Agua 250 ml)	BIO DEGRADABLE (cm ³)	ENJUAGE (Agua 250 ml)		
		Color	Textura	Olor
	1	REGULAR	REGULAR	REGULAR
	1.5	REGULAR	REGULAR	REGULAR
	2	REGULAR	REGULAR	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Cuarto ensayo: Utilizando el aditivo CHAMPU

LAVADO (AGUA 250 ml)	CHAMPU (cm ³)	ENJUAGE (Agua 250 ml)		
		Color	Textura	Olor
	0.5	MALO	MALO	MALO
	1.	MALO	MALO	MALO
	2	MALO	MALO	MALO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Quinto ensayo: Utilizando DETERGENTE INDUSTRIAL GRANULADO

LAVADO (Agua 250 ml)	DETERGENTE INDUSTRIAL	ENJUAGE (Agua 250 ml)		
		Color	Textura	Olor

	GRANULADO (gr)			
	1	REGULAR	MALO	REGULAR
	2	REGULAR	MALO	REGULAR
	3	REGULAR	MALO	OPTIMO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Sexto ensayo: Utilizando DETERGENTE INDUSTRIAL GRANULADO + CHAMPU

LAVADO (Agua 100 ml)	CHAMPU (cm³)	DETERGENTE INDUSTRIAL GRANULADO (gr)	ENJUAGE (Agua 100 ml)		
			Color	Textura	Olor
	2.5	1	REGULAR	MALO	REGULAR
	3	2	REGULAR	MALO	REGULAR
	3.5	3	REGULAR	MALO	OPTIMO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Séptimo ensayo: Utilizando DETERGENTE IND. GRANULADO + SAP CLEAN 40

LAVADO (Agua 250 ml)	SAP CLEAN 40 (cm³)	DETERGENTE INDUSTRIAL GRANULADO (gr)	ENJUAGE (Agua 250 ml)		
			Color	Textura	Olor
	6	4	REGULAR	REGULAR	REGULAR
	7	5	OPTIMO	REGULAR	OPTIMO
	8	6	OPTIMO	OPTIMO	OPTIMO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Octavo ensayo: Utilizando DETERGENTE IND. GRANULADO +HIPOCLORITO DE SODIO

LAVADO (Agua 250ml)	HIPOCLORITO DE SODIO (cm³)	DETERGENTE INDUSTRIAL GRANULADO (gr)	ENJUAGE (Agua 250 ml)		
			Color	Textura	Olor
	0.6	4	REGULAR	MALO	REGULAR
	0.8	5	REGULAR	MALO	OPTIMO
	1.3	6	REGULAR	MALO	OPTIMO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Noveno ensayo: Utilizando BIO DEGRADABLE + CHAMPU

LAVADO (Agua 250 ml)	CHAMPU (cm³)	BIO DEGRADABLE (cm³)	ENJUAGE (Agua 250ml)		
			Color	Textura	Olor
	1	2.3	REGULAR	REGULAR	REGULAR

	1.5	2.6	REGULAR	REGULAR	REGULAR
	2.5	3	REGULAR	REGULAR	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

Se realizaron 09 ensayos con diferentes tipos de aditivos en conjugando cantidades y volúmenes. Obteniendo el resumen en la tabla 16.

Tabla 15. Resultados obtenidos

Características Organolépticas		Muestras después del Proceso de Lavado								
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
COLOR	OPTIMO							X		
	REGULAR	X	X	X		X	X		X	X
	MALO				X					
TEXTURA	OPTIMO							X		
	REGULAR	X	X	X		X	X		X	X
	MALO				X					
OLOR	OPTIMO							X		
	REGULAR	X	X	X		X	X		X	X
	MALO				X					

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar los ensayos con la combinación de aditivos se determinó que el Ensayo 7 es el óptimo. El resultado de limpieza se asemeja más a las características de la arena estándar.

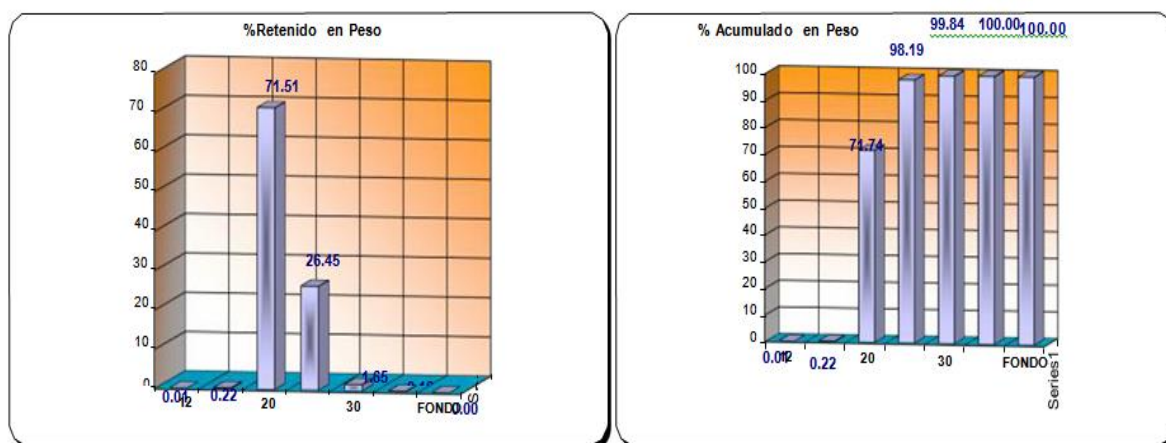
Obtener la resistencia a la compresión requerida según la norma API RP 56-60, después del proceso de lavado, de la arena residual del servicio de Fracturamiento.

Tabla 16. Resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio.

MALLA	REQUERIMIENTO API	RETENIDO % EN PESO			PROM.	ACUMULADO % EN PESO			PROM.
		N° de MUESTRAS				N° de MUESTRAS			
		1	2	3		1	2	3	
12	máximo ,01%	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
16		0.21	0.21	0.23	0.22	0.22	0.22	0.23	0.22
20		71.50	71.52	71.52	71.51	71.72	71.74	71.75	71.74
25		26.46	26.42	26.48	26.45	98.18	98.16	98.23	98.19
30		1.66	1.67	1.62	1.65	99.84	99.83	99.85	99.84
40		0.16	0.17	0.15	0.16	100.00	100.00	100.00	100.00
FONDO	máximo ,01%	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	mínimo 90%	RETENIDO ENTRE MALLAS			99.83	99.83	99.82	99.85	99.83

Fuente: Elaboración propia.

Figura 01. Resultados de Granulometría.



Fuente: Laboratorio CPVEN

Obtener la solubilidad requerida según la norma API RP 56-60 después del proceso de lavado, de la arena residual del servicio de fracturamiento.

