

Elaboración de adoquín ecológico utilizando plástico y arena para pavimento en calle Los Reyes del Distrito La Esperanza, Provincia de Trujillo

Paul Alexis Sisniegas Gálvez

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-4611-6100>

p.sisniegas@uct.edu.pe

Viviano Paulino Ninaquispe Zare

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-8735-4164>

v.ninaquispe@uct.edu.pe

Juan Carlos Martell Ortiz

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0009-0008-0023-548X>

j.martell@uct.edu.pe

Ascon Dionicio Gregorio Mayer

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0003-2275-6629>

gascon@unitru.edu.pe

Oscar Daniel Vásquez Salazar

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0009-0008-7154-2487>

ovasquezs@unitru.edu.pe

José Laureano Vásquez Díaz

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0009-0008-5520-4584>

jvasquezd@unitru.edu.pe

Resumen

El trabajo de investigación tuvo como objetivo elaborar un adoquín ecológico utilizando plástico y arena para pavimento en la calle Los Reyes del Distrito La Esperanza, provincia de Trujillo; teniendo en cuenta dos aspectos: la proporción de material y las propiedades físico – mecánicas.

El tipo de investigación es explicativo – cuantitativo y el diseño de investigación es experimental. La población son los adoquines convencionales de concreto; y los adoquines ecológicos de plástico PET y arena. La muestra fue no probabilística por conveniencia empleándose 16 adoquines en total (8 adoquines de concreto convencional y 8 adoquines de plástico PET y arena). La técnica de recolección de datos fue la observación directa o exploración in situ, el análisis documental e instrumentos de la NTP. Esto permitió analizar su resistencia a compresión, peso y medida. La validación de los instrumentos de recolección de datos se efectuó gracias al juicio de expertos a través de tres ingenieros de la especialidad. Se tuvo como resultado que el adoquín convencional, tiene una resistencia menor que el adoquín ecológico fabricado con 95% de plástico PET y 5% de arena, que las dimensiones están dentro de las tolerancias establecidas por la norma técnica peruana 399-611. Por lo que se concluye que si es posible elaborar un adoquín de plástico PET y arena.

Palabras claves: plástico PET, adoquín y pavimento.

Abstract

The aim of the research work was to develop an ecological cobblestone using plastic and sand for paving Los Reyes street in the district of La Esperanza, province of Trujillo, taking into account two aspects: the proportion of material and the physical-mechanical properties.

The type of research is explanatory-quantitative and the research design is experimental. The population is conventional concrete pavers; and ecological pavers made of PET plastic and sand. The sample was non-probabilistic by convenience, using 16 pavers in total (8 conventional concrete pavers and 8 PET plastic and sand pavers).

The data collection technique was direct observation or on-site exploration, documentary analysis and NTP instruments. This made it possible to analyse their compressive strength, weight and measurement. The validation of the data collection instruments was carried out thanks to the judgement of experts through three engineers in the speciality. The result was that the conventional paver has a lower resistance than the ecological paver made of 95% PET plastic and 5% sand, and that the dimensions are within the tolerances established by the Peruvian technical standard 399-611. It is therefore concluded that it is possible to make a paving stone from PET plastic and sand.

Keywords: PET plastic, paving stone and pavement.

1. Introducción

En la actualidad el consumo de alimentos procesados y no alimentos que son ofertados en diferentes presentaciones como cartón, plástico, entre otros tipos de envases, estos materiales que son desechados libremente son foco contaminante al ecosistema. En un minuto un millón de botellas son compradas mientras que 5 millones son desechados al año, solo la mitad del plástico producido en el mundo son reutilizados.

En los últimos años el adoquín se ha posicionado en los últimos años en el sector construcción como uno de los materiales más usados de la ingeniería, su forma rectangular, tamaño y fácil uso para veredas entre otros acabados en la construcción. En el Perú en todas las ciudades el uso de plástico aumentado y no se proporciona información para su transformación o valor agregado del residuo, para mitigar la contaminación ambiental.

El trabajo de investigación busca la utilización del plástico en la elaboración de un producto innovador capaz de obtener la resistencia y compresión para pavimentos flexibles y rígidos, teniendo otras alternativas ecológicas en la producción de adoquines a base de plástico, arena, contribuyendo a la mejora del medio ambiente.

Según Ochoa (2023), en la publicación de el periódico el Norte menciona que el usar materiales de menor impacto al medio ambiente es una tendencia que en los últimos años ha tomado fuerza en la industria de la construcción. Por ello, cada vez es más común que

empresas busquen innovar y crear insumos que respeten a la Tierra. Un ejemplo de esto es la startup Angirus, ubicada en la India. Ellos desarrollaron una tecnología ecológica y sostenible para fabricar ladrillos y adoquines hechos totalmente con desechos de plásticos reciclados. Pero también se incluyen residuos de la industria de la construcción y otros industriales. En India se producen alrededor de 225 mil millones de ladrillos al año.

Para DUVPAL (2023), en su trabajo de investigación manifiesta que la construcción de billonarios proyectos de infraestructura en la última década no solo ha movido de manera significativa la demanda de acero, agregados, concreto, asfalto, entre otros, sino que ha jalonado la producción de insumos con un propósito que va más allá de economizar costos: mitigar los impactos de las obras en el entorno donde se construyen por medio de nuevas tecnologías. Fuentes consultadas de la compañía contaron que el conglomerado ya produce asfalto modificado con plástico reciclado lo cual da mayor resistencia y durabilidad. Además del asfalto modificado producido por Ecopetrol, la compañía empleó estos mismos residuos para generar productos sostenibles orientados a la construcción de vías: ladrillos y adoquines que ya les fueron presentados a las autoridades ambientales colombianas. En la industria Por su parte, la industria cementera entendió la necesidad de emprender el desarrollo de productos para las futuras obras

que no solo sean amigables con el medioambiente, sino que permitan a los constructores eficiencia a la hora de ejecutar los proyectos.

Según EFE (2022), la planta será capaz de procesar 90 toneladas de plástico por día y es propiedad de la empresa constructora costarricense Pedregal

y la internacional CRDC Global, una compañía que se dedica a procesar plásticos y que tiene operaciones también en Estados Unidos, Sudáfrica, México, Reino Unido, Australia, Nueva Zelanda y Hong Kong. El producto puede aplicarse en bloques y adoquines de concreto, elementos de concreto prefabricado, concreto premezclado, morteros y mezcla asfáltica en caliente. El material es hasta un 15 % más ligero o más resistente según su uso, con hasta un 20 % mejores propiedades de aislamiento térmico y acústico que el concreto tradicional, indicaron las empresas.

Según Espinoza (2022), en su tesis titulada "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso", tiene como objetivo estudiar la posibilidad de reutilizar residuos de demolición, adicionando un porcentaje de dicho material como agregado para la elaboración de adoquines de concreto con un buen comportamiento físico- mecánico. Se analizará las propiedades físicas y químicas del agregado proveniente de los residuos de demolición, y cuál es la influencia que ejerce sobre la elaboración de

concreto para las unidades de concreto, para ello se realizará ensayos en el laboratorio para determinarlas, posteriormente se realizará el diseño de mezclas con diferentes porcentajes de reemplazo, para la elaboración de probetas para evaluar la resistencia a la compresión que ofrece el concreto. Como último punto, se elaborarán los adoquines con el mejor resultado del diseño de mezclas, y se analizarán las propiedades físico- mecánicas de estas unidades.

Según Cabeza y Morillo (2018), en su tesis titulada Diseño de adoquines de concreto para pavimento tipo II con incorporación de cenizas de cascarilla de arroz menciona que al emplear la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) para sustituir cierto porcentaje del cemento y aumentar los valores que definen las propiedades de los adoquines a nivel mecánico, además de recomendar las ventajas económicas y ambientales en el uso de este tipo de material reciclado. Se procederá con la fabricación de cuatro muestras de proporciones de reemplazo de cemento de 0%, 5%, 10% y 15%, por CCA, considerando para el diseño de mezclas y de ensayos de materiales la secuencia y metodología de las normas técnicas ACI, ASTM C78, AASHTO T97 y la NTP 399.611, después serán curadas durante 28 días, para ser llevadas a laboratorio y comprobar los resultados que nos permitan tener una referencia de la mejor dosificación que logre un resultado óptimo en las propiedades mecánicas que hemos propuesto para el uso de un adoquín de tránsito liviano.

Cabrera (2022), en su tesis titulada Análisis técnico de mejoramiento de vías con adoquines de concreto en urbanización Villareal manifiesta sobre el crecimiento acelerado y constante en su población y así mismo en las dinámicas de producción y tráfico vehicular para el desarrollo de las actividades referidas. Ante este crecimiento y la necesidad de movilidad en el casco urbano y rural, la administración municipal ha buscado alternativas para el mejoramiento de las vías existentes, estableciendo la pavimentación con adoquines de concreto como una solución adecuada y eficaz para vías en mal estado dentro del sector urbano, esto debido a las ventajas del método constructivo en la operación de maquinaria, la no necesidad de personal altamente capacitado, bajos costos en materiales y fácil ejecución de mantenimiento.

Según Machado et al. (2022), en su artículo titulado Empleo de adoquines de concreto en la construcción de pavimentos, manifiesta en su documento que constituye un reto para los

1.1. Metodología

El presente trabajo de investigación se procedió para la elaboración de los adoquines ecológicos con 95% PET y 5% arena, los cuales serán llevados al laboratorio para los ensayos de resistencia a la compresión. El material utilizado será arena de una sola cantera que cumpla con la norma técnica peruana 400.037,

ingenieros viales a nivel mundial, en particular con el uso de los pavimentos de adoquines de concreto. Este sistema se basa en elementos prefabricados que llegan listo a la obra, es de muy fácil terminado no intervienen procesos térmicos, químicos, ni períodos de espera. Es una de las soluciones más económicas, prácticas, durables, estéticas y presentan una mayor seguridad al pavimento. El presente artículo tiene como objetivo analizar el estado del arte y la práctica en el empleo de los adoquines en la construcción de pavimentos. Para ello se realiza una revisión exhaustiva de la bibliografía especializada en el tema, proveniente de bases de datos de alto impacto e investigaciones académicas a varios niveles.

El trabajo de investigación es generar un producto a bajo costo, liviano y fácil de transportar y favorable con el medio ambiente, cumpliendo con las exigencias de la norma técnica CE 010-pavimentos urbanos.

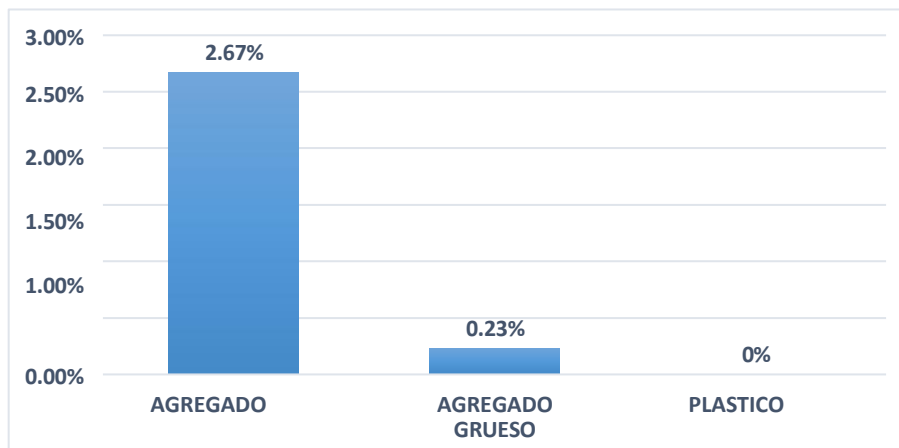
fabricación de moldes con capacidad para 4 adoquines de 20*10*8 cm, se utilizó lata de aceite para derretir el plástico PET, de los cuales serán mezclados en función a las diferentes proporciones para medir su compresión y resistencia, mediante ensayos granulométricos y utilizando diseño de mezcla en la elaboración de adoquines con las normas de construcción vigente.

2. Resultados y Discusión

En la figura 1 se muestra el contenido de humedad en los diferentes tipos de agregado.

Figura 1

Tipos de agregados y su contenido de humedad.



En la tabla 1 se muestra los datos obtenidos del Análisis granulométrico de agregado fino y en las figuras 2 y 3 se muestran su análisis respectivo.

Tabla 1

Datos obtenidos del Análisis granulométrico de agregado fino

TAMIZ	ABERTURA (m.m)	% ACUMULADO EXCEDENTE		
		ANALISIS DE ARENA	LIMITE INFERIOR ITINTEC 400.037	LIMITE SUPERIOR ITINTEC 400.038
N° 3/8	9.500	99.72	100.00	100.00
N° 4	4.750	96.39	89.00	100.00
N° 8	2.360	92.48	65.00	100.00
N° 16	1.180	73.31	45.00	100.00
N° 30	0.600	61.36	25.00	80.00
N° 50	0.300	21.28	5.00	48.00
N° 100	0.150	3.59	0	12.00

Figura 2

Análisis granulométrico de agregado fino

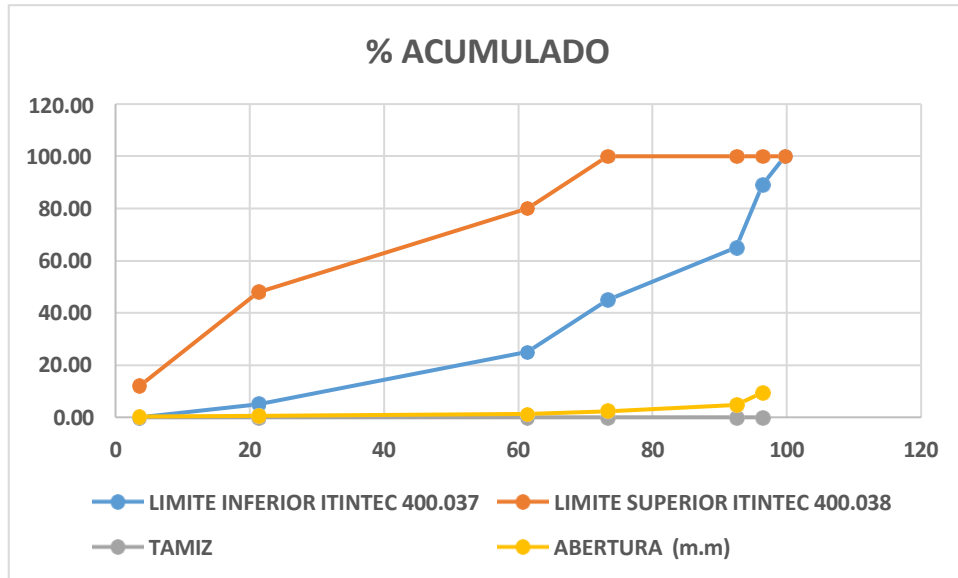
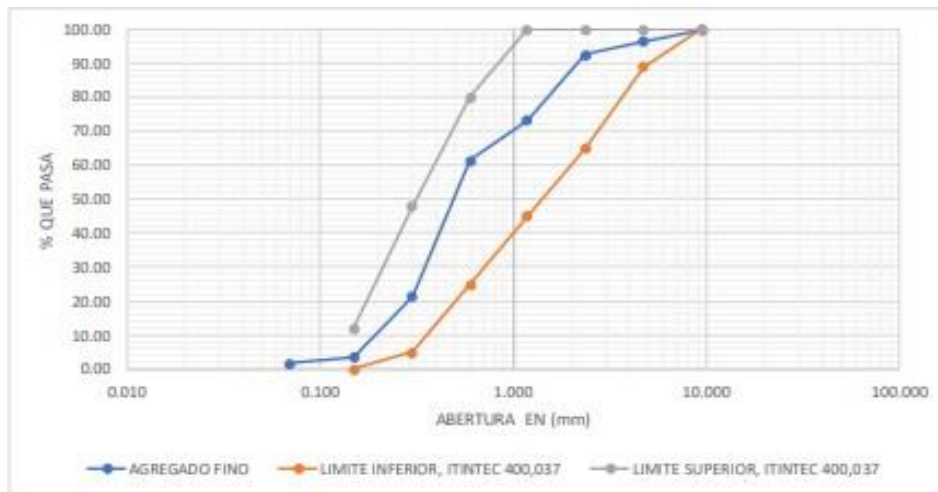


Figura 3

Análisis granulométrico de agregado fino



En la tabla 2 se detalla los datos obtenidos del Análisis granulométrico de agregado grueso y en las figuras 4 y 5 se muestra su análisis respectivo.

