

# Efecto del vertimiento de aceites residuales en la calidad del suelo en los talleres automotrices de la Ciudad de Chicbote

## Effect of the discharge of residual oils on the quality of the soil in the automotive workshops of the City of Chicbote

Serapio A. Quillos-Ruiz<sup>1</sup>, Luis Carlos Calderón Rodríguez<sup>1</sup>, Nelver J. Escalante-Espinoza<sup>1</sup> and Johnny Nahui-Ortiz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Santa, Perú, s\_quillos@hotmail.com, lcalderonr@uns.edu.pe, cfpnje@yahoo.es

<sup>2</sup>National University of Engineering - UNI, Peru, jnahuio@uni.edu.pe

**Abstract**– *The growth of cities is related to the growth of economic activities and the increase in automotive units; oil replacement is necessary for vehicles with technical needs, in consequence, there are large amounts of residual oil that are released into the soil and water, generating pollution. In the present study, we worked with automotive workshops with dirt floors and cement floors, taking control samples without contamination and samples of contaminated soils. The presence of heavy metals (Pb, Zn and Cu) were found with high values, that exceed the ECAs of environmental quality, with “highly significant” differences with the control soil values, and the average result for 168.25 mg/kg of Pb (ECA = 70 mg/kg), 251.25 mg/kg of Zn (ECA = 200 mg / kg), and 80.75 mg / kg of Cu (ECA = 91 mg/kg), affecting the quality of the soil directly, in the auto mechanic workshops in José Pardo Avenue, Chicbote. It is not possible to have a generalization of the contaminated soil when the pH of the soil types is taken into account, having values close to 8 in the study area, where the climate is dry and the terrain is sandy. The TOC, CE, HTP, Pb, Zn, and Cu values were obtained and exceed national and international standards, establishing that the soils are phytotoxic.*

**Keywords**-- *Waste crankcase oil, heavy metals, soil contamination, Toxic liquid waste.*

**Resumen**- *El crecimiento de las ciudades está relacionado con el crecimiento de la actividad económica y el aumento de unidades automotrices; siendo necesario el*

*recambio de aceite de los vehículos por necesidades técnicas, como resultado se tiene grandes cantidades de aceite residual que son liberados al suelo y el agua, generando contaminación. En el presente estudio se trabajó con talleres automotrices con suelo de tierra y pisos de cemento, tomándose muestras de control sin contaminación y muestras de suelos contaminados. Se encontró presencia de metales pesados (Pb, Zn y Cu) con valores elevados que superan los ECAs de calidad ambiental, existiendo diferencias “altamente significativas” con los valores de suelo control, teniendo un resultado promedio 168.25 mg/kg de Pb (ECA = 70 mg/kg), 251.25 mg/kg de Zn (ECA = 200 mg/kg), y 80.75 mg/kg de Cu (ECA = 91 mg/kg), afectando directamente la calidad del suelo en los talleres de mecánica automotriz de la Avenida José Pardo, Chicbote. No se puede tener una generalización del suelo contaminado cuando se toma en cuenta los pH de los tipos de suelos, teniendo valores cercanos a 8 en la zona de estudio, donde el clima es seco y el terreno es arenoso. Los valores del COT, CE, HTP, Pb, Zn, y Cu obtenidos superan los estándares nacionales e internacionales, estableciéndose que los suelos son fitotóxicos.*

**Palabras clave**-- *Acetite de motor usado, metales pesados, contaminación del suelo, Residuos líquidos tóxicos.*

### I. INTRODUCCION

El parque automotriz a nivel mundial genera alrededor del 65% del total de acetite usado, mientras que el restante 35% es producido por la industria, los acetites lubricantes utilizados en el sector automotriz generan residuos peligrosos por los recambios realizados a los motores de combustión interna

Digital Object Identifier: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.246>  
ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390  
DO NOT REMOVE

(MCI) en un promedio de 6000 km de recorrido por unidad, mostrando un alto volumen de aceite residual, en caso del Perú, al año 2019 existen más de 3 millones de unidades vehiculares, repartidos en 85% de vehículos livianos de uso familiar o de taxis y un 15% en unidades pesadas, generando un impacto ambiental y social por los procesos inadecuados que se pueden realizar [1][2].