Tabla 17. Resultados de análisis de solubilidad.

TIEMPO DE ATAQUE	SOLUBILIDAD			
30 MINUTOS	1	2	3	PROMEDIO
	1.88	1.90	1.89	1.88
REQUERIMIENTO API	M A X I M O 2%			

Fuente: Propia

Obteniendo un porcentaje aceptable menos que lo recomendado por la Norma API RP 56-60 (2014).

Obtener la resistencia a la compresión requerida según la norma API RP 56-60 después del proceso de lavado, de la arena residual del servicio de Fracturamiento.

Según API RP 56-60 para el tipo de arena 16/30 será sometida a 3000 psi.

Granulometría	Esfuerzo (psi)	% Máx. de Finos
6/12	2000	20
8/16	2000	18
12/20	3000	16
16/30	3000	14
20/40	4000	14
30/50	4000	10
40/70	5000	8
70/140	5000	6

Figura 02 : Tipos granulométricos
Fuente: API RP 56-60 (2014)

Tabla 18. Resultado de ensayo de Resistencia a la compresión.

PRESION DE ENSAYO	FINOS GENERADOS			PROMEDIO
	1	2	3	
3000	2.22	2.31	2.22	2.25
REQUERIMIENTO. API	M A X I M O 14 %			

Fuente: Propia.

Obteniendo un máximo de 2.25 % de finos obtenidos luego de ser sometido a 3000 psi.

V. DISCUSIÓN

Determinar las condiciones organolépticas; color, olor y textura de la arena residual del servicio de Fracturamiento de los pozos petroleros del Lote X, después del proceso de lavado

Para el desarrollo del primer objetivo, se logró encontrar un diseño patrón a utilizar en el procedimiento de lavado de arena residual, variando la concentración de aditivos en varios ensayos con diferentes cantidades en peso (P) y volumen(V) tomando en consideración los siguientes: limpiador biodegradable, detergente industrial granulado, hipoclorito de sodio , desengrasante Sap clean 40 y champú, los cuales fueron clasificados para la realización de estos ensayos porque cumplían con la recomendación técnica del Instituto Americano del Petróleo API (2014) RP 56-60. Es necesario señalar para que la arena de sílice no altere sus propiedades físico-químicas, no debe mezclarse un producto limpiador o desengrasante que tenga su PH menos de 7, por lo tanto, los aditivos que se utilizaron tienen un PH de 7.5 (ligeramente básico)

En la tabla 7, se muestran los resultados del primer ensayo del proceso de lavado, en una proporción de: 250 ml de agua por espacio de 5 minutos con muestras de arena residual de 100 gramos, con la aplicación del Sap Clean 40 (Removedor de suciedad y desengrasante), en proporciones de: 1 cm³, 3 cm³ y 5 cm³, para cada muestra respectivamente para luego ser sometidas a un enjuague con la misma proporción de agua a las tres muestras del mismo peso donde no se obtuvieron resultados requeridos ya que aún persiste el color marrón oscuro, sin embargo se evidenció la eliminación de residuos de hidrocarburos, asimismo aún presenta un ligero olor oleoso.

En la tabla 8, se muestran los resultados del segundo ensayo del proceso de lavado en una proporción de 250 ml de agua por espacio de 5 minutos a 03 muestras de arena residual de 100 gramos, con la aplicación de Hipoclorito de sodio, en proporciones de: 1 cm³, 2 cm³ y 3 cm³, para cada muestra respectivamente para luego ser sometidas a un enjuague con la misma proporción de agua a las tres muestras del mismo peso donde no se obtuvieron resultados requeridos ya que aún persiste el color marrón oscuro, aún presenta un ligero olor oleoso e impregnación de hidrocarburos.

En la tabla 9, se muestran los resultados del tercer ensayo del proceso de lavado en una proporción de 250 ml de agua por espacio de 5 minutos a 03 muestras de arena residual de 100 gramos, con la aplicación de biodegradable, en proporciones de: 1.0 cm³, 1.5 cm³ y 2.0 cm³, para cada muestra respectivamente para luego ser sometidas a un enjuague con la misma proporción de agua y el mismo tiempo antes utilizado en las tres muestras del mismo peso donde no se obtuvieron resultados requeridos ya que aún persiste el color marrón, aún presenta un ligero olor oleoso y ligera impregnación de hidrocarburos.

En la tabla 10, se muestran los resultados del cuarto ensayo del proceso de lavado en una proporción de 250 ml de agua por espacio de 5 minutos a 03 muestras de arena residual de 100 gramos, con la aplicación de champú, en proporciones de: 0.5 cm³, 1.0 cm³ y 2.0 cm³, para cada muestra respectivamente para luego ser sometidas a un enjuague con la misma proporción de agua y el mismo tiempo antes utilizado en las tres muestras del mismo peso donde no se obtuvieron resultados requeridos ya que aún persiste el color marrón, aún presenta olor oleoso e impregnación de hidrocarburos.

En la tabla 11, se muestran los resultados del quinto ensayo del proceso de lavado en una proporción de 250 ml de agua por espacio de 5 minutos a 03 muestras de arena residual con la aplicación de Detergente industrial granulado, en proporciones de: 1 gr, 2 gr y 3 gr , para cada muestra respectivamente para luego ser sometidas a un enjuague con la misma proporción de agua y el mismo tiempo antes utilizado en las tres muestras del mismo peso donde no se obtuvieron resultados requeridos ya que aún persiste el color marrón , sin embargo se evidenció la eliminación del olor pero aun presenta impregnación de hidrocarburos.

En la tabla 12, se muestran los resultados del sexto ensayo del proceso de lavado en una proporción de 250 ml de agua por espacio de 5 minutos a 03 muestras de arena residual, con la aplicación de una combinación de Detergente industrial granulado(removedor de suciedad) en proporciones de(0.3 gr, 0.4 gr y 0.5 gr) y Champú aumentando las proporciones de (2.5 cm³, 3 cm³ y 3.5 cm³) para cada muestra respectivamente para luego ser sometidas a un enjuague con la misma proporción de agua y el mismo tiempo antes utilizado en las tres muestras del mismo peso donde no se obtuvieron resultados requeridos ya que aún persiste el

color marrón , sin embargo se evidenció la eliminación del olor pero aun presenta impregnación de hidrocarburos.

En la tabla 13, se muestran los resultados del séptimo ensayo del proceso de lavado en una proporción de 250 ml de agua por espacio de 5 minutos a 03 muestras de arena residual, con la aplicación de una combinación de Detergente industrial granulado, aumentando sus proporciones de(4 gr, 5 gr y 6 gr) y el removedor de suciedad (Sap Clean 40) aumentando las proporciones en (6 cm³, 7cm³ y 8 cm³) para cada muestra respectivamente para luego ser sometidas a un enjuague con la misma proporción de agua y el mismo tiempo antes utilizado en las tres muestras del mismo peso respectivamente donde no se obtuvieron resultados requeridos y favorables presentado un color ligeramente marrón , eliminando por completo los residuos de hidrocarburos , también eliminando el olor oleoso.