Tabla 2

Datos obtenidos del Análisis granulométrico de agregado grueso

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% ACUMULADO EXCEDENTE		
		PIEDRA DE 1/2"	LIMITE INFERIOR ITINTEC 400.037	LIMITE SUPERIOR ITINTEC 400.038
4"	100			
3 ½ "	90			
2 ½ "	63			
1 ½ "	37.5			
1"	25			
¾ "	19			
½ "	12.5	100.000	100.000	100.000
3/8"	9.500	93.333	90.00	100.00
Nº4	4.750	37.789	20.00	55.00
Nº8	2.360	0.700	5.00	30.00
Nº16	1.180		0.00	10.00
Nº50	0.300		0.00	5.00
Nº100	0.150			

Figura 4

Análisis granulométrico de agregado grueso

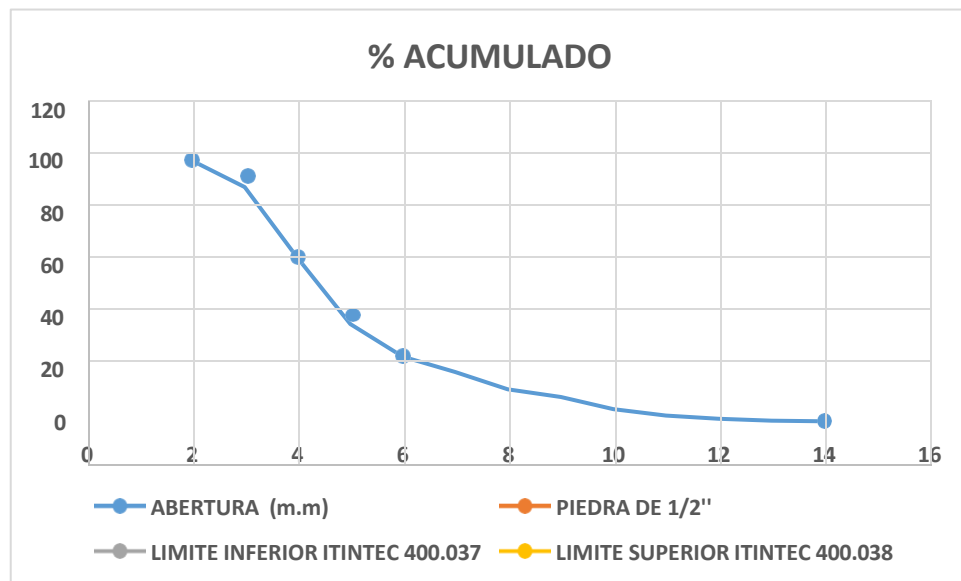
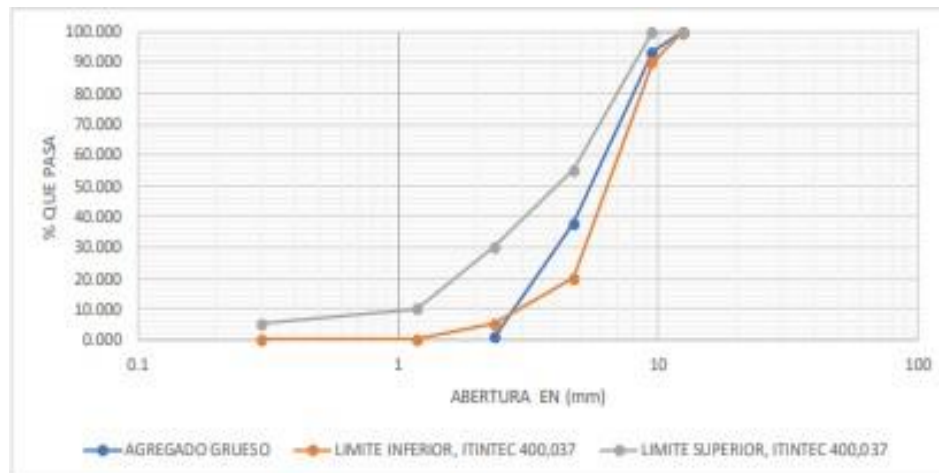


Figura 5

Análisis granulométrico de agregado grueso



En la tabla 3 se observa los datos obtenidos del Análisis granulométrico de PET y en las figuras 6 y 7 se muestra su análisis respectivo.

Tabla 3

Datos obtenidos del Análisis granulométrico de PET

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO	
				% RETENIDO	% EXCEDENTE
1/2"	12.500	0	0.00	0.00	0.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0.00
N°4	4.750	0.70	0.24	0.24	99.76
N°8	2.360	107.22	37.31	37.56	62.44
N°16	1.180	134.12	46.68	84.23	15.77
N°30	0.600	43.00	14.96	99.20	0.80
N°50	0.300	2.14	0.74	99.94	0.06
N°100	0.150	0.16	0.06	100.00	0.00
N°200	0.070	0.00	0.00	100.00	0.00
BANDEJA		0.00	0.00	10	0.00

Figura 6

Análisis granulométrico de PET

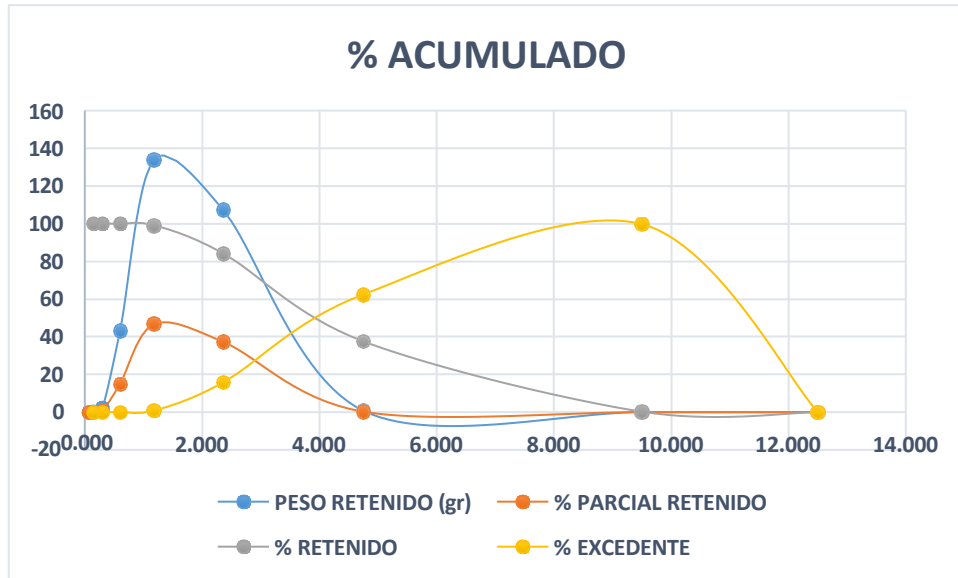
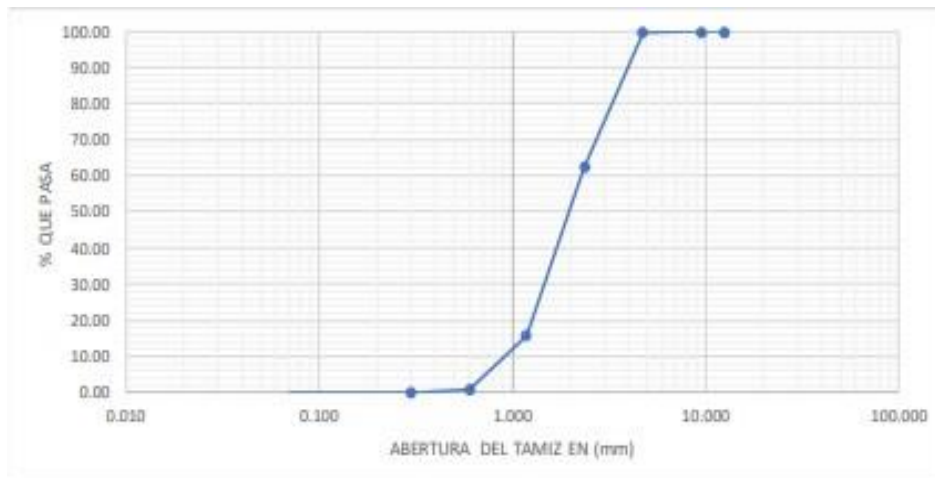


Figura 7

Análisis granulométrico de PET



En las tablas 4 y 5 se muestran las resistencias a la compresión de concreto utilizando diseño de mezclas con agregado fino y grueso; y PET y arena.

Tabla 4

Resistencia a la compresión de concreto utilizando diseño de mezclas con agregado fino y grueso

DIAS A EVALUAR (ensayos)	CARGA MÁXIMA (Kg).	F'C (Kg/cm²)	PROMEDIO
	87549.000	427.027	
7	87932.000	430.997	429.012
	89948.000	438.728	
14	89245.000	441.807	440.267
	93145.000	453.194	
21	92568.000	455.978	454.586
	96745.000	467.232	
28	94684.000	464.092	465.662

Tabla 5

Resistencia a la compresión de concreto utilizando diseño de mezclas con PET y arena.

DIAS A EVALUAR (ensayos)	CARGA MÁXIMA (Kg).	F'C (Kg/cm²)	PROMEDIO
	105098.000	525.490	
7	105864.000	529.320	527.405
	109896.000	549.480	
14	108490.000	542.450	545.965
	116290.000	581.450	
21	115136.000	575.680	578.565
	123490.000	617.450	
28	129368.000	646.840	632.145

En las tablas 6 y 7 se muestran la media promedio del adoquín con PET y agregado fino; y el peso promedio del adoquín en 28 días.

Tabla 6*Media promedio del adoquín con PET y agregado fino*

ADOQUIN	MEDIDAS (cn)		
	LARGO	ANCHO	ESPESOR
PATRON	20.144	10.150	5.281
<u>95% PET+ 5% ARENA</u>	<u>20.000</u>	<u>10.000</u>	<u>8.000</u>

Tabla 7*Peso promedio del adoquín en 28 días*

ADOQUIN	PESO	PROMEDIO
	PROMEDIO 28 DIAS (g)	(g)
PATRON	2451.50	2450.75
	2450.00	
95% PET+ 5% ARENA	2375.00	2374.50
	2374.00	

El presente trabajo de investigación verificamos el análisis granulométrico del agregado fino, agregado grueso y PET que son utilizados en diferentes proporciones obteniendo dispersión de sus partículas de acuerdo a la NTP 400.037 (ver figura 2, 3, 4, 5, 6, 7), también el peso de los adoquines a los 28 días como se detalla en la tabla N°7 teniendo un promedio con la muestra patrón de 2450.75 gr., utilizando el diseño de mezcla 95% PET + 5% arena se obtuvo un promedio de 2374.50 gr. del peso del adoquín en 28 días, esto a su vez se evidencia según Reyna (2016), en su tesis titulada "Reutilización del plástico PET,

papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo 'donde manifiesta que el 5% PET obtiene buen soporte de las unidades vehiculares y peatonal y al aumentar los residuos en la mezcla disminuye su resistencia a la compresión en cambio al utilizar PET y arena aumenta su resistencia al agregar más plástico. De utilizaron dimensiones para la elaboración del adoquín de 20 cm, 10 cm y 8 cm según (RNE. 2018). De acuerdo a la tabla 4 el promedio de resistencia a la compresión con agregado fino y grueso en el 7 día fue de 429.012 Kg/cm², 14 días se

obtuvo 440.267 Kg/cm² 21 días 454.586 Kg/cm², 28 días 465.662 Kg/cm², en la tabla 5 el promedio de resistencia a la compresión con PET y arena en el 7 día 527.405

Kg/cm², 14 días 545.965 Kg/cm², 21 días 578.565 Kg/cm², 28 días Kg/cm² los datos obtenidos se ven reflejados en la NTP 399.611, N. T. (2015).

3. Conclusiones

Se elaboró un adoquín ecológico utilizando plástico y arena para pavimentos cumpliendo con lo requerido en la norma técnica peruana y el reglamento nacional de edificaciones, utilizando 95% de PET y 5% de arena, así mismo la utilización del PET ayudará a mitigar la contaminación ambiental, en comparación con adoquines tradicionales con lo que se podrá ahorrar tiempo y ahorro de materiales. Se determinó que las

propiedades físicas- mecánicas de acuerdo a la dosificación utilizada 95% de PET, 5% arena con los estándares de la norma GE 010 cumpliendo con la resistencia a la compresión y el peso en m³, esto se ve reflejado en la proporcionalidad de los materiales a más porcentaje de arena disminuye sus propiedades y en peso, durante su fabricación la vibración de los equipos ocasiona daños a los adoquines ecológicos.