Las ciudades hoy en día tienen una rápida expansión urbana e industrial, generando un alto movimiento del transporte vehicular, siendo el MCI el elemento motriz, el cual, cada cierto kilometraje requiere el cambio de aceite debido a las alteraciones de las propiedades fisicoquímicas, como son: pérdidas de la capacidad refrigerante, inhibición de la corrosión y de las propiedades tribológicas; por esta razón se requiere realizar cambios de aceite en cada periodo de operación para dar la protección contra el desgaste térmico y así, garantizar el rendimiento y la vida útil del motor [3][4].

El aceite residual tiene una toxicidad elevada, producida por la combustión en los cilindros del motor, desprendiendo compuestos orgánicos nocivos y metales pesados de baja biodegradabilidad como son el cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb) y Zinc (Zn) depositándose en suelos y aguas. El aceite extraído del cárter del motor, cuando no se tiene un protocolo establecido para evacuación, se desecha con facilidad al medio ambiente, dando como resultado la contaminación de los ecosistemas acuáticos y terrestres, siendo un material altamente peligroso y nocivo en países en vías de desarrollo, ante la falta de una gestión responsable [5][6].

En la problemática de la contaminación de suelos por materiales pesados se tienen estudios similares, donde para generalizar criterios en base a la contaminación por metales es difícil y debe tenerse en cuenta si existe una biodisponibilidad elevada, entonces la contaminación puede afectar la salud de las personas [7].

La caracterización físico químicas de los aceites residuales del recambio realizado en motores de combustión interna se componen de calcio, magnesio, sodio, zinc y fosforo provienen de los aditivos del aceite y se pueden reutilizar como producto de segundo uso para la combustión, teniendo en cuenta la presencia de aluminio, cromo por el desgaste de las partes móviles internas del motor [8].

La contaminación del suelo por el aceite residual, afecta a la capa freática de las aguas subterráneas; siendo, perjudicial para el hombre y todas las demás formas de vida, aumentando el riesgo en ciudades costeras, alterando los procesos de intercambio en los ecosistemas. El aceite lubricante usado que se quema bajo condiciones no controladas puede emitir más plomo al aire que cualquier otra fuente industrial [8].

Para mitigar el efecto, las estaciones de servicio, los talleres automotrices deben desarrollar una actividad social y de protección ambiental, para dar una imagen positiva a la sociedad. Estableciendo centros de acopio para los aceites que devuelvan los clientes junto con los envases vacíos y finalmente los comercializadores y recicladores pueden recolectar los

aceites [1].

TABLA I  
COMPONENTES CONTAMINANTES DE LOS ACEITES USADOS  
SEGÚN SU ORIGEN

Componentes	Origen
Agua	Combustión
Hidrocarburos polinucleares aromáticos	Combustión incompleta
Hidrocarburos livianos	Dilución del combustible
Plomo	Gasolina plomada Desgaste de piezas
Bario	Aditivos detergentes
Calcio	Aditivos detergentes
Magnesio	Aditivos detergentes
Zinc	Aditivos antidesgaste y antioxidantes
Fósforo	Aditivos antidesgaste y antioxidantes
Hierro	Desgaste del motor
Cromo	Desgaste del motor
Níquel	Desgaste del motor
Aluminio	Desgaste de rodamientos
Cobre	Desgaste de rodamientos
Estaño	Desgaste de rodamientos
Cloro	Aditivos-Gasolinas plomadas
Agua	Combustión
Azufre	Base lubricante Productos de la combustión

Fuente: [1].