En la tabla 14, se muestran los resultados del octavo ensayo del proceso de lavado en una proporción de 250 ml de agua por espacio de 5 minutos a 03 muestras de arena residual con la aplicación de una combinación de Detergente industrial granulado, aumentando sus proporciones de(4 gr, 5 gr y 6 gr) Hipoclorito de sodio aumentando las proporciones en (0.6 cm³, 0.8 cm³ y 1.3 cm³) para cada muestra respectivamente para luego ser sometidas a un enjuague con la misma proporción de agua y el mismo tiempo antes utilizado en las tres muestras del mismo peso respectivamente donde no se obtuvieron resultados requeridos aún presentado un color marrón , eliminando por completo el olor oleoso pero presenta impregnación de hidrocarburos.

En la tabla 15, se muestran los resultados del noveno ensayo del proceso de lavado en una proporción de 250 ml de agua por espacio de 5 minutos a 03 muestras de arena residual, con la aplicación de una combinación de Bio degradable, aumentando sus proporciones de(2.3 cm³, 2.6 cm³, y 3 cm³,) y Champú aumentando las proporciones en (1 cm³, 1.5 cm³ y 2.5 cm³) para cada muestra respectivamente para luego ser sometidas a un enjuague con la misma proporción de agua y el mismo tiempo antes utilizado en las tres muestras del mismo peso donde no se obtuvieron resultados requeridos aún presentado un color marrón , ligero el olor oleoso pero con ligera impregnación de hidrocarburos.

Luego de haber realizado 09 ensayos con diferentes cantidades de aditivos se constató que a travez del ensayo N° 07, las características organolépticas (color,

textura y olor) se asemejan a la arena estándar. La proporción de mezclas de aditivos utilizado para una muestra de 100 gramos de arena residual es: 8. cm³ de Removedor de suciedad (Sap-Clean 40) + 6.00 gramos de Detergente industrial granulado (puede ser marca sapolio o magia blanca) y 500 ml de agua industrial, logrando así un diseño patrón para el lavado de la arena.

Obtener la granulometría requerida según la norma API RP 56-60, después del proceso de lavado, de la arena residual del servicio de fracturamiento.

Para el desarrollo del segundo objetivo la muestra lavada fue sometida a un ensayo de granulometrías, según la norma API RP 56-60 (2014) recomienda que un mínimo de 90% del agente debe caer entre las mallas nominales, menos del 0.1% de la muestra debe ser retenido por la malla superior del set de tamices y menos del 1.0% de la muestra debe ser menor que la malla inferior del set de tamices. Los valores presentados son el resultado de los análisis de la arena 16/30 siguiendo las recomendaciones de la norma del Instituto Americano de Petróleo API. RP 56-60(2014). La muestra fue pesada de cada 100 gramos y luego pasada a través de un set de tamices específicos para el tipo de arena según procedimiento, según el análisis realizado esta arena si cumple con la recomendación ya que se obtiene un mínimo de 93.83 % retenido entre la malla 16 a la 30.}

Obtener la resistencia a la compresión requerida según la norma API RP 56-60, después del proceso de lavado, de la arena residual del servicio de fracturamiento.

Para el desarrollo del tercer objetivo a la muestra se le realizó un ensayo de resistencia a la compresión tomando una muestra de arena seca de 100 gramos y se seleccionaron dos tamices de acuerdo a la granulometria de la arena en este caso de tipo 16/30, se tamizo durante 10 minutos luego se tomó una muestra de 22,5 gr + - 0.5 gr de la arena del tamiz inferior o de menor abertura, para luego ejercer presión de acuerdo a lo estipulado por la norma 3000 psi. Se alcanzó la presión sugerida en la tabla en aproximadamente un minuto y se mantuvo por dos minutos cumplido dicho plazo se retiró la presión, se colocó en el tamiz inferior o de menos abertura y el fondo y se zarandeó durante 10 minutos, cumplido el plazo se extrajo la muestra del fondo y se pesó.

La norma API RP 56-60 (2014) recomienda que después del ensayo de resistencia a la compresión el porcentaje máximo de finos debe ser el 14%. Lo cual indica que esta arena si cumple ya que solo se obtuvieron un máximo de 2.25% los finos obtenidos.

Obtener la solubilidad requerida según la norma API RP 56-60 después del proceso de lavado, de la arena residual del servicio de fracturamiento.

Para el desarrollo del cuarto objetivo, se aplicó el test de solubilidad en ácido descrito por la norma API RP 56-60(2014). La solubilidad de una arena en una solución ácida con porcentajes del 12-3 % de HCL-HF es un indicativo de la cantidad de contaminantes indeseables en la misma. Para este ensayo se utilizaron 5 gr de muestra seca en 100 ml de una solución ácida del 12% HCL (Ácido Clorhídrico) y 3% HF (Ácido Fluorhídrico), En una terma eléctrica por un tiempo de 30 minutos a 65°C. Se filtró la solución con papel presado y luego se secaron los residuos insolubles para proceder a pesarlo.

VI. CONCLUSIONES

Considerando el primer objetivo que es determinar las condiciones organolépticas; color, olor y textura de la arena residual provenientes del servicio Fracturamiento de los pozos petroleros del Lote X, después del proceso de lavado.

1. Llegué a la conclusión con los resultados del séptimo ensayo en el proceso de lavado utilizando detergente industrial granulado, el removedor de suciedad (Sap Clean 40) se obtuvieron resultados requeridos y favorables logrando las condiciones organolépticas que presenta la arena nueva.
2. Considerando el segundo objetivo Obtener la granulometría requerida después del proceso de lavado según la norma API RP 56-60 (2014), según el análisis realizado esta arena si cumple con la recomendación ya que se obtiene un mínimo de 93.83 % retenido entre la malla 16 a la 30.
3. Considerando el tercer objetivo Obtener la resistencia a la compresión requerida después del proceso de lavado según la norma API RP 56-60, La norma API RP 56-60 (2014) recomienda que después del ensayo de resistencia a la compresión el porcentaje máximo de finos debe ser el 14%. Lo cual indica que esta arena si cumple ya que solo se obtuvieron un máximo de 2.25% los finos obtenidos.
4. Considerando el cuarto objetivo obtener la solubilidad requerida según la norma API RP 56-60 después del proceso de lavado, Obteniendo un máximo de finos de 1.88 % por debajo del 2% recomendado por la norma API RP-56-60 (2014).