4. Referencias

Ochoa, A. (2023, Sep 17). Reciclan plástico y hacen ladrillos. El Norte. <https://www.proquest.com/newspapers/reciclan-plástico-y-hacen-ladrillos/docview/2865479410/se-2>

DUVPAL. (2023). La tecnología hoy es clave para una nueva era de obras: La construcción de nuevos proyectos de infraestructura (como las concesiones 5G) busca emplear materiales sostenibles que contribuyan a mitigar emisiones contaminantes y mejoren la durabilidad de las obras. Portafolio. <https://www.proquest.com/trade-journals/la-tecnología-hoy-es-clave-para-una-nueva-era-de/docview/2829389991/se-2>

Planta convertirá plástico en material de construcción en Costa Rica: COSTA RICA PLÁSTICOS. (2022, Jun 20). EFE News Service <https://www.proquest.com/wire-feeds/planta-convertirá-plástico-en-material-de/docview/2678553371/se-2>

A. D. Espinoza (2022), "Elaboración de adoquines de concreto destinados al tránsito vehicular ligero utilizando parcialmente residuos de demolición como agregado fino y grueso"- Ingeniero, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/4856>

Cabeza, J. C.; & Morillo A. J. (2018). Diseño de adoquines de concreto para pavimento tipo II con incorporación de cenizas de cascarilla de arroz. (Tesis de grado para optar por el título de Ingeniería Civil), Universidad Cesar Vallejo, Perú. Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34726>

Cabrera Ruano, J. E. (2022). Análisis técnico de mejoramiento de vías con adoquines de concreto en urbanización Villareal. (Trabajo de

pregrado). Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín. Colombia. Disponible

en:

<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/28576>

Lilismet Pérez Machado, Belkis Meireles Tamayo, Dayana de la Caridad Fuentes Alpizar, Cinthya Peña Mijenes, Anadelys Alonso Aenlle (2022), Empleo de adoquines de concreto en la construcción de pavimentos. Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 16, núm. 2, pp. 1-11, 2022 Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas <https://www.redalyc.org/journal/1939/193971847007/html/>

Reglamento Nacional de Edificación. (2018). Norma Técnica de Edificación CE.010 Pavimentos banos. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Obtenido de <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Reyna Pari, C. (2016). Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de

viviendas de bajo costo. Tesis de postgrado, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, La Libertad, Perú. Obtenido de

<http://www.dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3158/TESIS%20MAESTRIA%20CESAR%20ALBERTO%20REYNA%20PARI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

NTG 41085, N. (2015). Guía Técnica de Instalación de Adoquines de Concreto. Lima-Perú

NTG 41086, N. (2012). Adoquines de concreto para pavimentos. Especificaciones. Lima-Perú

NTG 41087 h1, N. (2012). Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto. Lima-Perú

NTP 334.009, N. (2016). CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos. Lima-Perú

NTP 339.088, N. (2006). HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland, Requisitos Lima-Perú

NTP 399.611, N. T. (2015). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto Lima-Perú

NTP 400.037 AGREGADOS, especificaciones estándar para agregados en hormigón (concreto), segunda edición, febrero 2022-Lima.

Elaboración de concreto para veredas utilizando residuos de construcción, vidrio, PET (Tereftalato de Polietileno), y bagazo de caña de azúcar (Saccharum Officinarum)

Paul Alexis Sisniegas Gálvez

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-4611-6100>

p.sisniegas@uct.edu.pe

Viviano Paulino Ninaquispe Zare

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-8735-4164>

v.ninaquispe@uct.edu.pe

Ascon Dionicio Gregorio Mayer

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0003-2275-6629>

gascon@unitru.edu.pe

Nilson Deonil Campos Vásquez

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0001-5625-3355>

ncampos@unitru.edu.pe

Oscar Daniel Vásquez Salazar

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0009-0008-7154-2487>

ovasquez@unitru.edu.pe

José Laureano Vásquez Díaz

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0009-0008-5520-4584>

jvasquezd@unitru.edu.pe

Resumen

La presente investigación “Elaboración de concreto para veredas utilizando residuos de construcción, vidrio, PET (Tereftalato de Polietileno), y bagazo de caña de azúcar (Saccharum Officinarum) cuyo objetivo fue elaborar un concreto para veredas utilizando residuos de construcción, vidrio, PET, y bagazo de caña de azúcar, sometiendo la resistencia a la compresión, mediante el diseño de mezclas, teniendo en cuenta la reutilización del vidrio, el comportamiento pulzonico del bagazo y la alta resistencia del PET, así mismo el trabajo de investigación es cuantitativa teniendo tres probetas con concreto experimental que después de 28 días fueron evaluadas en la probeta 1 se determinó 0% de materiales no convencionales, la probeta 2 se determinó el 1% de materiales no convencionales y la probeta 3 con el 4% de materiales no convencionales, los instrumentos utilizados en los ensayos según las normas de edificaciones y las herramientas de medición el cono de abrams, máquina de flexo-compresión, obteniendo resultados positivos en las probetas de muestreo siendo óptimo para la elaboración de un concreto para veredas.

Palabras clave: Resistencia a la compresión, concreto para veredas, diseño de mezcla

Abstract

The present investigation "Preparation of concrete for sidewalks using construction waste, glass, PET (Polyethylene Terephthalate), and sugar cane bagasse (Saccharum Officinarum) whose objective was to prepare concrete for sidewalks using construction waste, glass, PET , and sugar cane bagasse, subjecting the resistance to compression, through the design of mixtures, taking into account the reuse of glass, the pulzonic behavior of bagasse and the high resistance of PET, likewise the research work is quantitative taking into account three specimens with experimental concrete that after 28 days were evaluated in specimen 1, 0% of non-conventional materials were determined, specimen 2 was determined to have 1% of non-conventional materials and specimen 3 with 4% of non-conventional materials. The instruments used in the tests according to the building standards and the measuring tools, the Abrams cone, flexo-compression machine, obtaining positive results in the sampling specimens, being optimal for the preparation of concrete for sidewalks.

Keywords: Compressive strength, sidewalk concrete, mix design

1. Introducción

Actualmente el crecimiento en el sector construcción genera una importante actividad económica en donde se utiliza toda clase de concreto, con diversos materiales como agregados finos (arena), agregados grueso (grava), cemento, agua, en otras circunstancias la adición de aditivos y acelerantes para la construcción de diversas obras. El consumo masivo de alimentos y no alimentos generan cantidad excesiva de residuos como plástico, vidrio, así como también los residuos de construcción que se generan de diversas obras como: inmobiliarias y otras edificaciones, en la utilización del bagazo que resulta de la producción de azúcar y también es utilizado en la elaboración del papel de acuerdo a la capacidad tecnológica de la empresa, los residuos que resultan de la fabricación, consumo y utilización son la problemática que se evidencia en la actualidad siendo un contaminante del suelo, agua y aire afectando de forma directa al ecosistema.

Para mitigar la contaminación ambiental, es necesario reutilizar el PET (tereftalato depolietileno), vidrio, bagazo y materiales de construcción (escombros) para tener un concreto que presente la misma resistencia que un concreto tradicional, que pueda solucionar las necesidades de la sociedad, minimizando el riesgo ambiental.

Para Ayala et al. (2022), en su trabajo de investigación titulada Metodologías empleadas para la producción de concreto permeable

usando parcialmente materiales reciclados como agregados: una revisión literaria, tiene como objetivo recopilar y discutir sobre el diseño en pavimentos, con el remplazo parcial de agregado grueso por agregados reciclados, como látex de caucho al 5 % y 8 % por peso de cemento, ceniza volante entre el 0 % y el 70 % por volumen del cemento, y fibra de carbono al 0.27 % y 0.4 % por peso de agregado grueso, enfocándose en múltiples parámetros como: “materiales residuales, coeficiente de permeabilidad, grado de porosidad y ensayos de laboratorio para el concreto permeable”. Los resultados muestran que la resistencia a la compresión varía entre 0.5 MPa y 97.3 MPa, resistencia a la tracción entre 1.6 MPa y 5.29 MPa y la permeabilidad entre 4.63 mm/s y 10.2 mm/s, donde el porcentaje idóneo del uso de ceniza volante para la obtención óptima de concreto permeable es hasta el 20 %, que, excediendo este porcentaje, afecta negativamente sus propiedades mecánicas.

Según Perez et al. (2022) en su trabajo de investigación titulada “Factores de emisión de concretos modificados con residuos de vidrio en reemplazo de los agregados finos”, manifiesta sobre la generación de residuos que es un problema para el medio ambiente, teniendo como objetivo el utilizar residuos de vidrio como reemplazo parcial de los agregados finos en la preparación de concretos y minimizar la contaminación ambiental. Se elaboraron diferentes

mezclas al 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 50% en peso de residuos de vidrio, utilizando especímenes cilíndricos de concreto de 0,15 m de diámetro y 0,3 m de longitud. Los resultados experimentales indicaron que el asentamiento disminuye con el aumento del porcentaje de vidrio. Se encontró que el mejor espécimen (20% de reemplazo) se evidenció el 5,5% en la resistencia a la compresión.

En lo económico y ambiental mostraron para este mismo espécimen un ahorro del 0,7% en el costo de la preparación y una disminución del 6,4% en las emisiones de dióxido de carbono en comparación con el concreto tradicional. Los resultados demuestran que los agregados finos pueden ser reemplazados por residuos de vidrio en la elaboración de concreto.

Según Silva y Delvasto (2021), en su trabajo de investigación titulada "Uso de residuos de construcción y demolición como material cementicio suplementario y agregado grueso reciclado en concretos autocompactantes", la capacidad que tiene para llenar encofrados con alta densidad de aceros, para muros delgados armados sería solución al llenado incompleto de este tipo de elementos prefabricados. Los residuos de mampostería y agregado grueso reciclado de concreto proveniente de residuos de construcción como reemplazo del cemento (20 % en volumen) con el agregado grueso, respectivamente, daría un enfoque sostenible al concreto autocompactante. El objetivo fue

evaluar la influencia de las propiedades en estado fresco y estado endurecido (resistencia a la compresión, tracción indirecta y compresión diagonal de muretes) de concretos autocompactantes, las mezclas muestran que cuando se sustituye el cemento Portland y el agregado natural, respectivamente, los concretos pueden satisfacer los requerimientos de las directrices europeas. En estado endurecido lograron un desempeño aceptable en comparación con la mezcla de referencia. Todas las mezclas lograron una existencia a la compresión superior a los 21 MPa (28 días), adecuada para muros divisorios de casas.

Según Guerrero (2020) menciona en su tesis "Ceniza de bagazo de caña de azúcar en el concreto", el bagazo es un residuo fibroso de la caña de azúcar que resulta del proceso de molienda de los tallos para extraer el jugo, lo que representa el 40%-45% de la caña, y también resulta el residuo agrícola con mayor proporción en todo el mundo.

Según Ceballos (2021), en su trabajo de investigación titulado "Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RC&D) Generados en la Universidad del Valle Sede Meléndez para la Fabricación de Adoquines", en el cual se identificaron los puntos de concentración de escombros, así como el proceso de preparación de agregados y elaboración de adoquines. realizando ensayos con el fin de evaluar su viabilidad al compararlos con los adoquines

tradicionales, tales como pruebas de: absorción de agua, densidad y resistencia a la flexotracción (módulo de rotura), obteniendo respectivamente los siguientes resultados: 3,52 %; 1608,21 kg m⁻³; 3,5 MPa (7 días). Se concluye que los agregados obtenidos por medio de la trituración de escombros (morteros, ladrillos y concretos) poseen un buen desempeño en adoquines.

Según Goncalves et. al (2017), en su trabajo de investigación Caracterización física y mecánica de ladrillos de suelo cemento con la incorporación de diversos residuos manifiesta que la industria de la utilización de residuos en la fabricación de ladrillos de suelo cemento es una alternativa ambientalmente sostenible y permite la recuperación de dichos residuos, en lugar de simplemente lanzarlos en

1.1. Metodología

La presente investigación es cuantitativa de tipo experimental, se utilizaron probetas de forma cilíndricas teniendo dimensión de 6x12 in.(150x300mm), se utilizó el diseño de mezclas, agregando un porcentaje de PET (tereftalato de polietileno), vidrio molido, bagazo y materiales de construcción para colocar en las probetas.

Teniendo tres probetas con concreto experimental que después de 28 días fueron evaluadas en la probeta 1 se determinó 0% de materiales no convencionales, la probeta 2 se determinó el 1% de materiales no convencionales y la probeta 3 con el 4% de materiales no convencionales, evaluando con la norma ASTM C 31 y C.E. 010

la naturaleza. En este trabajo, se analizó la influencia de la incorporación de cenizas del bagazo de la caña de azúcar, aserrín y PET en las características físicas y mecánicas de los ladrillos de suelo cemento. Los resultados mostraron que la incorporación de residuos (ceniza de bagazo y aserrín) al ladrillo de suelo

cemento mantiene las propiedades mecánicas globales, lo que permite la producción de ladrillos prensados más eficientes en la relación costo-beneficio, constituyendo, por lo tanto, una excelente alternativa para la utilización de estos materiales.

En el Perú según Ellen (2016) menciona en su artículo "The New Economy Plastic" que en Lima y el Callao se generan cerca de 886 toneladas de residuos plásticos que equivalen a un 46%.

después de 28 días de curación y la norma ASTM C 39, se efectuó el método estándar de prueba de resistencia a la compresión, los instrumentos utilizado para hallar los datos respectivos es el cono de Abrams para evaluar el concreto en fresco y la maquina flexo-compresión para analizar la resistencia a la compresión del concreto en estado rígido.

Para aplicar la metodología se verifico el volumen del recipiente, luego se vierte el concreto en las probetas aplicando desmoldante, llenando 1/3 de la probeta, con una varilla lisa (600x16 mm) de punta redondeada se uniformiza alrededor de toda la muestra 25 veces y con un

martillo de caucho proporcionar 10 a 15 golpes suaves, después llenar 2/3, 3/3 de la probeta realizando el mismo procedimiento, colocar mambretes en cada probeta para

distinguir esperando después 24 horas para desencofrar, realizar el curado, pasado las 28 días se realiza la rotura de las probetas analizando así los resultados.

2. Resultados y Discusión

Tabla 1

Grado de influencia a la compresión con y sin materiales no convencionales

Probeta	% de materiales no convencionales	Resistencia a la compresión
Patrón al 0%	0%	312.29 Kg/cm ²
Probeta al 2%	2%	292.87 Kg/cm ²
Probeta al 4%	4%	247.32 Kg/cm ²

Nota: Elaboración propia

Tabla 2

Mezcla proporcional de cemento, agregado fino, agregado grueso y materiales noconvencionales

Probeta	% de materiales no convencionales	Cantidad Cemento Kg.	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua Lt.	Materiales no convencional
Patrón 0%	0 %	2.124 Kg	5.652 Kg.	6.084 Kg.	1.40 4 Lt.	0%
Probeta al 2%	2 %	2.124 Kg	5.652 Kg.	5.963 Kg.	1.40 4 Lt.	0.121 Kg.
Probeta al 4%	4 %	2.124 Kg	5.652 Kg.	5.840 Kg.	1.40 4 Lt.	0.244 Kg.