TABLA II  
CLASIFICACION DE ACEITES USADOS Y SUS FUENTES

Clase de desecho	Características	Probable fuente
Residuo acuoso	Agua residual que contiene aceite y residuos mayormente contaminantes.	Instalaciones de refinерías y petroquímicas, almacenamiento de aceites, vehículos o lavaderos de autos
Aceite usado de motor	Contiene contaminantes volátiles (agua, y combustible), solubles (aditivos de aceite), insolubles (partículas de carbono), óxido de metales incluyendo óxido de plomo junto con una gran cantidad de trazas metálicas y detergentes.	Garajes, empresas de transporte comercial, estaciones de servicio, sitios industriales.
Emulsión de aceite usado	Aceite de corte soluble en agua, desechos que contienen aceites minerales dispersos en agua, emulsiones de tipo jabonoso, aditivos de aceite lubricantes y otros aceites contaminantes.	Industrias que trabajan con metales, tiendas de máquinas, actividades de ingeniería de producción industrial.
Mezcla de aceite no emulsionado	Residuos de aceite mineral que contienen aceite 10%, agua, materiales lubricantes oxidados, partículas de sedimentos metálicos.	Industrias que trabajan con metales, sectores energéticos, industrias manufactureras.

Fuente: [8].

Los aceites usados en los MCI son una mezcla de aceite base proveniente del petróleo al 85% en promedio y complementado con aditivos para optimizar sus propiedades, es un proceso térmico realizado en un mezclador hasta alcanzar la homogeneidad del producto final y es utilizado para lubricar las piezas móviles internas del motor, reducir la fricción, proteger contra el desgaste metálico y eliminar los elementos contaminantes; el resultado final es la pérdida de calidad original del aceite, en la tabla I se muestra los componentes del aceite usado y su origen [9].

Los combustibles de origen fósil no son fuentes inagotables y actualmente corresponde el 85% de la energía total generada para la actividad económica, los desechos de la industria y actividades conexas presentan un peligro al medio ambiente y la salud humana. En la actualidad en el caso de aceites usados se puede dar un uso energético, por el poder calorífico que contiene y pueden ser aprovechados por las industrias ladrilleras, cementeras previamente tratado por métodos de re-refinación, combustible tipo energía, valoración como combustible industrial y la incineración del residuo [8] [10].

En la Ciudad de Chimbote, los talleres de mecánica realizan diariamente los cambios de aceite a los colectivos, taxis y autos particulares, para luego ser vertidos en cilindros y otros recipientes para darle un segundo uso en talleres informales, desparramando gran parte en el suelo que es generalmente de tierra y por la falta de un manejo adecuado provocando un deterioro ambiental, en la tabla II, se muestran los niveles del daño al suelo; por tal motivo la presente investigación consiste en determinar la presencia de metales pesados y elementos fisicoquímicos que son tóxicos para las plantas, el agua subterránea y la vida humana.

## II. METODOLOGÍA

### A. Calidad del suelo

Tabla III  
VALORES REFERENCIALES DE CALIDAD DE SUELO

Indicador	Valor	ECA
pH	6,0 -8,0	CEQGs
COT (%)	1,02	
CE (mS/cm)	1-2	Agrolab, 1999
HTP (mg/kg)	<150	Norma de Calidad Ambiental de Recursos suelo y criterios de remediación de suelos contaminados, Tabla 1. CEQGs
<b>Metales pesados</b>		
Plomo (mg/kg)	70	Minam-Perú
Zinc (mg/kg)	200	CEQGs
Cobre (mg/kg)	91	CEQGs

El suelo representa la primera capa de la corteza terrestre, compuesta por material rocoso, aire, agua, minerales, arena y especies biológicas, donde se debe tener condiciones

adecuadas para el desarrollo de la actividad humana, en el caso de estar contaminado, debido a la actividad antropogénica van a representar un riesgo para la salud humana de la población.

La Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQGs) y el Ministerio del Ambiente del Perú, establecen los estándares de calidad ambiental (ECA) para el suelo, los valores se muestran en la tabla III.

### B. Parámetros de medición

Para realizar las mediciones en los talleres seleccionados se establecieron los parámetros de medición del suelo, siendo los siguientes:

- Potencial de Hidrogeno (Ph)
- Carbono Orgánico Total (COT) (%)
- Conductividad eléctrica (CE) (mS/cm).
- Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) (mg/kg).
- Metales pesados (Pb, Zn, Cu) (mg/kg) [5].