Los resultados demuestran que si cumple con las recomendaciones afirmando que esta arena recuperada es encuentra apta para ser reutilizada en los trabajos de Fracturamiento de pozos petrolíferos.

VII. RECOMENDACIONES

Antes del proceso del lavado de la arena residual

No mezclar las arenas ya que no todas tienen el mismo grado de contaminación así sería conveniente su clasificación por grado de contaminación ya que hemos encontrado el diseño patrón para el lavado de una arena en regular estado.

La arena proveniente del pozo no debe ser almacenada en sacas herméticas al contrario debe permanecer al aire libre sobre una superficie impermeable y canaletas de evacuación de líquidos de tal manera que se pueda liberar los gases y líquidos.

La colocación de la arena a tratar deberá estar próxima al área del lavado y así aprovechar el factor tiempo-espacio.

Durante el proceso

Al momento de realizar el trabajo de pre tamizado se deberá usar según norma del Instituto Americano del Petróleo (A.P.I) la malla # 08, para trabajos de zarandeo en húmedo.

En cuanto a los aditivos para evitar daños sobre su composición físico-química de la arena de sílice en sus propiedades es recomendable usar agentes limpiadores con PH de 7 a 7.5. cuya condición sea bio-degradable.

Utilizar implementos de seguridad apropiados para la actividad en ejecución. Durante el proceso el lugar de lavado no debe contener ningún otro tipo de sustancias, material que no esté contemplado en el procedimiento.

Después del proceso

Realizar la evacuación del agua residual como resultado del proceso de lavado y disponerla en forma adecuada y oportuna.

REFERENCIAS

A.P.I. INSTITUTO AMERICANO DE PETROLEO 2014. Recomendaciones para agentes de sostén (arena) en Trabajos de Fracturamiento.

ADAMS, R. y MORALES, F. 2008., Concentración Residual de Hidrocarburos en Suelo del Trópico. I: Consideraciones Para la Salud Pública y Protección al Ganado [online]. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/339/33933702.pdf>

Alvarado 2010. Estudios sobre materiales solubles. Para obtener el título de ingeniero Mecánico. En escuela Superior Politécnica del litoral. Ecuador.

Ancajima, 1991., Realizó una investigación sobre “Técnicas de aplicación para reducir o eliminar el grado de contaminación de arenas. Lima-Perú.

ARPE E.I.R.L 2015. Empresa de servicio de recolección y disposición final de desechos industriales peligrosos y no peligrosos, como EPS-RS / EC-RS, ubicada en la Av. Grau s/n en el distrito de la Brea de la provincia de Talara, departamento de Piura.

Barradas 2009. Realizo la investigación de “Gestión integral de residuos sólidos”. Para obtener el Título en maestría en ciencias de Ingeniería Ambiental.

CABRERA COVARRUBIAS, Francisca Guadalupe et al. 2015., Mechanical properties of mortars containing recycled ceramic as a fine aggregate replacement. Revista de la Construcción [online]. vol.14, n.3, pp.22-29. ISSN 0718-915X. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2015000300003&lng=es&nrm=iso.<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2015000300003>.

CABRERA COVARRUBIAS, Francisca Guadalupe et al. 2017., Propiedades en estado fresco de morteros con árido reciclado de hormigón y efecto de la relación c/a. Ing. Desarro. [online]. vol.35, n.1, pp.198-218. ISSN 0122-3461. Disponible en:<http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-4612017000100198&lng=en&nrm=iso>.

CECCATO, D, et al. 2009., Reciclaje de escoria granulada de fundición (EGF) como sustitución de parte del cemento en hormigón. Matéria (rio De Janeiro) [online], vol 14(1),pp 737–748. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S1517-70762009000100008>.

Chung, 2003., Realizó un Análisis económico de la ampliación del manejo de residuos sólidos. Para obtener el título de Ingeniero Industrial. Universidad Mayor de San Marcos. Escuela Post grado 2003. Lima. Pag: 98-100.

COLUMBIE LAMORU, Lianis de los Ángeles; CRESPO CASTILLO, Raida; RODRIGUEZ SUAREZ, Leonardo y GONZALEZ BATISTA, Yadira. 2022., Evaluación del uso de vidrio reciclado en la producción de hormigones cubanos. Min. Geol. [online]. vol.36, pp.218-233. ISSN 1993-8012. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122020000200218&lng=es&nrm=iso>.

Dioses, 2013. Realizó la investigación denominada “Utilización de tecnología innovadora biodegradable 100% ecológica con productos bioquímicos – enzimáticos para tratamiento de agua residuales utilizables para el riego de parques y jardines en el distrito de Miraflores”. Lima. Perú.

Elías Silupu, J. W., Flores Franco, J. E., Barrera Gutiérrez, R. E., & Reyna Pary, C. A. 2020., Efecto de la Utilización de Agregados de Concreto Reciclado sobre el Ambiente y la Construcción de Viviendas en la Ciudad de Huamachuco [online]. Puriq, vol. 2(1), pp. 16–27. <https://doi.org/10.37073/puriq.2.1.68>

GARCÍA, C., SAN JOSÉ, J.T., URRETA, J.I., 1999., "Reuse valorization in civil works of electric arc furnace (EAF) slag produced in C.A.P.V", In: Proceedings of Global Symposium and Recycling: Waste Treatment and Clean Technology, España pp. 417-424.

HERNANDEZ ZAMORA, María Fernanda; JIMENEZ MARTINEZ, Sebastián y SANCHEZ MONGE, Juan Ignacio. 2021 materiales alternativos como oportunidad de reducción de impactos ambientales en el sector construcción. Tecnología en Marcha [online]. vol.34, n.2, pp.3-10. ISSN 0379-3982. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822021000200003&lng=en&nrm=iso>.

Hernández, 2013. Realizó la investigación Gestión Ambiental de desechos peligrosos generados por actividades de perforación direccional en el área Carabobo de la faja petrolífera del Orinoco para así obtener el Título de Ingeniero de Petróleo. Venezuela : s.n..

Hernandez, Fernandez, y Batista. 1999., Gestión Ambiental de Deseche peligrosos generados por actividades de perforación direccional Carabobo de la faja petrolifera del Orinoco. Mexico : Mc Graw Hill, 1999.
<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v34i2.4831>.

Inami, 2009. Realizó la investigación “Programa piloto de segregación en origen y recolección selectiva de residuos sólidos en el distrito de Piura” para optar el Grado de Máster en Gestión y Auditorías Ambientales.

Islam, S, et al, 2022., Improvement of consolidation properties of clay soil using fine-grained construction and demolition waste. Heliyon [online], vol 8(10), pp 11029. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11029>

Jara Medina, Julio Enrique. 2018., Desarrollo de una metodología de recuperación de suelos altamente contaminados con metales pesados utilizando remediación fisicoquímica y fitorremediación. Universidad Andrés Bello, Santiago – Chile. 112 pág.