Nota: Elaboración propia

Los resultados obtenidos después de 28 días de curado para determinar la resistencia a la compresión de acuerdo a la norma

ASTM C31 y CE 010 se procedió a la rotura de las muestras de la probeta, obteniendo de la muestra patrón una resistencia a la

compresión de 312.29 Kg/cm² de resistencia, en la probeta con el 2% de materiales reciclados en remplazo del agregado grueso, haciendo la distribución de 0,5% de residuos de construcción, 0,5% de vidrio triturado, el 0,5% de PET (Tereftalato de polietileno), 0,5% de bagazo de caña de azúcar, teniendo una resistencia a la compresión de 292.87 Kg/cm², en la probeta con el 4% de materiales reciclados en remplazo del agregado grueso, haciendo la distribución de 1% de residuos de construcción, 1% de vidrio triturado, el 1% de PET (Tereftalato de polietileno), 1% de bagazo de caña de azúcar teniendo una resistencia a la compresión de 247.32 Kg/cm². Según la tabla 1, muestra la resistencia a la compresión de las probetas evaluadas comparándolas con la muestra patrón es menor a la resistencia mínima de 175 Kg/cm², en la probeta con el 2% disminuyo en un 19.42 Kg/cm² con respecto a la muestra patrón, en la probeta con el 4% disminuyo en un 64.97 Kg/cm² con respecto a la muestra patrón, teniendo en cuenta que los materiales reciclados utilizados es recomendable agregar cantidades menores al 10% de agregados evitando que la resistencia se vea afectado. Según Huertas (2019), en su trabajo de investigación "Análisis de las propiedades estructurales del concreto modificado con la fibra de bagazo de caña", al analizar las propiedades de los materiales del concreto con agregado de bagazo de caña, la materia prima utilizada se adhiere al cemento teniendo un concreto con 0.6% de bagazo de caña de azúcar y 0.8% de capacidad

a la compresión, teniendo un material aceptable y alterno para incorporarse al concreto. Según Ezequiel (2021) en su tesis "Estudio de la resistencia a la compresión del concreto con vidrio molido reciclado como sustituto parcial del agregado fino" menciona que al agregar vidrio molido reciclado como sustituto del agregado fino, realizando diferentes muestras reemplazando parcialmente el agregado fino inicial de 0 %, 4%, 5% y 6%, realizándose ensayos de granulometría, contenido de humedad, masa unitaria suelta y compacta, densidad específica, absorción, utilizando moldes cilíndricos de 4" (10,26 cm) de diámetro y 8" (20,32 cm) de altura, lo cual fue realizado los ensayos para medir la capacidad de soportar la compresión de 28,14cm con 7 días de curado, teniendo como resultado el 6% de agregado de vidrio molido con una capacidad de soportar la compresión según el modelo patrón. Según Lector (2017), en su tesis de investigación titulada "Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de nuevo Chimbote" teniendo como resultado en la preparación del concreto agregando plástico de reciclaje PET, desarrollando la confección concreto f'c: 210 Kg/cm² y 175 Kg/cm² a partir del plástico PET, agregando los insumos agregado grueso y fino en las probetas para comprobar la capacidad de compresión a los 7 días , 14 días, 28 días, teniendo como respuesta que agregando el 10% de plástico reciclado tiene mayor resistencia a la compresión.

3. Conclusiones

Se determinó en las 2 muestras de probeta que en la primera evaluación se utilizó el 0.5% de cada material en estudio, en la segunda muestra el 1% del material en estudio el uso de los materiales reciclados mejoró el costo para la

elaboración del concreto.

Se analizó la resistencia en la elaboración del concreto debido a que los materiales convencionales son óptimos para la elaboración y la construcción de viviendas.

4. Referencias

Huertas-Alarcon, L. y Martinez-Celis, P. (2019). Análisis de las propiedades estructurales del concreto modificado con la fibra de bagazo de caña. Colombia. Universidad Católica de Colombia. 26

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23469/1/AN%C3%81LISIS%20>

[DE%20LAS%20PROPIEDADES%20ESTRUCTURALES%20DEL%20CONCRETO%20MODIFICADO%20CON%20LA%20FIBRA%20DE%20BAGAZO%20DE%20CA%C3%91A.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23469/1/AN%C3%81LISIS%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20ESTRUCTURALES%20DEL%20CONCRETO%20MODIFICADO%20CON%20LA%20FIBRA%20DE%20BAGAZO%20DE%20CA%C3%91A.pdf)

[O%20MODIFICADO%20CON%20LA%20FIBRA%20DE%20BAGAZO%20DE%20CA%C3%91A.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23469/1/AN%C3%81LISIS%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20ESTRUCTURALES%20DEL%20CONCRETO%20MODIFICADO%20CON%20LA%20FIBRA%20DE%20BAGAZO%20DE%20CA%C3%91A.pdf)

Lector, M. y Villarreal, E. (2017). Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto en la ciudad de nuevo Chimbote. Nuevo Chimbote. Universidad Nacional del Santa.

<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2799/43457.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ezequiel D. y Rojas J. (2021). Estudio de la resistencia a la compresión del concreto, con vidrio molido reciclado como sustituto parcial del agregado fino. Bogotá. Universidad Católica de Colombia.

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/27150/1/TRABAJO%20DE%20>

[GRADO%20%5B507406%20-%20507826%5D.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/27150/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20%5B507406%20-%20507826%5D.pdf)

Pérez, O., Felipe Arbelaez, Diosa, M. A., Pino, J. J. A., & Ciro, S. V. (2022).

Factores de emisión de concretos modificados con residuos de vidrio en reemplazo de los agregados finos. [Emission factors of modified concrete with glass in replacing of fine aggregates] Ingeniare : Revista Chilena De Ingenieria, 30(2), 368-377. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/factores-de-emisión-concretos-modificados-con/docview/2722403028/se-2>

Ceballos-Medina, S., González-Rincón, D. C., & Sánchez, J. D. (2021). Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RC&D) Generados en la Universidad del Valle Sede Meléndez para la Fabricación de Adoquines. [Construction and Demolition Waste (C&DW) Recycling Generated at the Universidad del Valle (Meléndez) for the Manufacture of Paving Stones Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição (C&DW) Gerada na Universidad del Valle (Meléndez) para Fabricação de Pedras de Pavimentação] Revista Ion, 34(1), 27-35.

<https://doi.org/10.18273/revion.v34n1-2021003>

Ceballos-Medina, S., González-Rincón, D. C., & Sánchez, J. D. (2021). Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RC&D) Generados en la Universidad del Valle Sede Meléndez para la Fabricación de Adoquines. [Construction and Demolition Waste (C&DW) Recycling Generated at the

Universidad del Valle (Meléndez) for the Manufacture of Paving Stones Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição (C&DW) Gerada na Universidad del Valle (Meléndez) para Fabricação de Pedras de Pavimentação] Revista Ion, 34(1), 27-35.

<https://doi.org/10.18273/revion.v34n1-2021003>

Silva-Urrego, Y., & Delvasto-Arjona, S. (2021). Uso de residuos de construcción y demolición como material cementicio suplementario y agregado grueso reciclado en concretos autocompactantes. [Use of construction and demolition waste as supplementary cementitious material and recycled coarse aggregate in selfcompacting concrete] Informador Técnico, 85(1), 20-33.

<https://doi.org/10.23850/22565035.2502>

Gonçalves, J. E., Paixão, R. M., Judson Ricardo Ribeiro, d. S., Newton Cesar, F. A., da Silva, P. S., Maria de los

Angeles, Perez Lizama, Márcia, A. A., & Armando Alberto de, M. F. (2017). CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E

MECÂNICA DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DIVERSOS.

[Caracterización física y mecánica de ladrillos de suelo cemento con la incorporación de diversos residuos [Physical and mechanical characterization of cement floor bricks with the incorporation of various wastes]] Informe GEPEC, 21(2), 182-196.

<https://www.proquest.com/scholarly-journals/caracterização-física-e-mecânica-de-tijolos-solo/docview/2016451172/se-2>

Jhon Emanuel Ayala-López, Gil-Ahumada, E., Cornejo-Ramos, R., & Sócrates Pedro Muñoz-Pérez. (2022). Metodologías empleadas para la producción de concreto permeable usando parcialmente materiales reciclados como agregados: una revisión literaria. [Methodologies to Produce Pervious Concrete Partially Using Recycled Materials as Aggregates: A Literature Review] TecnoLogicas, 25(53)

<https://doi.org/10.22430/22565337.2080>

La trazabilidad en la SCM: una revisión bibliográfica

Paul Alexis Sisniegas Gálvez

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-4611-6100>

p.sisniegas@uct.edu.pe

Viviano Paulino Ninaquispe Zare

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-8735-4164>

v.ninaquispe@uct.edu.pe

Ascon Dionicio Gregorio Mayer

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0003-2275-6629>

gascon@unitru.edu.pe

Oscar Daniel Vásquez Salazar

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0009-0008-7154-2487>

ovasquezs@unitru.edu.pe

Nilson Deonil Campos Vásquez

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0001-5625-3355>

ncampos@unitru.edu.pe

José Laureano Vásquez Díaz

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0009-0008-5520-4584>

jvasquezd@unitru.edu.pe

Resumen

El objetivo del presente artículo fue el análisis sistemático sobre la trazabilidad en la gestión de la cadena de suministro (SCM), a partir de la revisión de artículos de investigación utilizando el software bibliométrico VOSviewer. De los resultados, se evidencia que la SCM juega un rol trascendental para el desarrollo y funcionamiento de una empresa u organización, puesto que, efectiviza la toma de decisiones durante la gestión empresarial. En ese marco, la tecnología blockchain se presenta como una estrategia de soporte para la trazabilidad del flujo de productos hacia los mercados. El blockchain facilita la simetría de información entre los agentes económicos durante el intercambio comercial de bienes y servicios, reduciendo los costos de transacción. Por tanto, la implementación de estrategias incrementa y mejora la competitividad de las distintas cadenas de suministros.

Palabras clave: trazabilidad, blockchain, industria, gestión

Abstract

The objective of this article was the systematic analysis of traceability in supply chain management (SCM), based on the review of research articles using the bibliometric software VOSviewer. From the results, it is evident that SCM plays a transcendental role for the development and operation of a company or organization, since it makes decision-making during business management effective. In this framework, blockchain technology is presented as a support strategy for the traceability of the flow of products to the markets. The blockchain facilitates the symmetry of information between economic agents during the commercial exchange of goods and services, reducing transaction costs. Therefore, the implementation of strategies increases and improves the competitiveness of the different supply chains.

Keywords: traceability, blockchain, industry, management

1. INTRODUCCION

Hoy en día la cadena de suministro es la base del desarrollo empresarial, debido a ello, se han aplicado tecnologías que optimizan su gestión. Estas tecnologías reciben el nombre de tecnologías de información y comunicación (TIC), las cuales varían en función a las etapas de los procesos en la SCM. Sin embargo, los sistemas actuales de gestión de la SCM aún se enfrentan a varios problemas graves, como la manipulación de productos, la mala trazabilidad, los retrasos y la falta de intercambio, en tiempo real, de la información (Hader et al., 2022; Sezer et al., 2022).

Basado en una nueva tecnología llamada blockchain, que es una innovación pionera en las tecnologías de la información descentralizadas, se puede definir un sistema de gestión de la SCM, que puede resolver los desafíos mencionados anteriormente debido a sus características importantes, como la descentralización, la transparencia y la inmutabilidad. (Hader et al., 2022; Marchese A. & Tomarchio O., 2022; Erol et al., 2022)

Los sistemas de trazabilidad se han desarrollado como herramientas prácticas para mejorar la transparencia y visibilidad de la SCM, por otro lado, las investigaciones de trazabilidad en la SCM relacionada con blockchain ha recibido una atención significativa durante los últimos años, y podría decirse que blockchain es actualmente la tecnología más prometedora para

proporcionar servicios relacionados con la trazabilidad en redes de cadena de suministros. (Dasaklis et al., 2022; Ji G. et al., 2022; Wang R. & Chen X., 2022). En la gestión de la SCM orientada a la agricultura, productos alimenticios, productos farmacéuticos, equipos de protección personal, industria textil, entre otros, la trazabilidad se considera el principal requisito, pues la trazabilidad ayuda a proporcionar garantía de calidad y transparencia al usuario final; tener trazabilidad e intercambio de información en tiempo real construye mejores relaciones, aumenta la eficiencia y reduce el riesgo y el costo, así como permite el seguimiento y control en todos los procesos de la SCM, no obstante, la

falta de trazabilidad en los procesos de la SCM, origina pérdidas en producción y calidad (Subashini B. & Hemavathi D., 2022; Hader et al., 2022; Omar et al., 2022; Dasaklis et al., 2022).

El objetivo de este artículo es realizar una revisión de los trabajos académicos relacionados con la trazabilidad de la SCM en el área de negocios, así como proponer un marco para investigaciones futuras. Para hacer esto, llevamos a cabo una revisión bibliométrica de la literatura de 150 publicaciones científicas, que fueron publicadas durante los últimos 5 años. Los puntos que se revisan en este artículo son: la cadena de suministro, trazabilidad y blockchain.

2. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

La metodología seguida para el presente artículo fue dividida en dos etapas, la primera la definición de objetivos para el estudio y luego el análisis bibliométrico de recursos (Misra & Mention, 2022). El planteamiento del objetivo de estudio se realizó por medio de un análisis previo de los temas más

relevantes de investigación. Definidos los objetivos, se procedió a elegir los tópicos de búsqueda a utilizar en la base de datos científicos. Los conceptos establecidos fueron "traceability" y "supply chain management". Luego, a partir de estos conceptos se realizó la búsqueda de información utilizando la

base de datos Scopus para los campos: título, resumen y palabras clave. Durante la búsqueda, se filtró por área temática (negocios, gestión y contabilidad), tipo de documento (artículo) y lengua (inglés). La

recolección de datos se realizó durante junio del año 2022. La información seleccionada de la búsqueda fue descargada en un archivo CSV, para su posterior análisis acorde al objeto de estudio.

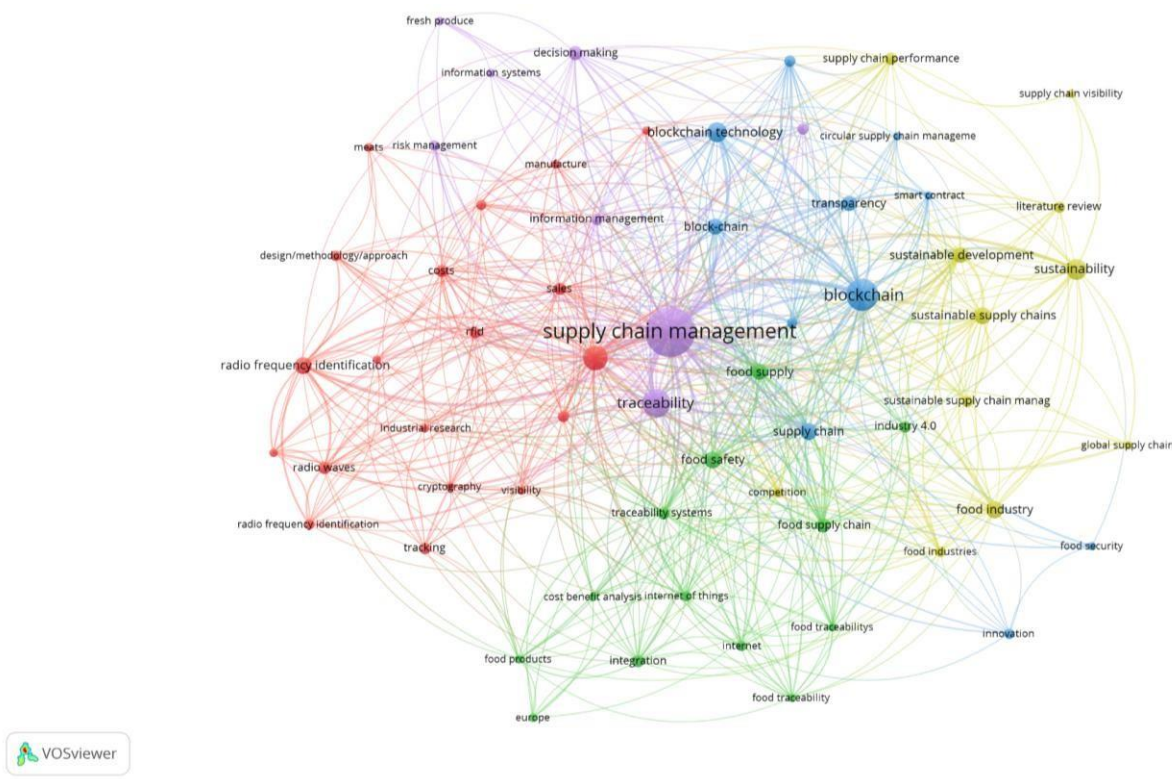


Figura 1. Resultados del análisis bibliográfico de co-ocurrencia de palabras clave por medio del software VOSviewer, para un mínimo de tres veces de ocurrencia.