Tabla IV  
TECNICA E INSTRUMENTACIÓN PARA LA MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE SUELO

Parámetros	Técnica	Instrumento
pH	Potenciometría	pHmetro
COT	Volumetría Titulometría	Bureta
CE	Conductimetría	Conductimétrico
HTP	Gravimetría Extracción	Balanza analítica Equipo Soxhlet
Metales pesados Plomo Zinc Cobre	Espectrofotometría	Espectrofotómetro de Absorción Atómica AAAnalyst 300

Las técnicas a usarse para determinar los parámetros de Ph, COT, CE, HTP, Pb, Zn y Cu, se muestra en la tabla IV.

### C. Área de estudio

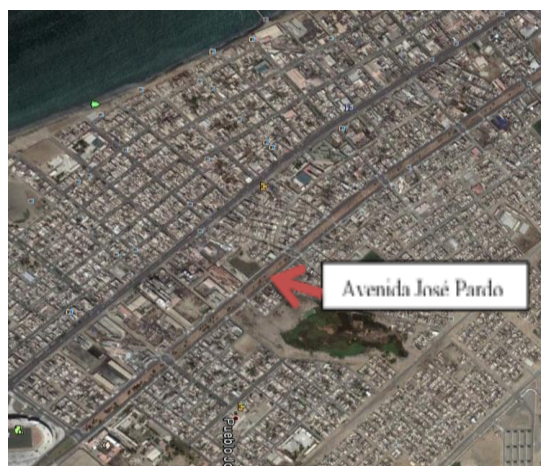


Fig. 1 Mapa de Chimbote- Avenida José Pardo

Las muestras de suelo tomadas para el estudio provienen de la Avenida José Pardo, ubicado en el distrito de Chimbote, capital de la provincia del Santa (Áncash), ubicada al norte del Perú (9°05'07" S, 78°34'41" O).

Cuenta con una superficie de 1467 km<sup>2</sup> y con una población de 214983 habitantes (2017) por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del Perú, con una altitud sobre el nivel del mar de 4 metros, fig. 1.

Donde existen 16 talleres de mantenimiento automotriz a lo largo sus 6 km de longitud de la Avenida, es la más representativo de la ciudad.

Para la selección de la muestra se aplicó la fórmula de población finita:

$$n = \frac{Z^2 S^2 N}{E^2 (N - 1) + Z^2 S^2} \quad (1)$$

$$n = 3,85 \approx 4$$

Dónde: *n*, *e* s la muestra representativa de estudio, *z* es el factor de confiabilidad al 95% (1,96), *N* es el tamaño de la población finita (16), *E* el error permisible (10%) y *S* la varianza (0,111).

TABLA V  
TALLERES AUTOMOTRICES DE LA AVENIDA JOSÉ PARDO

Nº	Muestra	Nombre	Dirección
1		El Socio	Avenida José Pardo 1145
2		El Bolichero	Avenida José Pardo 1161
3		S/N	Avenida José Pardo 1181
4		El Chato	Avenida José Pardo 1210
5		Mariano	Avenida José Pardo 1239
6		El Gato	Avenida José Pardo 1658
7		San Borja	Avenida José Pardo 1727
8		Macate	Avenida José Pardo 1820
9		San Antonio	Avenida José Pardo 2067
10		Santos	Avenida José Pardo 2734
11		S/N	Avenida José Pardo 3065
12		Mecánico	Avenida José Pardo 3340
13	A	S/N	Avenida José Pardo 3575
14	B	S/N	Avenida José Pardo 3695
15	D	S/N	Avenida José Pardo 3794
16	C	S/N	Avenida José Pardo 3798

Asimismo, la selección de los talleres se realizó visitando in situ el estado actual de los ambientes automotrices, la textura de la tierra, el vertido indiscriminado de aceite al suelo y principalmente la coloración del suelo, la tabla V muestra la ubicación de locales de recambio de aceite.