Kalinowska-Wichrowska, K., Piña Ramírez, C, y Vidales Barriguete, A. 2019., La segunda vida de los residuos de construcción. Propuesta para reutilizar como agregado árido reciclado y residuos de material aislante = The second life of construction waste. Proposal to reuse recycled fine aggregate and residues of insulating materials. Anales de Edificación, vol 5(2). Disponible en: <https://doi.org/10.20868/ade.2019.4039>.

Muñoz Macías, J. A, et al, 2019., Determinación de la resistencia a la compresión de bloques, utilizando para su construcción, una mezcla de cemento, arena y triturados de ladrillos artesanales. Revista de Investigaciones En Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT [online], vol 4(1), pp 19. ISSN: 2588-0721. Disponible en: <https://doi.org/10.33936/riemat.v4i1.1941>.

Orazio 2009. Diseño de un centro de tratamiento y disposición de desechos de la actividad de perforación petrolera. Para optar el título en la facultad de Ingeniería Química. Maracaibo – Venezuela.

PIETRO DIAZ, Vicente y VILLA PEREZ, Agustin. 1999., LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR HIDROCARBUROS: UN ENFOQUE PARA ABORDAR SU ESTUDIO. Rev. Cubana Hig Epidemiol [online].-

Pizarro 2000., Realizó un estudio sobre la Recuperación de arenas contaminadas. “Contaminación del suelo” .3ra Edición. Pag: 60. Lima – Perú.

Rodriguez, 2013. Realizó una tesis basada en un diseño de un centro de tratamiento y disposición de desechos producidos por la actividad de perforación petrolera en las regiones de Tomoporo. Venezuela. Y lograr obtener el Título de Ingeniera Geofísica.

Sarmiento Garcia, Jairo E y Ante Bonilla, Jhon F, 2016. Propuesta metodológica para la adecuada reutilización de residuos de construcción a partir de un análisis de caso [online]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/94.

Serrano, A.; Tejada, M.; Gallego, M. y González, J. 2009. Evaluation of soil biological activity after a diesel fuel spill [online]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969709002459>.

Soto, G.; Borges, F.; Cardenas, C.; Araujo I. y Delgado, J. 1997., Biorremediación de un suelo contaminado con hidrocarburo utilizando bacterias autóctonas, Maracaibo, Estado Zulia. IV Congreso Interamericano sobre el Medio Ambiente Resúmenes de Conferencias. pp. 147-148 . Caracas: Universidad Simón Bolívar.

Supo, 2012. Seminarios de Investigación Científica. Peru : Bioestadístico, 2012.

TRUJILLO NARCIA, Antonio et al 2012., Efecto de la restauración de un fluvisol contaminado con petróleo crudo. Rev. Int. Contam. Ambient [online]. vol.28, n.4, pp.360-374. ISSN 0188-4999. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000400011&lng=es&nrm=iso>.

VALDES V, Gonzalo, REYES O, Óscar y GONZALEZ P, Giovanni, 2011., Aplicación de los residuos de hormigón en materiales de construcción. Ing. Desarro. [online]. vol.29, n.1, pp.17-33. ISSN 0122-3461. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612011000100003&lng=en&nrm=iso>.

VARGAS MENESES, Rodrigo y LUJAN PEREZ, Marcos, 2016., Estudio de Caracterización y Propuestas de Revalorización de Residuos de Construcción y Demolición en la Ciudad de Cochabamba. RevActaNova. [online]. vol.7, n.4, pp.399-429. ISSN 1683-0789. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892016000200004&lng=es&nrm=iso>.

ZAMORA, Alejandra; RAMOS, Jesús y ARIAS, Marianela 2012., Efecto de la contaminación por hidrocarburos sobre algunas propiedades químicas y microbiológicas de un suelo de sabana. Bioagro [online]. vol.24, n.1, pp.5-12. ISSN 1316-3361. Disponible en: <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612012000100002&lng=es&nrm=iso>.

ZEGA, C, DI MAIO, A, 2007., Efecto del agregado grueso reciclado sobre las propiedades del hormigón. Boletín Técnico [online], vol 45(2), pp 1-11. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2007000200001&lng=es&tlng=es.

ANEXOS

Anexo 1. Proceso de lavado para la reutilización de la arena residual del servicio de fracturamiento según Norma API RP 56-60

Procedimiento de recolección de arena residual

La arena se acopiará de locación después del haber sido dispuesta por PETREX luego del servicio de limpieza del pozo para transportarla al lugar donde será sometida al proceso de tratamiento.

Etapa de Pre tamizado

Para la realización de este trabajo se utiliza una malla mecánica # 08 tamizadora con armazón tipo columpio, cuyo objetivo es retener las borras, parafinas sólidas y partículas extrañas que contengan la arena.

Gran parte de esta arena se encuentra en un almacén de una entidad prestadora de servicios de disposición de residuos sólidos. (Ver fig. 03).



Figura 03: Arena reciclada.
Fuente: Centro de acopio

Lavado de Arena

Se debe considerar que al momento del lavado seguir con la recomendación técnica que nos dice el Instituto Americano del Petróleo (A.P.I) 2014. Que para que

la arena de sílice no altere sus propiedades químicas no debe mezclarse con cualquier producto que tenga su PH menos de 7 porque alteraría las propiedades físico-químicas de la arena de sílice. Por lo tanto, los aditivos que vamos a utilizar tienen un PH de 7.5 con característica de bio degradable.

Por lo tanto, luego de la clasificación de aditivos se optó por los siguientes:

- ✓ Removedor de suciedad (Sap clean 40).
- ✓ Detergente industrial granulado.
- ✓ Limpiador Bio degradable.
- ✓ Hipoclorito de sodio. (se realizaron pruebas, pero se descartó porque su PH es >7.5.)
- ✓ Champú.

Aditivos que seran utilizados para los ensayos de lavado de arena



Figura 04. Clases de aditivos
Fuente: Laboratorio CPVEN

Cuadro 1. Guía acerca de las características organolépticas que debe cumplir la arena antes de someterla a los análisis de Laboratorio.