Los documentos científicos fueron analizados por medio del software VOSviewer. El procesamiento de datos para la creación de mapa bibliográfico fue mediante el análisis de co-ocurrencia, unidad de análisis: palabras clave y método de conteo: conteo completo. La Figura 1 muestra el mapa bibliométrico de los vínculos de co-ocurrencia entre 62 palabras clave para un mínimo de tres veces de ocurrencia. La figura muestra las palabras clave más

relevantes fueron “supply chain management” (88 veces de ocurrencia), “blockchain” (36), “supply chain” (22), “traceability” (29), “sustainability” (15) y “blockchain technology” (14). En el mapa de resultados, el tamaño de los círculos y su etiqueta representan el número de ocurrencia de cada palabra clave, mientras que las relaciones entre cada palabra están definidas por su proximidad entre círculo/etiqueta.

CADENA DE SUMINISTRO:

Se entiende por cadena de suministro (SC) al sistema que involucra a personas y elementos que participan en el desarrollo de un producto o servicio hasta que este llega al consumidor final, es decir, la SC es el ciclo de vida del producto (Carter, 2019).

Por su parte la gestión de la SC ó SCM es la forma en cómo se integran todos aquellos procesos comerciales importantes desde los proveedores de materias primas hasta que espuesto a disposición del cliente final. Con la aparición de las TICs, en los últimos años, las empresas líderes a nivel mundial han mejorado en gran manera su cadena de suministro. Pero a pesar de esto, el sistema actual sigue enfrentando problemas (Bhandari, 2018).

En la actualidad la cadena de suministro ha llegado a ser parte vital para el óptimo funcionamiento de la empresa, ya que esta permite mejorar las relaciones entre los clientes y proveedores, y de esa manera obtener una ventaja competitiva frente a sus competidores (Christopher, 2016). Si bien la gestión de esta se encuentra en continuo desarrollo, tiene un enfoque estratégico clave que le da mucha atención a la satisfacción del cliente, lo

TRAZABILIDAD

Los cambios en el mundo asumen nuevos retos en relación con la seguridad y calidad de los alimentos. Las empresas alimentarias podrían adoptar sistemas de trazabilidad que pueden recopilar varios tipos de información a lo largo de la cadena de suministros de alimentos, cumpliendo con las normativas sanitarias vigentes haciendo su trabajo más transparente, basado en tecnologías digitales y aplicarlos en las empresas para mapear los procesos de la SCM, identificando las tareas y procesos donde se generaron

los datos, usode formatos, seleccionar y utilizar tecnologías para recopilar y analizar datos de trazabilidad, comunicando sobre el producto al consumidor final (Latino et. al, 2022). Un sistema de trazabilidad es un factor importante para el éxito, pero implementarlo es una tarea y compromiso en la gestión de la SCM de alimentos a lo largo de la cadena interna existen

cual eleva sin duda los niveles de servicio y calidad, dándole atención al proceso que genera lainformación que es la toma de decisiones, y su correcta aplicación resaltará la ventaja competitiva de la empresa (Carter et al., 2019). Un importante elemento en la SCM es la información y el flujo de esta, ya que esta permite que todos los elementos de la empresa funcionen en conjunto, con la finalidad de crear una SCM coordinada e integrada, logrando el buen funcionamiento de la empresa (Wamba et al., 2020). Como se indicó, la información y el flujo correcto de esta es vital para el buen desempeño de la SCM, ya que a partir de ella los gerentes pueden tomar decisiones para el beneficio de la empresa. Sin la información correcta sobre el desarrollo de esta un gerente no puede saber a quienes se dirigen sus productos, cuánta mercadería hay en stock y cuándo se debe producir o enviarse más producto (Queiroz et al., 2020). Es decir, la información es clave en la SCM, pues de esa manera esta irá evolucionando, trayendo como resultado el beneficio para empresa y los clientes.

barreras (proveedor-entrada-proceso-salida-cliente). Las interrelaciones entre estas barreras se moldearon en una

estructura jerárquica, buscando responder porque es difícil implementar un sistema de trazabilidad y que acciones se deben tomar para eliminar estas barreras en la empresa, se propuso un mapa de acción para superar las barreras operativas. Este modelo también permite identificar los puntos críticos del sistema de trazabilidad. Este sistema fue implantado en Indonesia teniendo implicancias en los factores sociales, económicos y ambientales, por lo que puede informar a los tomadores de decisiones al formular un mapa de acción (Gunawan et al., 2021).

La gestión de la SCM representa un conjunto de organizaciones que trabajan en estrecha colaboración para gestionar el flujo de bienes y servicios e información a lo largo de la cadena de valor de los productos. El sistema de trazabilidad es un sistema que permite la identificación de los insumos que son utilizados para elaborar un producto y el producto final a lo largo de la SCM. La figura 2 muestra a la trazabilidad como soporte a la gestión de la SCM, usando como herramienta tecnológica a la cadena de bloques o blockchain.

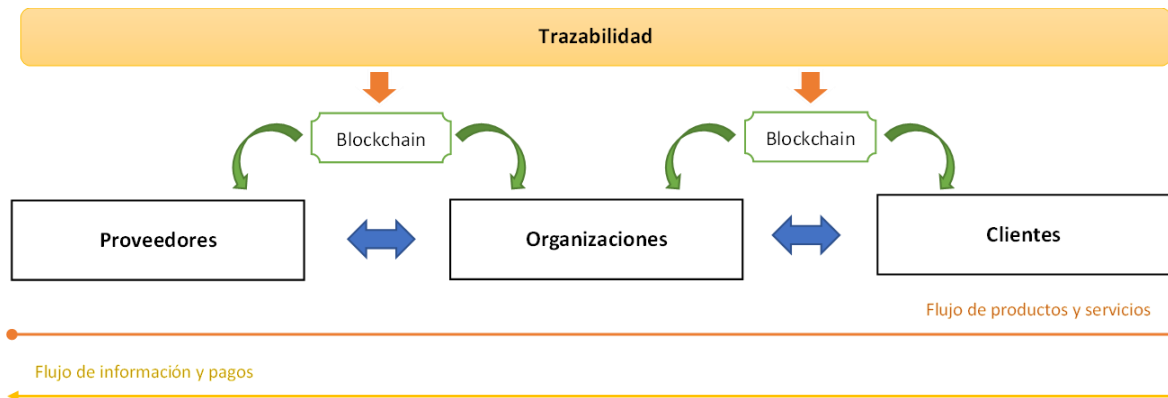


Figura 2. Esquema del soporte de la trazabilidad en la SCM

Para Zainuddin et al. (2020), en su artículo plantea lo siguiente: ver el efecto de la trazabilidad en el desempeño de la cadena de suministro utilizando técnicas SEM, este estudio se centra en la población de fabricantes de alimentos y bebidas con certificación, este método se realiza a través de encuestas, se desarrollaron alrededor de 254 conjuntos de cuestionarios respondidos por los encuestados previstos de los 500 que se distribuyen y no se detectan datos faltantes, las preguntas planteadas son respondidas totalmente por los encuestados. El estudio confirmó el sistema de trazabilidad en el desempeño de la cadena de suministro, demostrando el efecto, es decir, el 75 % y relevancia

predictiva, proporcionando una fuerte evidencia empírica de que se puede lograr un alto nivel de desempeño en la SCM. Según Marco et al. (2017), el concepto de trazabilidad tradicional es un medio para identificar la información principal necesaria para evaluar los impactos ambientales a lo largo de toda la cadena de suministro (CS). El enfoque estructurado propuesto como ejemplo se compone de cuatro pasos principales: (i) modelado de SC para identificar a todas las partes interesadas y sus interrelaciones, (ii) intercambio de datos para recopilar todos los datos relevantes, (iii) elaboración de datos para calcular el desempeño en

diferentes niveles de detalle y (iv) interpretación de resultados para optimizar el SC. La implementación distribuida del enfoque en diferentes pasos de SC representa un medio útil para realizar prácticamente una gestión sostenible de SC. Esta estrategia de gestión es aplicada a los desafíos ambientales optimizando los procesos de la trazabilidad interna y externa y la participación de sostenibilidad

BLOCKCHAIN

La tecnología Blockchain ha cobrado importancia recientemente como una tecnología prometedora en el área de la gestión de la SCM. Por ejemplo, Maersk utilizó una solución de cadena de bloques de IBM para realizar un seguimiento eficiente de sus contenedores en todo el mundo (Popper y Lohr, 2017).

La tecnología Blockchain se puede definir como una tecnología de red de igual a igual que se utiliza para crear y mantener registros distribuidos o bases de datos de registros (Crosby et al., 2016; Iansiti y Lakhani, 2017). Las partes que participan en una cadena de bloques (empresas, instituciones, individuos, etc.) pueden interactuar entre sí y crear todo tipo de registros (información de productos, certificados, datos de localización, registros de transacciones, datos adquiridos de sensores, etc.). Antes de almacenarse en la cadena de bloques, los registros se verifican y validan mediante mecanismos de consenso específicos (Crosby et al., 2016). Luego, los registros se combinan para formar un bloque de datos que se vincula con bloques anteriores para formar una cadena de bloques. Los datos en una cadena de bloques están ordenados cronológicamente, cada bloque de la cadena contiene un grupo de los bloques

ambiental. Según Garcia et al. (2022), la trazabilidad es una habilidad, junto con la transparencia, conceptualizada como una decisión interna y asistida (entre otras cosas) por la colaboración intersectorial, se encuentran como condiciones necesarias, pero no suficientes para lograr la sostenibilidad de cadena de suministro, que se concibe como un resultado.

anteriores y toda la base de datos se replica y almacena en

diferentes nodos del sistema (Crosby et al., 2016). Existen cadenas de bloques públicas (sin permiso) y privadas (con permiso) (Casey y Wong, 2017). Una cadena de bloques pública generalmente está abierta y permite que todos tengan acceso a los datos. Un ejemplo típico de una cadena de bloques abierta es la utilizada para desarrollar Bitcoin. Por el contrario, una cadena de bloques privada está restringida a un número determinado de participantes predefinidos que pueden tener diferentes niveles de permiso para registrar y acceder a los datos. Tanto las blockchains públicas como las privadas se caracterizan por la implementación de mecanismos de consenso para validar los datos, el uso de enlaces criptográficos entre los bloques de la cadena y la creación de réplicas de toda la base de datos en múltiples nodos de la red (Crosby et al., 2016, Casey y Wong, 2017). Estas características ofrecen la garantía de que los datos que se registran en una cadena de bloques son válidos, inmunes a cualquier alteración y protegidos contra la falla de algunos de los nodos del sistema (Crosby et al., 2016; Casey y Wong, 2017; Babich y Hilary, 2020).

CONCLUSIONES:

La cadena de suministro juega un rol importante en la gestión de la empresa, pues permite que los gerentes tomen decisiones para el buen funcionamiento de la misma. En este aspecto el uso de la tecnología blockchain aplicado en la trazabilidad, permite garantizar la autenticidad del producto y calidad de esta.

La introducción de la tecnología Blockchain permite a las empresas una

mejor gestión de la información durante el intercambio de bienes/servicios, reduciendo la incertidumbre de los mercados y los costos de transacción. Por tanto, la implementación de estrategias tecnológicas mejora e incrementa la competitividad de las distintas cadenas de suministros, así como reduce los costos y produce una mayor rentabilidad para los actores económicos que la componen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Babich, V., Hilary G. (2020). Distributed ledgers and operations: what operations management researchers should know about blockchain technology. *Manuf. Serv. Oper. Manag.*, 22 (2), 223-240.
- Bhandari, Bhavya. (2018). Supply Chain Management, Blockchains and Smart Contracts. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3204297>.
- Carter, C., Hatton, M., Wu, C., Chen, X. 2019. Sustainable supply chain management: continuing evolution and future directions. *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, 50 (1)(2019), pp. 122-146, [10.1108/IJPDLM-02-2019-0056](https://doi.org/10.1108/IJPDLM-02-2019-0056)
- Casey, M., Wong, P. (2017). Global supply chains are about to get better, thanks to blockchain. *Harv. Bus. Rev.*, 13, pp. 1-6.
- Christopher, M. 2016. *Logistics & Supply Chain Management*. Harlow: Pearson. www.pearson.com
- Correa, A., Gómez, R. 2008. Information Technologies in supply chain Management. *DYNA*, 76(157), 37-48.
- Retrieved July 03, 2022, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532009000100004&lng=en&tlng=es
- Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: beyond bitcoin. *Appl. Innov.*, 2 (6-10), p. 71.
- Dasaklis T.K., Voutsinas T.G., Tsoufias G.T., Casino F. (2022). A Systematic Literature Review of Blockchain-Enabled Supply Chain Traceability Implementations, Sustainability (Switzerland), Volume 14, 4, <https://doi.org/10.3390/su14042439>.
- Erol I., Murat Ar I., Peker I., Searcy C. (2022). Alleviating the Impact of the Barriers to Circular Economy Adoption Through Blockchain: An Investigation Using an Integrated MCDM-based QFD With Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets, Computers & Industrial Engineering, Volume 165, 107962, ISSN 0360-8352, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.107962>.