Cuando se realiza el cambio de aceite y el mantenimiento de las unidades vehiculares, para ser clasificado según la tabla VI y un terreno libre de impurezas de aceites y otros compuestos contaminantes llamado suelo control (SC).

TABLA VI  
CALIDAD DEL SUELO DE LOS TALLERES AUTOMOTRICES

Clase de taller	Nivel de contaminación del suelo
A	Suelo con aceite de color negro
B	Suelo con aceite de color marrón
C	Suelo con aceite de color marrón claro
D	Suelo con aceite de color beige

#### D. Equipos utilizados



Fig. 2 Mufla Fisher, Rango de Temperatura 0-600°C.



Fig. 3 Balanza Sartorius, 0.1 mg



Fig. 4 Titulación para el COT

Los equipos utilizados se muestran en las figuras 2,3, 4 y 5 para realizar los análisis de los aceites y del suelo contaminado en el laboratorio de química y de materiales.



Fig. 5 Espectrofotómetro de absorción Atómica Marca: Perkin Elmer AAnalyst 300

### E. Levantamiento de información

Suelo contaminado es un suelo cuya característica química han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancia contaminantes depositadas por la actividad económica, según lo establecido en el D.S. N°117-2017-MINAM, en la fig. 6 se observa el estado de los talleres automotrices.

Para el estudio, las muestras de suelo fueron recolectadas en cuatro sitios diferentes, según el grado de contaminación, definido por la textura al tacto (evidenciando la presencia de aceite usado) y principalmente por la coloración; la cual indicaba la concentración de este contaminante.



Fig. 6 Estado de los talleres A, B, C y D

En consideración a lo expuesto anteriormente, de la tabla VI se seleccionó un taller según el grado de contaminación A, B, C y D) y el suelo control (SC), la figura 6 muestra el estado de algunos talleres y la figura 6a nos muestra el terreno SC se debe tener en cuenta la morfología del suelo SC, es suave con alta presencia de arena de tipo pluvial con ligeras pendientes.



Fig. 7 Toma de muestras a) terreno agrícola b) Talleres automotrices

En los talleres A, B, C y D, se tomaron tres muestras compuestas a una profundidad de 20 cm, las cuales fueron secadas al aire y pasadas a través de un tamiz de 2 mm, previo a efectuar las diferentes determinaciones en el laboratorio, ver fig. 7 [4] [8].

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente estudio se eligieron los parámetros físico químicos del pH, COT y CE y HTP, por ser una región de clima seco y terreno arenoso, por su cercanía al mar, al tener una tendencia a la salinidad y una deficiencia orgánica.

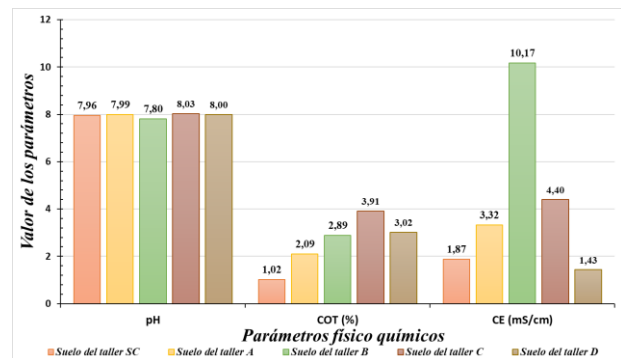


Fig. 8 Valores de los parámetros físico químicos del suelo control (SC) y los talleres A, B, C y D.

En nuestro caso de estudio la calidad del suelo para la ciudad de Chimbote está definida para uso urbano y comercial, entonces se debe cumplir con la calidad ambiental, el arreglo de los jardines, la vida animal de mascotas y la salud humana, para lo cual se determinó el pH y el COT por la estrecha relación que estos guardan con la movilidad de los metales pesados en el suelo [4] [11].