Características Organolépticas	Descripción	Clasificación de Limpieza
Color	Ligeramente marrón	OPTIMO
	Marrón	REGULAR

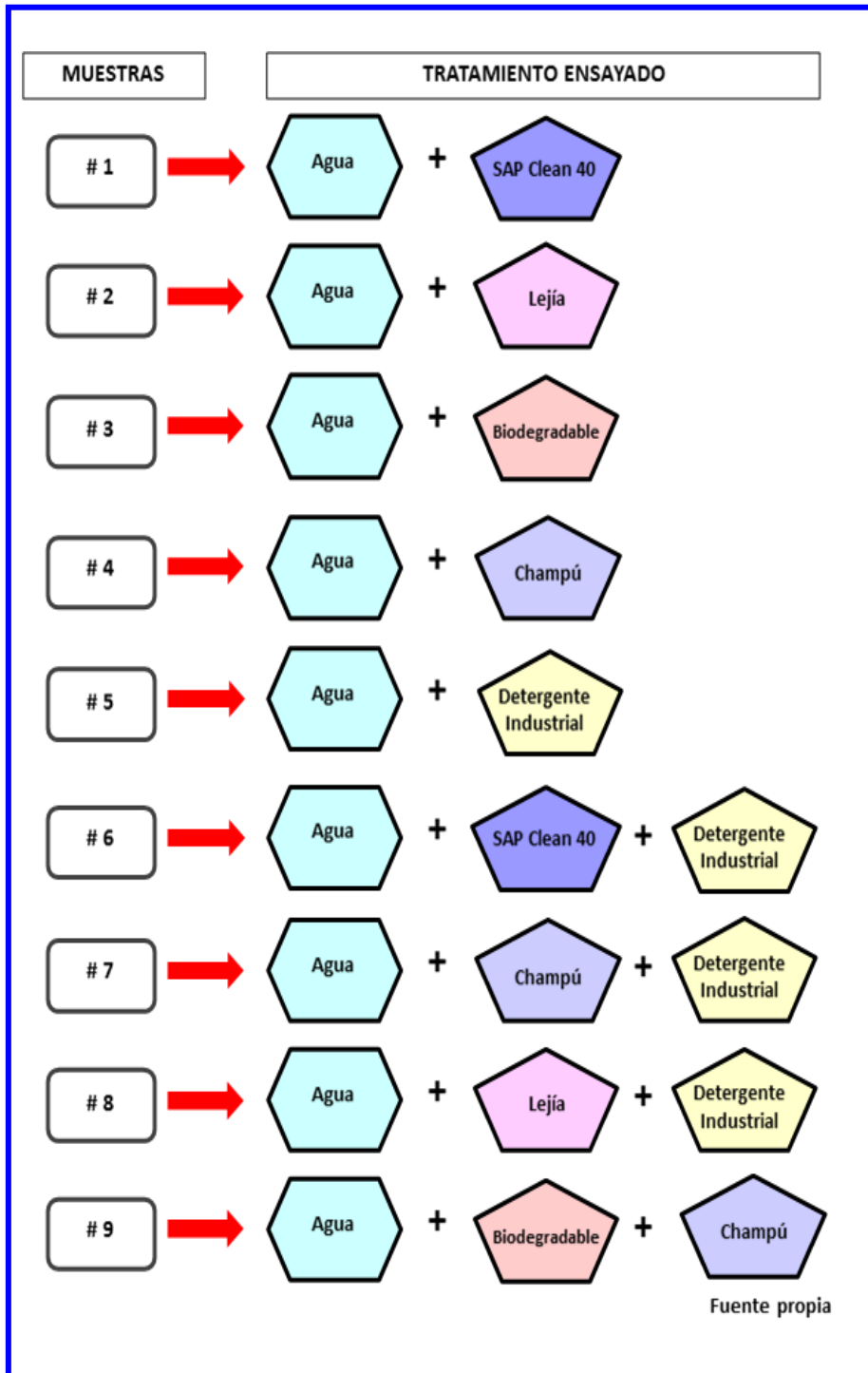
	Marrón oscuro	MALO
Textura	No presencia de hidrocarburos	OPTIMO
	Ligera presencia de hidrocarburos	REGULAR
	Presencia de hidrocarburos	MALO
Olor	Sin olor oleoso	OPTIMO
	ligeramente con olor oleoso	REGULAR
	Olor oleoso	MALO

Elaboración: Propia

Ensayos de lavado de arena

Se realizaron 09 ensayos en los cuales se utilizaron los aditivos antes mencionados y también se conjugaron entre si y así poder lograr la limpieza más óptima. (Ver cuadro N° 02)

Cuadro 2. Combinación de Aditivos



Procedimiento de Lavado

- a) Se tomó una muestra de 100 gramos de arena residual tomada al azar de la población de arena reciclada en el centro de acopio de residuos sólidos contaminados, la cual fue tamizada en la zaranda para luego ser pesada (Ver Fig.: 06)

Figura 05: Muestra arena residual



Fuente: Laboratorio cia: CPVEN

- b) En un recipiente se vertió 250 ml de agua industrial.
c) Se adicionó 1% del aditivo desgrasante Sap clean 40 (1 cm³).



d) Con un agitador eléctrico se procedió a mezclar y lavar por 05 minutos a 500 rev/min.

Figura 06:



Fuente: Laboratorio cia: CPVEN

e) Luego se procedió a enjuagar con el mismo agitador con 250 ml de agua por 05 minutos.

Figura 07:



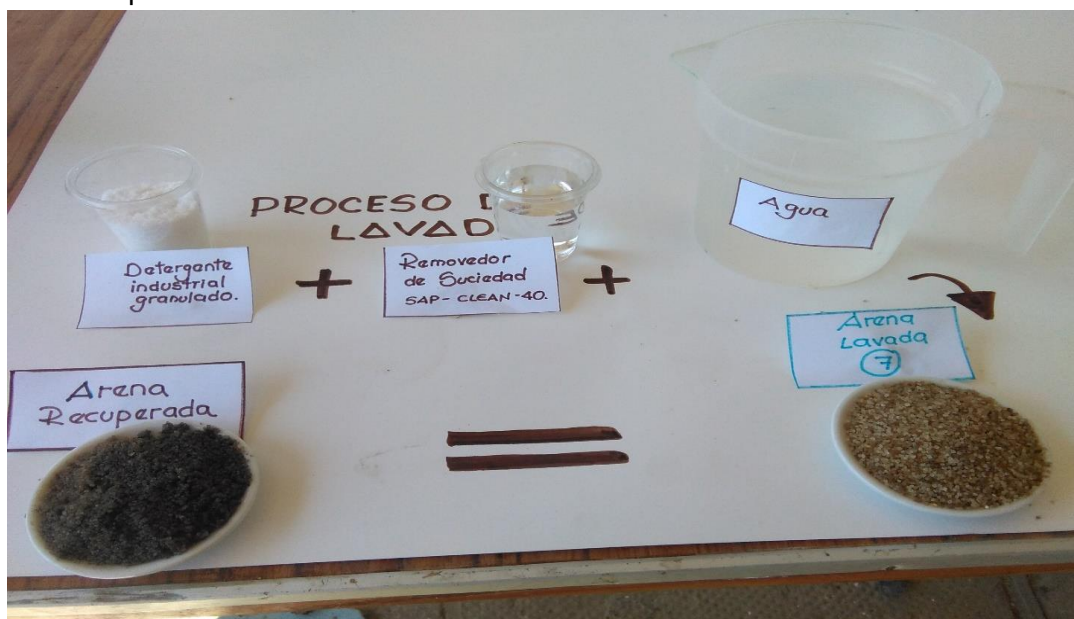
Fuente: Laboratorio cia: CPVEN

f) Finalmente se separó la muestra y se procedió a secar en un horno

1.2.1. Resultados de Ensayos

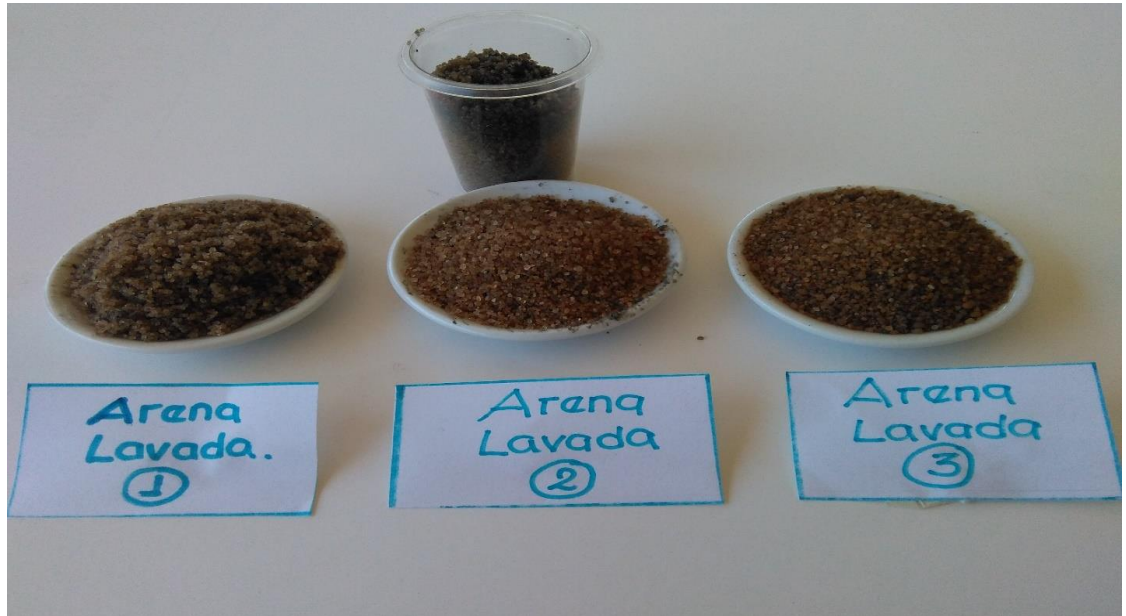
✓ Diseño patrón encontrado después de varios ensayos

Figura 08: Diseño patrón de lavado



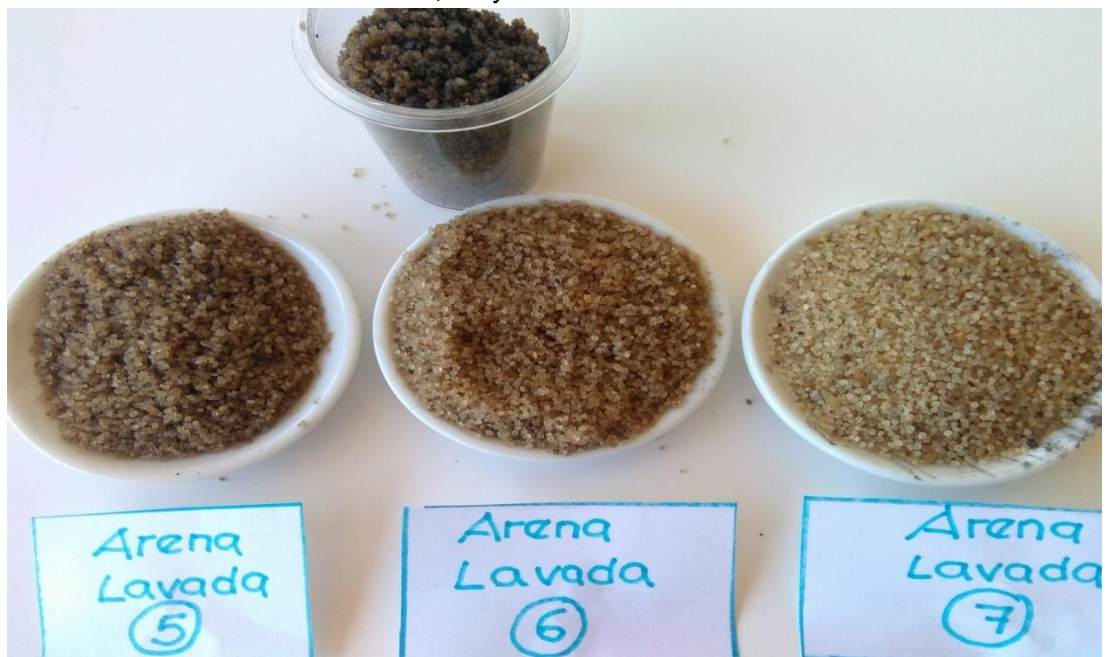
Fuente: Laboratorio CPVEN

Figura 09: Resultados de ensayos n° 01, 02 y 03



Fuente: Laboratorio CPVEN

Figura 10: Resultados de muestras n° 05, 06 y 07



Fuente: Laboratorio CPVEN

Figura 11: Resultado óptimo



Fuente: Laboratorio CPVEN

Título del Manual: Operaciones de Laboratorio		Nombre del Formato: Control de Calidad Agente de Sostén	
No. del Formato: 03-03-259-F001		Fecha de Emisión: 01-jun-18	
ME de Revisión: 00	Preparado por: LAG	Aprobado por: CG / AG	ME Serie: Nivel 3
Informe de Laboratorio: 008718		Fecha de: 24-mav.-18	Compañía: Particular
No. Paso: 1		Receptor: Zona E IANSUR	
Receptor: Carlos Alexis Luján Correa		Base: CPVEN	

MALLA	SEÑALAMIENTO	RETENIDO % EN PESO			PROM.	ACUMULADO % EN PESO			PROM.
		1	2	3		1	2	3	
12	máx. 0,1%	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
16		5,35	5,35	5,35	5,37	5,35	5,39	5,37	5,37
20		55,82	55,83	55,83	55,83	55,87	55,42	55,69	55,68
25		35,35	35,31	35,31	35,32	59,70	59,73	59,71	59,72
30		3,87	3,88	3,87	3,88	59,67	59,75	59,64	59,67
40		0,30	0,28	0,33	0,31	59,98	59,89	59,97	59,95
FOCUDO	máx. 1,0%	0,02	0,01	0,03	0,02	100,00	100,00	100,00	100,00
	máx. 0,0%	RETENIDO ENTRE MALLAS 100%			99,87	99,87	99,70	99,84	99,87

Nota: Los datos presentados son el resultado del análisis de la muestra "Arena 16/30". La muestra pesada (100 gr) y luego pasada a través de un set de tamices específicos para el tipo de arena. El procedimiento para los datos fue siguiendo la norma API RP-56.