- Garcia-Torres, S. , Rey-Garcia, M. , Sáenz, J. and Seuring, S. (2022), "Trazabilidad y transparencia para cadenas de suministro sostenibles de moda-indumentaria", *Journal of Fashion Marketing and Management* , vol. 26 núm. 2, págs. 344-364, <https://doi.org/10.1108/JFMM-07-2020-0125>.
- Gülçin Büyüközkan, Gizem Tüfekçi, Deniz Uztürk, (2021). Evaluating Blockchain requirements for effective digital supply chain management, *International Journal of Production Economics*, Volume 242, 2021, 108309, ISSN 0925-5273, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108309>.
- Gunawan, I., Vanany, I. and Widodo, E. (2021), "Typical traceability barriers in the Indonesian vegetable oil industry", *British Food Journal*, Vol. 123 No. 3, pp. 1223-1248. <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2019-0466>
- Hader M., Tchoffa D., Mhamedi A.E., Ghodous P., Dolgui A., Abouabdellah A.. (2022). Applying integrated Blockchain and Big Data technologies to improve supply chain traceability and information sharing in the textile sector. *Journal of Industrial Information Integration*, Volume 28, 100345, ISSN 2452-414X. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100345>.
- Iansiti M., Lakhani K. (2017). The truth about blockchain. *Harv. Bus. Rev.*, 95.
- Ji G., Zhou S., Lai K.-H., Tan K.H., Kumar A. (2022). Timing of blockchain adoption in a supply chain with competing manufacturers, *International Journal of Production Economics*, Volume 247, 108430, ISSN 0925-5273. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108430>.
- Latino, Maria Elena & Menegoli, Marta & Lazoi, Mariangela & Corallo, Angelo, 2022. "Voluntary traceability in food supply chain: a framework leading its implementation in Agriculture 4.0," *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, vol. 178(C). <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121564>.
- Maher A.N. Agi, Ashish Kumar Jha. (2022). Blockchain technology in the supply chain: An integrated theoretical perspective of organizational adoption, *International Journal of Production Economics*, Volume 247, 108458, ISSN 0925-5273, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108458>.
- Marchese A., Tomarchio O. (2022). A Blockchain-Based System for Agri-Food Supply Chain Traceability Management, *SN Computer Science*, Volume 3, 279, ISSN 2662995X, DOI: 10.1007/s42979-022-01148-3
- Marco Marconi; Eugenia Marilungo; Alessandra Papetti and Michele Germani, (2017), Traceability as a means to investigate supply chain sustainability: the real case of a leather shoe supply chain, *International Journal of Production Research*, 55, (22), 6638-6652. <http://10.1080/00207543.2017.1332437>
- Misra, A., & Mention, A.-L. (2022).

- Exploring the food value chain using open innovation: a bibliometric review of the literature. *British Food Journal*, 124(6), 1810–1837.
<https://doi.org/10.1108/BFJ-04-2021-0353>
- Omar, I. A., Debe, M. Jayaraman, R., Salah, K., Omar, M., Arshad, J. (2022). Blockchain- based Supply Chain Traceability for COVID-19 personal protective equipment, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 167, 107995, ISSN 0360-8352.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.107995>
- Popper, N., Lohr, S. (2017). Blockchain: A Better Way to Track Pork Chops, Bonds, Bad Peanut Butter?
<https://www.nytimes.com/2017/03/04/business/dealbook/blockchain-ibm-bitcoin.html>
- Queiroz, M., Telles, R., Bonilla S. 2020. Blockchain and supply chain management integration: a systematic review of the literature. *Supply Chain Manag.: Int. J.*, 25 (2)(2020), pp. 241-254.
<https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0143>.
- Sezer B.B., Topal S., Nuriyev U. (2022). TPPSUPPLY : A traceable and privacy-preserving blockchain system architecture for the supply chain. *Journal of Information Security and Applications*, Volume 66, 103116, ISSN 2214-2126.
<https://doi.org/10.1016/j.iisa.2022.103116>.
- Subashini B., Hemavathi D. (2022). Detecting the Traceability Issues in Supply chain Industries using Blockchain Technology, *Proceedings - IEEE International Conference on Advances in Computing, Communication and Applied Informatics, ACCAI 2022*, DOI: 10.1109/ACCAI53970.2022.9752478
- Wamba, S., Queiroz, M., Trinchera, L. 2020. Dynamics between blockchain adoption determinants and supply chain performance: An empirical investigation, *International Journal of Production Economics*, Volume 229, 107791, ISSN 0925-5273,
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107791>.
- Wang R., Chen X. (2022) Research on Agricultural Product Traceability Technology (Economic Value) Based on Information Supervision and Cloud Computing, *Computational Intelligence and Neuroscience*, Volume 2022, 4687639, ISSN 16875265, DOI: 10.1155/2022/4687639.
- Zainuddin, N., Saifudin, A.M., Deraman, N., Osman, A.A.(2020) The effect of halal traceability system on halal supply chain performance. *International Journal of Supply Chain Management*, 9 (1), pp. 490-498

Factibilidad de instalación de célula robótica para soldadura FSW: una revisión bibliográfica

Paul Alexis Sisniegas Gálvez

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-4611-6100>

p.sisniegas@uct.edu.pe

Viviano Paulino Ninaquispe Zare

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-8735-4164>

v.ninaquispe@uct.edu.pe

Ascon Dionicio Gregorio Mayer

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0003-2275-6629>

gascon@unitru.edu.pe

Oscar Daniel Vásquez Salazar

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0009-0008-7154-2487>

ovasquezs@unitru.edu.pe

Nilson Deonil Campos Vásquez

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0001-5625-3355>

ncampos@unitru.edu.pe

José Laureano Vásquez Díaz

Universidad Nacional de Trujillo

<https://orcid.org/0009-0008-5520-4584>

jvasquezd@unitru.edu.pe

Resumen

Dentro de los procesos metalmecánicos, la automatización y robotización es, hoy en día, esencial para conseguir incrementar la producción e impactar profundamente en los procesos de fabricación, entre las cuales se incluyen sistemas, tanto ligeros como pesados, de máquinas de corte, manipulación y soldadura altamente automatizadas. En general, los procesos de corte y soldadura robotizados sólo están implantados en grandes empresas punteras a nivel mundial, debido a su capacidad para acometer este tipo de inversiones, que para las pymes, muchas veces no es posible llevar a cabo.

En este trabajo se propone una célula robotizada para soldadura FSW, dicha célula robótica de soldadura FSW consta de dos bancos de trabajo, dispositivos de sujeción para las piezas a ser soldadas y un robot industrial equipado con husillo para FSW. El robot más apropiado será de marca KUKA®, KR 1000 1300 titan PA-F, el cual está configurado para una carga nominal de 1300 kg para aprovechar de forma óptima el rendimiento y la dinámica del robot.

Palabras clave: Soldadura FSW; célula robotizada

Abstract

Within metalworking processes, automation and robotization is, today, essential to increase production and have a profound impact on manufacturing processes, including systems, both light and heavy, of highly automated cutting, handling and welding machines. In general, robotic cutting and welding processes are only implemented in large leading

companies worldwide, due to their ability to undertake this type of investment, which for SMEs, is often not possible to carry out.

In this work a robotic cell for FSW welding is proposed, said FSW robotic welding cell consists of two workbenches, clamping devices for the parts to be welded, an industrial robot equipped with spindle for FSW. The most suitable robot will be KUKA® brand, KR 1000 1300 titan PA-F, which is configured for a nominal load of 1300 kg to optimally exploit the performance and dynamics of the robot.

Keywords: FSW welding; Robotic cell

1. INTRODUCCION

La soldadura, en general, es un método ampliamente usado para realizar uniones de partes y piezas mecánicas (Verma & Kumar Lila, 2021); también reparaciones, siendo necesario el uso de poderosos transformadores eléctricos encapsulados en lo que se conoce como máquinas de soldar y, generalmente, aplicando diferentes materiales que fungen de interfaz de dicha unión, llamados materiales de aporte.

En ese sentido, el proceso de soldadura del aluminio suele ser complicado (Shah & Badheka, 2019); esto debido a que es muy sensible a las impurezas y fácil que se produzcan burbujas si se aporta mucho calor, reduciendo así su resistencia. Por tanto, es un problema que comúnmente ocurre al aplicar procesos de soldadura con elevados niveles de energía calorífica (Verma & Kumar Lila, 2021).

Por otro lado, la soldadura en estado sólido por fricción-agitación (FSW) es un método por el cual también es posible la unión de diversos materiales, alcanzando una relevancia singular en

las aplicaciones con materiales de difícil de soldabilidad, como el aluminio y sus aleaciones, de gran importancia en las industrias automotriz, aeronáutica, naval, etc. (Gupta, 2020; Salih et al., 2015). Esta tecnología no está muy difundida en países como el Perú, debido principalmente a que la maquinaria de soldeo para realizarla es voluminosa y de elevado costo. Sin embargo, esto no es óbice para afirmar que es un método que ofrece muy buen balance de costo-beneficio.

Con base al marco teórico, se realiza la propuesta de implementación de una célula robótica para soldadura por fricción – agitación, que permita optimizar los servicios industriales orientados al mantenimiento, reparación y fabricación de componentes de aluminio, según estándares vigentes. La propuesta toma en cuenta las condiciones y restricciones del proceso y pretende también establecer las mejores condiciones para la selección de la célula robótica.

2. MATERIALES Y METODOS

Diseño de la célula de soldadura robotizada

En el proceso que tiene para la elaboración de proyectos, es necesario implementar una metodología de diseño que permita obtener con claridad los requerimientos del cliente, para de esta manera poder homogeneizar tales requerimientos con el diseño y la ingeniería que se aplicará. La metodología lineal de diseño ayuda en la

Realización de proyectos, pues la estructura que sigue es la siguiente:



Figura 1. Metodología lineal de diseño.

La presente metodología es muy útil por los pasos que se establecen para obtener la solución del problema, pero también se puede apoyar de otras

herramientas de diseño como es el QFD, diagramas de flujo, diagrama causa – efecto, entre otras.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

El problema que atiende al diseño, surge a partir de la necesidad de optimizar el proceso y mejorar de esta manera la productividad y mantener la calidad en la soldadura de aluminio. **Requerimientos de la optimización en el proceso**

Al evaluar el proceso actual de la soldadura de aluminio, podemos obtener la información siguiente:

- Lentitud en la ejecución de las soldaduras, especialmente en aquellas en las que se debe realizar en ambos lados.
- Dificultad para ejecutar soldaduras de unión en piezas de rotación.

- No se tiene una separación mínima estándar entre piezas para ser soldadas.
- Excesos de material de aporte.
- Distracciones del soldador.

Una vez que hemos obtenido los problemas operativos durante el proceso, debemos clasificarlos en fallas controlables y fallas no controlables, para de esta manera conceptualizar qué fallas son primordiales a solucionar en nuestro diseño.

Fallas controlables	Fallas no controlables
Lentitud en la ejecución de las soldaduras, especialmente en aquellas en las que se debe realizar en ambos lados.	--
Dificultad para ejecutar soldaduras de unión en piezas de rotación.	--
No se tiene una separación mínima estándar entre piezas para ser soldadas.	--
Excesos de material de aporte.	--
Distracciones del soldador.	--

Para reducir o eliminar las fallas del proceso, tenemos que traducir las fallas mencionadas, a términos de ingeniería:

Fallas operativas	Términos de ingeniería
Lentitud en la ejecución de las soldaduras, especialmente en aquellas en las que se debe realizar en ambos lados.	Velocidad de soldeo
Dificultad para ejecutar soldaduras de unión en piezas de rotación.	Rotación de piezas
Excesos de material de relleno.	Exceso de material de aporte.
Distracciones del soldador.	Cordones no uniformes.

Metas de diseño

Una vez que tenemos nuestras fallas en términos de ingeniería, formulamos nuestras metas de diseño.

Términos de ingeniería	Metas de diseño
Velocidad de soldeo	Aumento de velocidad de soldeo.
Rotación de piezas	Facilidad de soldeo de piezas de rotación.
Exceso de material de aporte.	Parámetros exactos.
Cordones no uniformes.	Movimientos exactos y precisos de la herramienta de soldeo.

Generación y evaluación del diseño

Aumento de velocidad de soldeo

Las velocidades de soldadura se pueden aumentar debido a que con la célula robótica, se eliminan los tiempos muertos originados por la actuación humana: cambio de posición del soldador; reubicación de máquinas, herramientas y materiales; eliminación de escorias; reacondicionamiento o reemplazo de consumibles; etc. Con el robot, el uso del electrodo no consumible y las

características propias del proceso FSW (ausencia de escoria, tasas de unión elevadas, etc). Según las evidencias encontradas, se puede afirmar que para velocidad de rotación del husillo portaherramienta, la velocidad de avance del cordón de soldadura oscila entre alrededor de los 5 mm/min@800-1600 rpm, en una máquina CNC.

Facilidad de soldeo de piezas de rotación

Programando el sistema de servocontrol de posicionamiento automático del robot, se le puede dotar de la capacidad de efectuar la soldadura sin necesidad de manipular el material base, ya que éstos tienen la posibilidad de realizar el cordón de soldadura inicialmente en un primer cuadrante de 180°, para luego poder

efectuar el siguiente cuadrante de 180° para completar la unión.

Para ello, se deberá garantizar una alineación precisa de las piezas, recurriendo a un sistema de posicionamiento tipo bastidor que asegure el material base sin necesidad de manipularlo y que permita un recambio rápido de piezas.

Parámetros exactos

El primer paso es entender los requerimientos y necesidades propios del proceso; la forma, tamaño y espesor del material base, así como el tipo de

unión a efectuar. Las especificaciones están establecidas según AWS en acuerdo con ASME sección IX e ISO 6947.

Movimientos exactos y precisos de la herramienta de soldeo

Establecidos los requerimientos y necesidades, se debe realizar la programación del brazo para que realice las distintas operaciones, a saber:

- Avance a lo largo de las piezas a soldar.

- Penetración del pin de la herramienta
- Velocidad de rotación del husillo
- Generación del ángulo de penetración
- Amplios rangos de velocidades de giro y traslación.

Elección de la Célula Robótica

La soldadura robotizada puede considerarse como un sistema de fabricación flexible, al que se está adaptando un número creciente de procesos: no sólo aquellos que por su elevada velocidad de operación impidan

su utilización humana, como el láser, sino también otros que fueron diseñados inicialmente para un soldador.

Factores como la alta reproducibilidad, el excelente control de posicionamiento, flujo de material y parámetros de

proceso, junto con un perfecto seguimiento de las trayectorias, han introducido una sensible mejora de la calidad y disminución de los costos de fabricación al reducir, entre otros, los tiempos de reparación. Para una correcta selección del robot son necesarios dos parámetros fundamentales:

- Carga útil máxima: es la cantidad máxima que puede cargar un robot al centro de la brida del robot.
- Alcance máximo: es la región máxima en la que el robot puede trabajar.

Con base a esta información comenzamos la selección para el robot, el cual debe de tener la capacidad de cargar y poder desplazar la herramienta de soldeo a cada una de las posiciones donde ejecutará las soldaduras. La fuerza ejercida se mide en kilo Newtons (kN), llamada, generalmente, fuerza Z. Si esta fuerza es demasiado baja, habrá riesgo de falta de penetración de la herramienta y, por tanto, riesgo de defectos en la compacidad de la soldadura. Por otro lado, si la fuerza es demasiado alta, la herramienta se introducirá demasiado en el material y la sección soldada se reducirá.

Materiales/Espesor	Rotación	Fuerza Z
5754 H11-2 mm sobre 6061 T6 (a tope)	1 000 rpm	7 000 N
6061 T6-12mm (a tope – doble pasada de 6 mm)	1 200 rpm	8 000 N
5754 H11 -2 mm (a tope)	3 000 rpm	6 000 N
5754 H11 -AS10Fe (fundición) 2 mm (a tope)	2 400 rpm	6 000 N
7075 T6-2 mm sobre 2024 T3-3 mm (traslape)	900 rpm	6 000 N
5754 H11-2 mm sobre S235-1 mm (traslape)	1 000 rpm	4 000 N

De la tabla mostrada, se elige la fuerza Z de mayor valor, correspondiente a 8 000 N, que es equivalente a 815,77 Kg-f. Considerando un factor de seguridad de 1,5 se tiene que la carga demandada será de 1 223,66 Kg-f. Ello conduce a determinar que en la marca KUKA®, el robot más apropiado es el KR 1000 1300

titan PA-F, el cual está configurado para una carga nominal de 1300 kg para aprovechar de forma óptima el rendimiento

y la dinámica del robot. Con distancias de carga reducidas y cargas adicionales favorables, puede instalarse una carga máxima de hasta 1300 kg.