En la fig. 8 se presentan los valores promedios obtenidos para el pH del SC (7,96) y suelos de estudio (A = 7,99 B = 7,80, C = 8,03 y D = 8,0), se observa que cumplen con los estándares de calidad de la CEQGs de la tabla IV y se definen como suelos alcalinos [7].

Los valores promedio del COT del SC (1,02%) y en lo que respecta a las muestras de suelo A, B, C y D de los talleres contaminados por el aceite de motor, los valores observados para COT y CE fueron mayores, en relación al SC (1,02% y 1,87); COT (A= 2,09%, B= 2,89%, C= 3,91 y D= 3,03) y el CE (A= 3,32%, B= 10,17, C= 4,40 y D= 1,43), solamente en el taller B el pH es menor al SC, no sucediendo así con los parámetros del COT y CE de los talleres en estudio, los valores del COT inferiores a 1,5 son considerados bajos por el tipo de suelo de estudio [4].

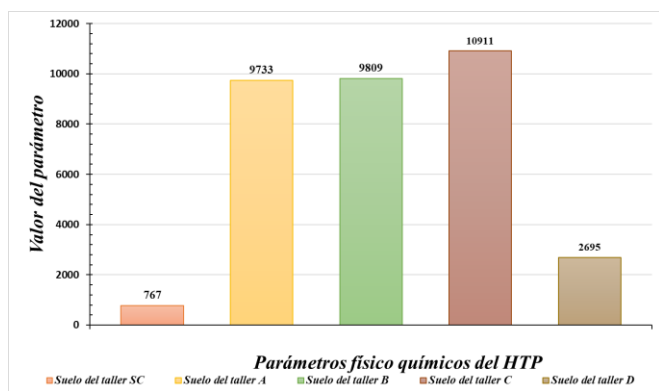


Fig. 9 Valores de los HTP en el taller control y talleres A, B, C y D.

Los valores de HTP (fig. 9) del SC y de los talleres en estudio, todos superan los 150 mg/kg según la guía de calidad ambiental canadiense para suelos (Canadian Environmental Quality Guidelines), con valores SC (767) y los suelos (A = 9733, B = 9808, C = 10911 y D = 2695) mg/kg, donde el taller C es el más elevado.

Se debe contemplar que es suelo aceitoso y requiere un tratamiento, de no hacerlo trae consecuencias ambientales por el alto contenido de hidrocarburos, donde la solución particular es la Biorremediación del suelo contaminado para disminuir la toxicidad [12].

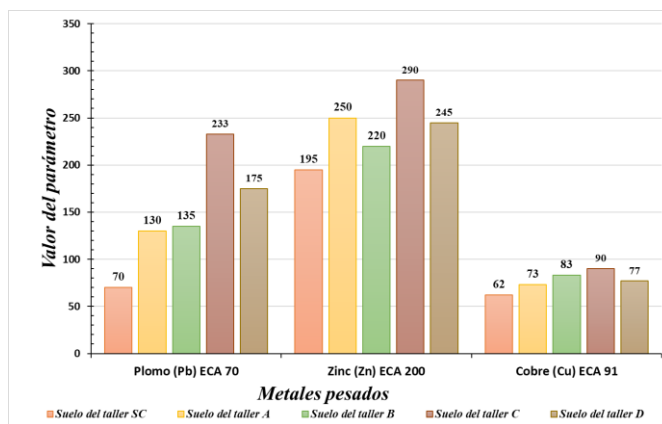


Fig. 10 Valores de los metales pesados en el taller control y talleres A, B, C y D

En lo referente a la evaluación del contenido total de metales pesados, en las diferentes muestras de suelo, los resultados se indican en la fig. 10, el contenido total de los metales pesados evaluados (Cu, Pb y Zn) en todas las muestras de suelo afectado por el aceite usado de motor (A, B, C y D), son mayores al SC.

Comparando el Pb de los talleres con el SC, resultó ser mayor C>B>D>A>SC (233>175, 135>130>70 mg/kg, superando los talleres los estándares ambientales del Perú (ECA 70) y solamente SC está del ECA ambiental, lo que evidencia la presencia de derrames de aceites en el suelo, dando como consecuencia la contaminación del suelo en forma significativa [11] [12].