% Retenido en Pasa

% Acumulado en Pasa

2- **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** 225 gr DE ARENA TAMBEADA ENTRE MALLAS 16/30

PRECION DE ENSAYO PSI	FINOS GENERADOS %			PROM.
3000	2,04	2,04	2,05	2,05
REQUERIM. API	Máx. 14%			

3- **SOLUBILIDAD AL ACIDO HCL/HF, 120 : 5 GR DE ARENA** TEMPERATURA: 150°P

TIEMPO DE ATAQUE	SOLUBILIDAD			PROM.
30 min	1,88	1,87	1,84	1,86
REQUERIM. API	Máx. 2%			

ESPECIFICACIONES API

ENSAYOS	LIMITES	RESULTADOS
RETENIDO TAMIZ NOM.	88% 80%	99,87
RETENIDO TAMIZ SUP.	Máx. 0,1%	0,08
PASAJE TAMIZ INF.	Máx. 1,0%	0,02
% FINOS (PSI) > 2000 psi	Máx. 14%	2,05
Diámetro Medio (psi)		0,03
% de SOLUBILIDAD	Máx. 2,0%	1,86

OBSERVACIONES

Obtenidos los resultados se podría afirmar que la muestra de arena recuperada malla 16/30 proporcionada.

Si cumple con las especificaciones de Granulometría, obteniendo 99,87% de retenido entre la malla 16 a la 30.

Si cumple con las especificaciones de Resistencia a la Compresión, obteniendo 2,05% de finos después de haberla sometido a 3000 psi.

Si cumple con las especificaciones a la Solubilidad al HCL/HF, obteniendo un valor de 1,86%, por debajo del 2%, recomendado por la norma API.

ANÁLISIS DE
ARENA: Arena
Recuperada
"Malla 16/30"
1. ANÁLISIS

Figura 12: Resultado de análisis de arena.
Fuente: Laboratorio cia: CPVEN

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
PROCESO DE LAVADO EN LOS POZOS PETROLEROS	<p>Proceso de lavado. Alonzo (2012), es una técnica que consiste en el uso de líquidos y un procedimiento mecánico para depurar las impurezas. Con este método se retiran contaminantes peligrosos y se les concentra, reduciendo su volumen durante el procedimiento se separa las impurezas de material sometido. Pozos Petroleros se refiere a cualquier perforación del suelo diseñada con el objetivo de hallar y extraer fluido combustible, ya sea petróleo o hidrocarburos.</p>	<p>La arena residual (muestras de 100 gramos) serán colocadas en un recipiente luego se le agregara 250ml de agua industrial, y se conjugara con varios aditivos químicos en porcentajes diferentes tanto en cantidad como en volumen los cuales serán mezclados y se procederá a su remoción mediante un agitador eléctrico por 5 minutos a 500 rev/min luego se realizara el enjuague con la misma cantidad de agua para luego ser secada en un horno y evaluarlo mediante un examen organoléptico visualizando el cambio de color, olor y textura lo cual demostraría la eliminación de impurezas que se encuentran impregnadas en la muestra de estudio (arena). Esta operación se repetirá varias veces de acuerdo a las características que vaya presentando la arena en este proceso hasta encontrar un patrón de lavado que se acerque a la limpieza más optima en comparación de la arena estándar.</p>	Componentes	NOMINAL
PROPIEDADES DE LA ARENA RESIDUAL DEL SERVICIO DE FRACTURAMIENTO	<p>Arena residual. Pizarro (2010), es un compuesto resultante de la combinación de la sílice con el oxígeno. Su composición química (SiO₂) esta formada por un átomo de sílice y dos átomos de oxígeno.</p> <p>Servicio de Fracturamiento. Navas (2010), es la inyección de un fluido fracturante, altamente viscoso, por encima de la presión de la fractura de una formación con el objetivo de generar en ella canales de flujo (fractura) y colocar un elemento de sostén (arena) que permita incrementar la conductividad de la formación y por ende el flujo de fluidos al pozo</p>	<p>Una muestra en gramos se vierte sobre el primer tamiz y se coloca en el cernidor. La muestra retenida en cada tamiz se transfiere a un plato para ser pesado y se calcula el % en peso del total de la muestra retenida en cada tamiz. Según la norma API RP 56-60, un mínimo de 90% del agente debe caer entre las mallas nominales, menos del 0.1% de la muestra debe ser retenido por la malla superior del set de tamices y menos del 1.0% de la muestra debe ser menor que la malla inferior del set de tamices.</p>	Granulometría	INTERVALO
		<p>Tomar una muestra de arena seca en gramos de la arena del tamiz de menor abertura. La cantidad de arena depende del diámetro de la celda de compresión.</p> $W = 40 * (d/2)^2$ <p>Donde: W: es el peso de la muestra D: diámetro de la celda (pulgadas)</p> $\% \text{ finos obtenidos} = \frac{\text{Peso de finos} * 100}{\text{Peso de muestra}}$	Resistencia a la compresión	
		<p>Se aplica el test de solubilidad en acido descrito por la norma API RP 56. La solubilidad de una arena en una solución acida 12-3 de HCl-HF es un indicativo de la cantidad de contaminantes indeseables en la misma.</p> $\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{Peso muestra (gramos)} + \text{peso filtro} - \text{peso final obtenido} * 100}{\text{Muestra (gramos)}}$	Solubilidad	

Yo, Gabriel Ernesto Borrero Carrasco, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo Filial Piura, revisor de la tesis titulada

"Mejora de las propiedades de la arena residual del servicio de fracturamiento según norma API RP 56-60 mediante un proceso de lavado, para su reutilización en los pozos petrolíferos del lote X", del estudiante Carlos Alexis Lujan Correa, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

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

Piura, 07/08/2023



.....
Gabriel Ernesto Borrero Carrasco DNI:

03664280

Revisó	Vicerrectorado de Investigación/ DEVAC /Responsable del SGC	Aprobó	Rectorado
--------	---	--------	---------------------------

NOTA: Cualquier documento impreso diferente del original, y cualquier archivo electrónico que se encuentren fuera del Campus Virtual Trilce serán considerados como COPIA NO CONTROLADA.