Parámetros para selección de Robot

Carga útil máxima	1 300 kg-f
Alcance máximo	3 202 mm

Todos los componentes principales del robot están fabricados con fundición de metal liviano, este concepto fue

optimizado teniendo en cuenta la eficiencia de una construcción liviana y de alta rigidez a la torsión y a la flexión.

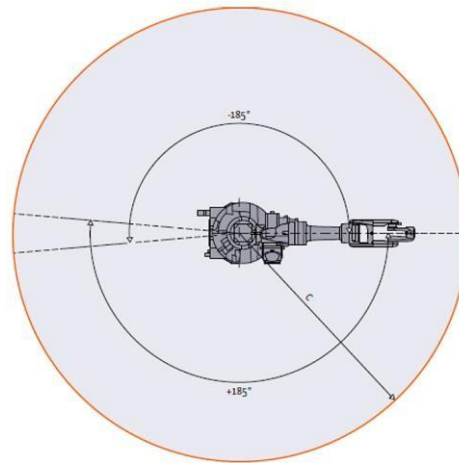


Figura 2. Alcance del brazo del robot.

De ello resulta una alta repetibilidad natural del robot presentando un buen desempeño dinámico con alta resistencia a las vibraciones. Las articulaciones y los reductores se mueven prácticamente libres de juego mientras que los motores de accionamiento son servomotores sin escobillas, con tecnología adaptable,

libres de mantenimiento y asegurados contra sobrecargas.

El alcance versátil del brazo del robot permite el uso de instalaciones relativamente simples, y la capacidad del robot para ser reprogramado con nuevas configuraciones de las partes permite que esta forma de automatización se justifique para cantidades de producción relativamente bajas.

Gráfica del campo de trabajo robot KUKA® KR 1000 1300 titán PA-F

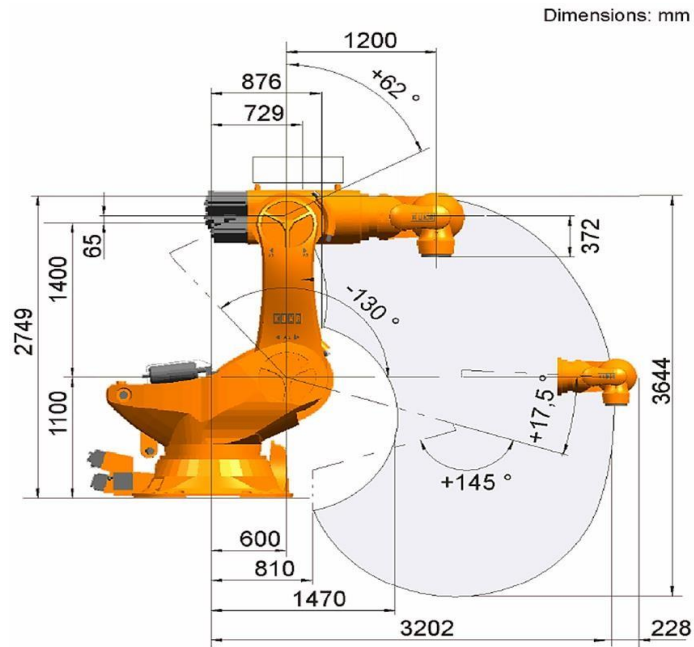
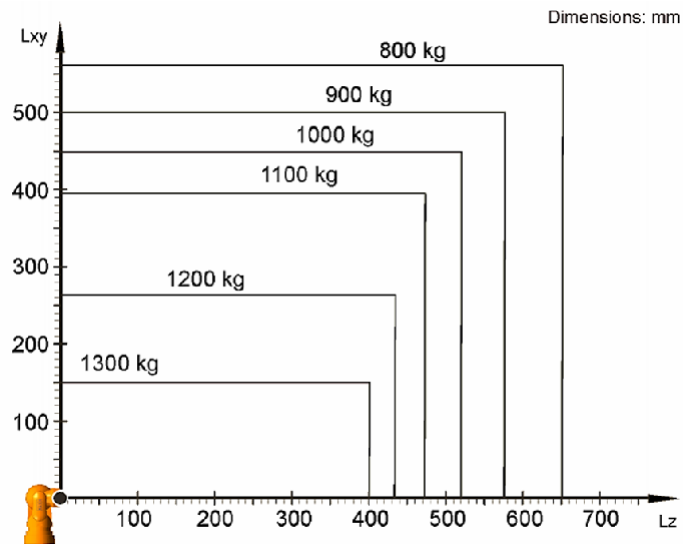


Diagrama de cargas robot KUKA® KR 1000 1300 titán PA-F



Especificaciones del robot KUKA® KR 1000 1300 titán PA-F

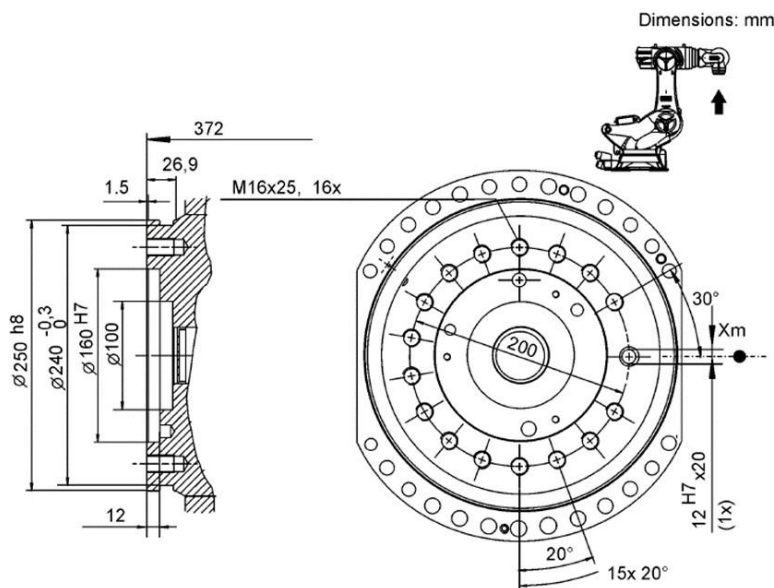
Alcance máximo	3 202 mm
Carga nominal	1 300 kg
Carga máxima	1 300 kg
Máxima carga adicional columna giratoria / brazo de oscilación / brazo	0 kg / 0 kg / 100 kg
Repetibilidad de posición (ISO 9283)	± 0,1 mm
Número ejes	4
Posición de montaje	Suelo
Superficie de colocación	--
Peso	aprox. 4 690 kg

Datos de los ejes del robot KUKA® KR 1000 1300 titán PA-F

Ejes	Amplitud por eje	Velocidad con carga nominal
A1	± 150°	58°/s
A2	-130° / 17,5°	50°/s
A3	62° / 145°	50°/s
A4	--	--
A5	± 118°	60°/s
A6	± 350°	72°/s

Para el acople de la herramienta de soldeo, se utilizará la brida de acople.

Brida de acople robot KUKA® KR 1000 1300 titán PA-F



Factores para la selección de la herramienta

Para soldar piezas y/o componentes de las diversas series de aluminio (2xxx, 5xxx, 6xxx y 7xxx), existen una amplia gama de herramientas. La resistencia, el rendimiento, la calidad y el costo son demandas constantes de los usuarios de FSW.

Las herramientas de soldeo deben satisfacer:

- La estandarización y producción en masa para reducir el costo unitario;
- Haber recibido tratamientos térmicos específicos para garantizar la estabilidad de las propiedades mecánicas;
- Haber superado controles de alta calidad;
- Poseer geometrías optimizadas

para eliminar defectos de soldadura y aumentar la velocidad de soldadura.

- Una vida útil de la soldadura: más de 1 500 m.
- Disponer en versión inteligente: registro de temperatura durante la operación desoldadura.

El material alcanza una temperatura de 500°C durante el proceso. Dos fenómenos conducen al calentamiento: fricción del hombro de la herramienta sobre el material (alrededor del 70 % del calor total); y, la deformación plástica extrema del material debido a la agitación de la herramienta (alrededor del 30% del calor total). Dependiendo del espesor del material a soldar, la herramienta se puede seleccionar usando la siguiente tabla:

Espesor de soldadura	Tipos de soldadura	Referencia Stirweld®
1 a 3 mm	A tope, traslape, en "T"	F-AA-1-X
2 a 4,5 mm	A tope, traslape, en "T"	F-AA-2-X
4 a 6 mm	A tope, traslape, en "T"	F-AA-3-X
5 a 7 mm	A tope, traslape, en "T"	F-AA-4-X
6 a 8 mm	A tope, traslape, en "T"	F-AA-5-X
7 a 10 mm	A tope, traslape, en "T"	F-AA-6-X
9 a 12 mm	A tope, traslape, en "T"	F-AA-7-X

La empresa Stirweld® lanzó al mercado el husillo FSW para robots, cuyo uso como herramienta de soldadura ofrece las mismas características que las máquinas especiales de FSW y se adapta perfectamente a todas las marcas de robots de alto rendimiento, con un coste mucho menor. Tanto como herramienta de soldadura FSW como herramienta de mecanizado, el husillo de FSW para robot se convierte en la nueva herramienta industrial híbrida de alto rendimiento. Esta herramienta innovadora está claramente en línea con la Industria 4.0 y ofrece a las empresas la posibilidad de optimizar su parque de robots aprovechando la tecnología de soldadura por fricción-agitación (FSW). A diferencia de un centro de mecanizado que sólo trabaja en plano, una célula robotizada (o robot de estación de trabajo) con un brazo articulado equipado con un husillo de FSW, es capaz de una amplia gama de movimientos. Una amplia gama de movimientos que permite trabajar en piezas tridimensionales. Con una solución de soldadura por fricción-agitación para robots, las piezas

pueden ensamblarse en siete ejes (frente a los tres ó cinco de una máquina de centro de mecanizado), lo que permite cubrir y soldar toda la superficie de las piezas grandes en tres dimensiones.

Con su rotación de 350°, la célula robótica equipada con el husillo FSW puede trabajar simultáneamente en varias estaciones de trabajo. Una vez soldada una primera pieza, el brazo articulado puede iniciar fácilmente la soldadura en una segunda superficie de trabajo, mientras se carga/descarga la primera pieza (carga pendular o en tiempo de enmascaramiento). Una ganancia considerable de productividad para grandes series de piezas a soldar. Como las células de robot están estandarizadas para facilitar y limitar los costes de mantenimiento, este husillo ofrece un ahorro de costes considerable al adaptar la tecnología FSW en la marca de robot seleccionada.

La soldadura por fricción-agitación puede provocar flash en diferentes aplicaciones, es decir, rebabas en los bordes de la soldadura. Utilizar el husillo FSW para robot significa también beneficiarse de un cabezal híbrido que

puede equiparse con una herramienta de soldadura FSW y una herramienta de mecanizado. Gracias a la interfaz

hombre-máquina desarrollada, el robot puede cambiar de herramienta fácil y rápidamente, con total autonomía.



Figura 3. Características del husillo.

Características técnicas del husillo FSW para robot

El husillo FSW para robot de Stirweld® tiene características superiores a las de las máquinas especiales de soldadura por fricción-agitación (FSW), aunque es considerablemente menos costoso:

- Velocidad de rotación: de hasta 10.000 rpm. Esto lo convierte en el husillo híbrido FSW para robot más rápido del mercado.
- Capacidad de empuje vertical: 18 000 N. Esto lo convierte en el husillo FSW híbrido para robot más potente del mercado.
- Cambio automático de la herramienta de soldadura por fricción-agitación a la

herramienta de mecanizado o sustitución de la herramienta FSW para un mantenimiento predictivo.

- Husillo refrigerado por agua para garantizar la temperatura ideal para soportar grandes series de producción, las 24 horas del día.
- Funcionamiento 100% eléctrico: el conector del husillo FSW permite una instalación rápida, fiable y robusta por la conexión a las distintas vías. La ausencia de energía hidráulica en el husillo FSW para robot reduce considerablemente el mantenimiento.
- Husillo compatible con la herramienta de hombro estacionario (Stationary shoulder).

Control de parámetros del robot KUKA® KR 1000 1300 titán PA-F

A través del sistema KUKA® PCD (Process Control and Documentation) se

ha desarrollado especialmente para procesos de trayectoria de soldadura por

fricción-agitación. Al margen de la gestión de los datos de los componentes y los productos, este sistema ofrece un

control de parámetros numérico y gráfico. La exportación de datos, el diagnóstico de procesos y el archivamiento electrónico de todos los

datos de proceso completan la gama de funciones de KUKA® PCD y permiten análisis adicionales, p. ej., en sistemas en la nube. De esta manera, KUKA® PCD es compatible con Industria 4.0 y permite una mayor productividad, así como una calidad y transparencia de datos razonables

Célula robotizada para soldadura FSW

La célula robótica de soldadura FSW constará de dos bancos de trabajo, dispositivos de sujeción para las piezas a ser soldadas, un robot industrial equipado con husillo para FSW. En base a la información de producto ofrecida

por la empresa KUKA®, se toman las recomendaciones respecto de las especificaciones que debe tener la célula robótica, adaptadas del producto cell4_FSW large dual KR, las cuales se muestran en la tabla siguiente:

Longitud (incluyendo control de cabina)	6 770 mm
Ancho (incluyendo control de cabina)	6 320 mm
Altura (incluyendo control de cabina)	3 500 mm
Módulos de aplicación FSW	1
Peso aproximado	8 000 kg
Robot	KR 1000 1300 titán PA-F
Mesas de trabajo	2
Área de las mesas de trabajo	2 400 mm x 1 600 mm
Equipamiento de la célula	Siemens TIA Portal serie 1500, KUKA® SafeOperation, 2 puertas enrollables con protección en el punto de operación y cortina de luz, cerca de policarbonato con 1 o 2 puertas de mantenimiento y mecanismos de bloqueo
Controlador de robot	KR C4 mit KSS 8.6
Operación de la célula	HMI avanzado, pantalla 23.4" con IPC

La célula puede configurarse fácilmente para requisitos específicos y actualizarse con módulos de expansión, para la eficiencia en la máxima calidad. Son aspectos destacados de la célula:

- Máxima utilización del proceso hasta un 95 % con dos estaciones de trabajo en áreas de carga separadas.
- Célula modular compacta basada en el módulo de aplicación FSW.
- Permite la soldadura rentable de metales no ferrosos y combinaciones de materiales mixtos.
- Carga y descarga sin impacto en el tiempo del ciclo.
- Precisión de trayectoria de hasta 0,5 mm alcanzable gracias a la calibración de trayectoria de KUKA®.
- 100% de seguimiento de procesos; y, listo para IIoT y servicios remotos.