La disponibilidad del Zn, según los resultados de los talleres es C>D>A>B (290>250>245>220) mg/kg y tiene relación con el pH (C>D>A>B), a mayor disponibilidad de Zn mayor pH, lo que no concuerda con la literatura de Fassbender que indica lo contrario, porque su estudio está basado en suelos con carbonatos de calcio y con ausencia de derrames de hidrocarburos, El suelo SC cumple con el ECA ambiental (195<200 ECA).

El Cu se encuentra en los suelos en estado divalente y los límites son 100 mg/kg, la norma de calidad ambiental CEQGs es 91, donde los valores encontrado en los talleres es C<B>D>A>SC (90>83>77>73>62) mg/kg, donde ninguno supera los 100 mg/kg, podemos indicar en el SC su valor es el menor (62), expresamos que la presencia de metales pesados de Pb y Zn son altamente significativos [11].

En el análisis de los metales pesados del aceite nuevo con los aceites usados en los talleres A, B, C y D, muestra la concentración de los metales pesados en el aceite usado en promedio: Pb (277,5 mg/kg), Zn (277,5 mg/kg) y Cu (90 mg/kg) respectivamente, mientras que el aceite nuevo tiene Pb (60 mg/kg), Zn (180 mg/kg) y Cu (55 mg/kg), mostrando una diferencia muy alta y el taller C muestra como el más contaminado.

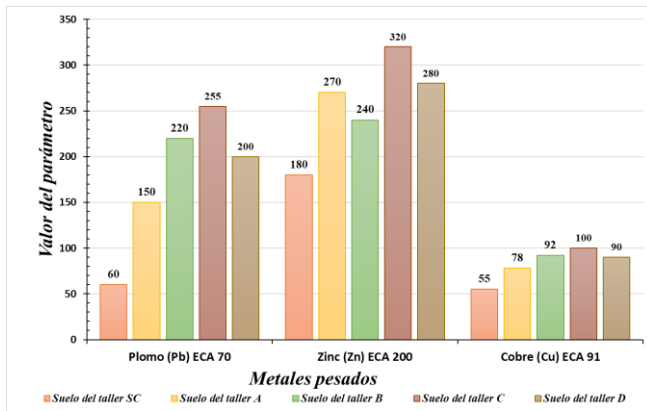


Fig. 11. Valores de los metales pesados en el taller control y talleres A, B, C y D

La fig. 11, muestra los resultados al evaluar el aceite nuevo (SC) con los aceites usados (A, B, C y D) de los talleres, donde los aceites de los talleres sus valores superan los ECAs ambientales de calidad de suelo, mientras el aceite de SC está dentro de los estándares permitidos.

#### IV. CONCLUSIONES

La contaminación de los suelos es un problema permanente que se da por los vertimientos de los aceites usados cuando se realiza los recambios de aceites en los talleres de la ciudad, por la presencia de metales pesados (Pb, Zn y Cu) con valores elevados que superan los ECAs de calidad ambiental, existiendo diferencias “altamente significativas” con los valores de suelo control, teniendo un resultado promedio 168,25 mg/kg (ECA = 70 mg/kg) del Pb, 251.25 mg/kg (ECA = 200 mg/kg) del Zn y 80.75 mg/kg (ECA = 91mg/kg) del Cu, afectando directamente la calidad del suelo en los talleres de mecánica automotriz de la Avenida José Pardo, Chimbote.

La composición de los aditivos con cobre, plomo y zinc, están presente en los aceites y es para mejorar la calidad físico-químicas, brindando protección al aceite contra la oxidación y la herrumbre; producido en el desgaste en la fricción de cilindro, pistón, anillos, válvulas, al realizar el recambio del aceite, parte de esta es vertido al suelo, contaminado el suelo.

No se puede tener una generalización del suelo contaminado cuando se toma en cuenta los pH de los tipos de suelos A, B, C, D y el suelo control, tienen una relación cercana, (Valor máximo = 8,03 y mínimo = 7,80) en la región de estudio es de clima seco y terreno arenoso.

Los parámetros físicos-químicos, del COT y el CE muestran un promedio en los talleres contaminados de 2,97% y 4,83 mS/cm de los talleres en estudio, asimismo la concentración de HTP de los talleres en estudio nos reporta un promedio de 8 287 mg/kg, muy superior al ECA = 150 mg/kg.

La comparación de ECAs para Metales Pesados Plomo (Pb), Zinc (Zn) y Cobre (Cu) y (HTP) en los talleres Mecánicos Automotrices A, B, C y D superan los Estándares Nacionales e Internacionales por lo que se verifica que los suelos de estos talleres están contaminados por el vertimiento de aceite automotriz usado, siendo necesario realizar un trabajo de gestión para reducir los daños ambientales.

#### V. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Trujillo por su apoyo a través de los laboratorios de Ingeniería de Materiales y Ingeniería Química para la obtención de los datos para realizar la presente investigación.

A la Universidad Nacional del Santa por permitir realizar la investigación para verificar si los talleres automotrices contaminan el suelo con el vertimiento de aceite automotriz usado.

#### REFERENCIAS

- [1] O.L. Ortiz, “Evaluación de la gestión integral del manejo de aceite usado vehicular en Bogotá”, *Revista Guarracuco*, pp. 1-19, junio 2017.
- [2] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, “Anuario estadístico 2019”, Recuperado <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1545560/Anuario%20Estad%20C3%ADstico%202019.pdf>
- [3] L. Wei, H. Duan, Y. Jin, D. Jia, B Cheng, J. Liu, J. Li, “Motor oil degradation during urban cycle road tests”, *Friction*, pp. 1-10, March 2020.
- [4] O.H. Adedeji, O.O. Olayinka, O.O. Tope-Ajayi, A.S. Adekova, “Evaluación de la distribución espacial, los posibles riesgos ecológicos para la salud humana de la contaminación por metales pesados del suelo alrededor de un parque de remolques en Nigeria”, *Africano científico*, vol. 10, pp. 1-8, 2020.
- [5] Y. Acosta, M. El Zahuare, N. Reyes, H. García, C. Morales y A. Revilla, “Metales pesados en un suelo afectado con aceite proveniente de motores de combustión interna”, *Multiciencias*, vol. 1, no. 1, pp. 26-34, febrero 2011.
- [6] J. C. Ssempebwa, D. O. Carpenter, “The generation, use and disposal of waste crankcase oil in developing countries: A case for Kampala district, Uganda”, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 161, pp. 835-841, January 2009.
- [7] C. García, J.L. Moreno, M.T. Hernández y A. Polo, “Metales pesados y sus implicancias en la calidad del suelo”, *Ciencia y Medio Ambiente*, pp. 125-138, 2002.
- [8] W. Fong, E. Quiñonez, C. Tejada, “Physical-chemical characterization of spent engine oils for its recycling”, *Prospectiva*, vol 15, no. 2, 135-144, Junio 2017.

- [9] A.H. Nour, E.O. Elamin, A.H. Nour, O.R. Alara," Dataset on the recycling of used engine oil through solvent extraction," *Chemical Data Collections*, vol. 31, pp. 1-11, 2021.
- [10] M. El-Fadel, R. Khoury, "Strategies for vehicle waste-oil management: a case study," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 33, pp. 75-91, February 2001.
- [11] H.W. Fassbender, E. Bornemisza, "Química de suelos con énfasis en suelos de américa latina", *Servicio editorial del instituto Latinoamericano de cooperación para la agricultura*, pp. 420, junio 1994.
- [12] T.C. Ferreira Do Nascimento, F.J. Santos Oliveira y F. Pessoa De Franca," Biorremediación de un suelo tropical contaminado con residuos aceitosos intemperizados", *Rev. Inv. Contam. Ambie*, vol. 29, no. 1, pp. 21-28, 2013