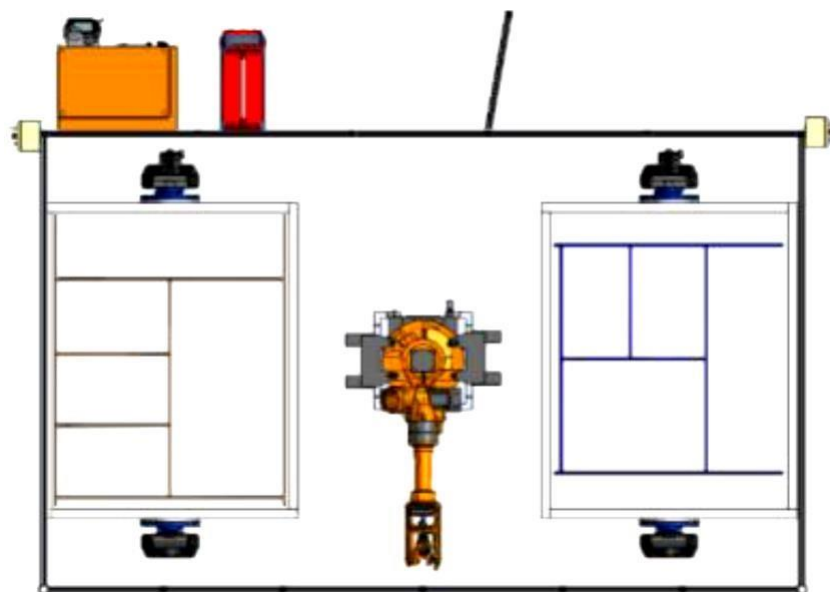


Figura 4. Configuración de la célula del robot.

Sistemas de Control y Comunicación

Existen dos sistemas que se deben comunicar con el PLC para su control y seguridad. Estos son el robot industrial y el husillo FSW. Para ello, se emplean dos buses de campo: el "Profinet", y el "ETHERNET TCP-IP", con el fin de transmitir la información (datos) para simplificar enormemente la instalación y operación. El "ETHERNET TCP-IP" se emplea paratransmitir comandos de texto al husillo, mientras que el "Profinet" se utiliza para intercambiar señales definidas y variables con el robot, a través de un mapeo de señales.

La razón por la que se escoge el bus de campo "Profinet", es que este viene integrado en

el PLC escogido para este proyecto, lo que facilita su manejo y comprensión por parte de los operarios. Como característica principal, posee un mecanismo de intercambio de datos maestro-esclavo, donde el maestro tiene control unidireccional sobre todos sus dispositivos y procesos esclavos.

La función de la comunicación del PLC con los diferentes sistemas reside en intercambio de información con los

mismos, para emitir órdenes, como la ejecución del programa que se quiera utilizar, y las instrucciones que se le deben transmitir.

El husillo y el robot tienen una interfaz de seguridad, y el control de estas señales (paradas de emergencia y permisos de acción en modo automático) se debe diseñar con una estructura específica. Para ello se emplearán relés de seguridad, método menos complejo, ya que consiste en el empleo de un relé para cada señal crítica que se presente en el sistema global. Estas son las setas de emergencia, el cierre de seguridad de la puerta, y el propio PLC de control. Como principales ventajas frente a otros sistemas, presenta:

- Implementación muy sencilla en el sistema cuando las funciones instrumentadas de seguridad son sencillas.
- No hay software, por lo que no hace falta programación, lo que evita que se produzcan errores en la lógica, corrupciones del software por interferencias eléctricas o riesgo de ciberataques.
- Presenta una velocidad de respuesta muy elevada.
- El coste de esta opción es el más bajo de las tres opciones presentadas; y,
- No es necesaria cualificación específica para su instalación.
- También presenta algunas desventajas: cuando existen muchas funciones instrumentadas de seguridad, el costo de implementación y mantenimiento puede ser elevado;
- Se necesitan incluir convertidores analógico-digitales en el caso de emplear transmisores.
- Presentan una capacidad de diagnóstico muy limitada, ya que solo disponen de dos señales luminosas.
- No es muy escalable, lo que supone un mayor gasto.
- Lógica mucho menos versátil, por lo que cambiarlo es difícil una vez que se instaura.

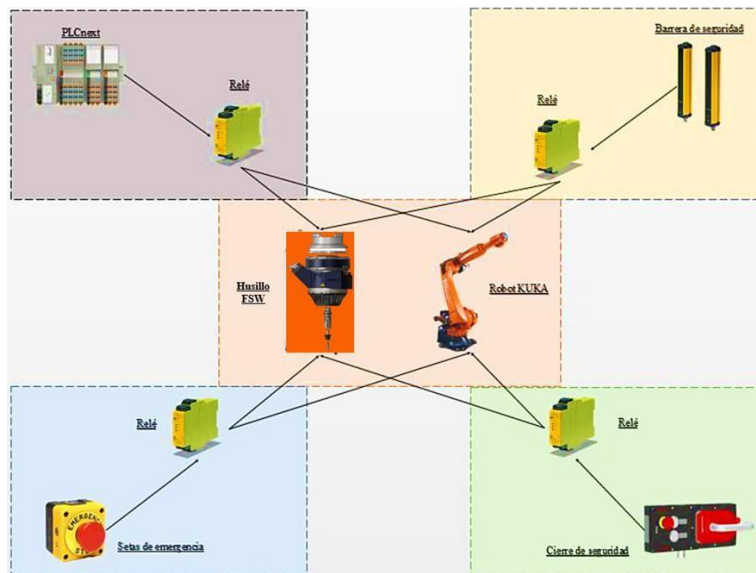


Figura 5. Interfaz del control y comunicación de la célula del robot.

4. CONCLUSIONES

Se determinó que la metodología lineal fue muy útil para el diseño de la célula de soldadura robotizada.

Se determinó que el robot más apropiado para realizar la soldadura

FSW fue de marca

KUKA®, KR 1000 1300 titan PA-F, el cual fue configurado para una carga nominal de 1300

kg para aprovechar de forma óptima el rendimiento y la dinámica del robot.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Akbari, M., Aliha, M.R.M., Keshavarz, S.M.E., Bonyadi, A. (2019). Effect of tool parameters on mechanical properties, temperature, and force generation during FSW. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, 233 (6), pp. 1033-1043.

[http://doi:](http://doi.org/10.1177/1464420716681591)

[10.1177/1464420716681591](http://doi.org/10.1177/1464420716681591) Fondo Europeo de Desarrollo Regional. (2018). Segundo informe de vigilancia tecnológica: corte y soldadura robotizados Manufactur 4.0. Interreg, Unión Europea.

Gupta, M. K. (2020). Effects of tool profile on mechanical properties of aluminium alloy Al 1120 friction stir welds. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 34(18), 2000–2010. <https://doi.org/10.1080/01694243.2020.1749448>

Minda-Valverde, I.R. & Ricaurte-Segovia, A.F. (2021). Diseño e Implementación de un Brazo Robotico Industrial con 5 Grados de Libertad Guiado por Kinect. Polo del conocimiento.

Minondo Sánchez, I. (2021). Diseño de una Celda Robotizada de Soldadura Híbrida de Alta Potencia. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón.

Palpacelli, M., Callegari, M., Carbonari, L., Palmieri, G. (2015). Theoretical and experimental analysis of a hybrid industrial robot used for friction stir welding. *International Journal of*

Mechatronics and Manufacturing Systems, 8 (5-6), pp. 258-275. [http://doi: 10.1504/IJMMS.2015.073571](http://doi.org/10.1504/IJMMS.2015.073571)

Rodríguez López, L.F. (2015). Automatización del proceso de soldadura para la fabricación de marcos. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Unidad Azcapotcalco, Instituto Politécnico Nacional.

Salih, O. S., Ou, H., Sun, W., & McCartney, D. G. (2015). A review of friction stir welding of aluminium matrix composites. *Materials & Design*, 86, 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.07.071>

Shah, P. H., & Badheka, V. J. (2019). Friction stir welding of aluminium alloys: An overview of experimental findings – Process, variables, development and applications. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, 233(6), 1191–1226. <https://doi.org/10.1177/1464420716689588>

Verma, R. P., & Kumar Lila, M. (2021). A short review on aluminium alloys and welding in structural applications. *Materials Today: Proceedings*, 46, 10687–10691. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.447>

Zhang, H., Huang, Y., Guo, Y., Lu, Q. (2018). Technological and Process Advances in Robotic Friction Stir Welding. Cailiao Daobao/Materials Review, Part A 32 (1), pp. 128-134. [http://doi: 10.11896/j.issn.1005-023X.2018.01.016](http://doi:10.11896/j.issn.1005-023X.2018.01.016)

Ozonización hídrica en la Campiña de Moche: Una propuesta científica para el reúso doméstico y el desarrollo Sostenible

Carlos Moya Egoavil

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-8072-2796>

Karen Hashimoto Ávila

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-3228-850X>

Resumen

El estudio preliminar se llevó a cabo para evaluar la eficiencia del ozono en el tratamiento del agua del río Moche, ubicado a 27 m s.n.m. en la ciudad de Trujillo-La Libertad, Perú, con el fin de su posible reúso para riego agrícola y diferentes actividades domésticas. Se extrajo el agua siguiendo las recomendaciones de la EPA y se caracterizó antes y después del tratamiento con un generador de ozono, ECO-HE-145A, administrando 0.5 mg/L de gas O₃ durante 5 a 25 minutos, según las normas internacionales ISO 3165 y 22637. Se evaluaron varios parámetros, como conductividad (EC), temperatura (T), sólidos disueltos totales (TDS), potencial de hidrógeno (PH) y oxidación-reducción (ORP), tanto con y sin inyección de ozono, en cumplimiento con las normativas locales DS N° 007-2019 y RM N° 256-2022-MINAM.

El análisis estadístico de las variables TDS, Ph, EC y ORP mostró una reducción del 16 al 24% de los parámetros con la exposición al ozono durante diferentes periodos de tiempo. Estos resultados, en línea con los estándares de calidad del agua y las recomendaciones nacionales e internacionales, sugieren la viabilidad del tratamiento del agua del río Moche para reúso doméstico, lo que podría contribuir al desarrollo sostenible de la región La Libertad y abrir nuevas oportunidades para investigaciones futuras.

Palabras clave: ozonificación; calidad; tratamiento; eficiencia; físico-químico.

Abstract

The preliminary study was carried out to evaluate the efficiency of ozone in the treatment of water from the Moche River, located at 27 m a.s.l. in the city of Trujillo-La Libertad, Peru, with the aim of its possible resource for agricultural irrigation and different domestic activities. The water was extracted following EPA recommendations and characterized before and after treatment with an ozone generator, ECO-HE-145A, administering 0.5 mg/L of O₃ gas for 5 to 25 minutes, according to international standards ISO 3165. . and 22637. Various parameters, such as conductivity (EC), temperature (T), total dissolved solids (TDS), hydrogen potential (PH) and oxidation-reduction (ORP), both with and without ozone injection, were evaluated in compliance with local regulations DS N° 007-2019 and RM N° 256-2022-MINAM.

The statistical analysis of the variables TDS, Ph, EC and ORP showed a reduction of 16 to 24% of the parameters with exposure to ozone during different periods of time. These results, in line with water quality standards and national and international recommendations, suggest the viability of treating Moche River water for domestic reuse, which could contribute to the sustainable development of the La Libertad region and open new opportunities for future research.

Keyword: ozonation; quality; treatment; efficiency; physiochemical.

1. Introducción

Como se conoce el ozono es un agente oxidante que se usa en la desinfección de agua para el uso antropogénico y doméstica. La población de la campiña de moche se dedica a la agricultura y el turismo, por los restos arqueológicos de la huaca del sol y la luna, del mismo modo de las fuentes secundarias de ingreso como la ganadería y el cultivo del maíz para la elaboración de la chicha de jora, bebida ancestral de la cultura moche.

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, el acceso de este recurso hídrico en los campos verdes de la campiña de moche es una necesidad prioritaria y por tanto un derecho que todo poblador debe de tener.

En todos los ríos de la costa del Perú, tal es el caso del río moche, las descargas de agua de los efluentes permiten una marcada diferencia en valores extremos del caudal, dando un promedio de 23 m³/s en promedio en las localidades aledañas a los pobladores de la campiña de moche. El río moche descarga un volumen medio anual de 154.6 millones de metros cúbicos de agua, entre febrero y abril, mientras que junio a diciembre corresponden a periodos de sequía.

En la campiña de moche se tiene en cuenta un programa de educación ambiental en la población por ende se vierte basura y todo contaminante al río sin piedad. Los organismos encargados en aplicar las medidas respectivas según el ordenamiento municipal y del órgano central del estado no está aportando en el control y cuidado de las aguas del río.

El lugar donde se extrajo las cantidades necesarias del río, se vio muy complejo ya que está delimitado

por un cerco por posibles actividades de la zona, de manera inescrupulosas se desarrollan sin tomar las consecuencias de sus acciones sobre el impacto ambiental que pueden producir. La zona delimitada para la experimentación se denota a continuación (ver Fig. 01). De la misma manera el recojo de material hídrico se contó con normatividades internacionales y locales.



Fig. 01: En la delimitación territorial para la exploración del agua proveniente del río Moche, está marcado de color rojo. Fuente: Google Earth.

Más del 80 % de las aguas residuales son producidas por actividades antropogénicas y causan más de 40 enfermedades y muertes infantiles en todo el mundo (Lin et al., 2022).

La calidad del agua dulce en entornos rurales y urbanos se ve afectada por procesos naturales e influencias humanas. Debido a esto, los

cuerpos de agua o recursos hídricos es cada vez más escasa a medida que aumentan la actividad humana e industrial en el mundo (Khatri & Tyagi, 2015). Las aguas con potencial de potabilización son afectadas por la actividad humana. La principal fuente de contaminación son las aguas residuales, que se descargan en grandes cantidades al sistema de suministro de agua potable. Las fuentes secundarias de contaminación son la descarga de productos químicos tóxicos de las aguas residuales industriales, plaguicidas y fertilizantes de origen agrícola a los cuerpos de agua (Daud et al., 2017).

El tratamiento de aguas residuales es una forma importante de reciclar recursos para hacer frente al uso de recursos naturales en las ciudades modernas (Wang et al., 2021). Los métodos convencionales de tratamiento de efluentes eliminan la contaminación de manera efectiva con el tiempo. Una vez tratado, el efluente puede liberarse al medio ambiente sin

2. Materiales y Métodos

El día 14 de diciembre del 2022, a las 10:00 a.m. se localizó la zona o lugar de extracción de la muestra, la campiña de Moche, y delimitó la zona de exploración para reconocer los recursos naturales tanto flora y fauna. En la exploración se tuvo en cuenta un escaneo a priori para reconocimientos de recursos. El cual se extrajo las muestras de agua del río Moche en la delimitación de exploración. Se tuvo en cuenta el caudal. En el sitio de extracción se tuvo las siguientes consideraciones:

Los envases para la recogida de las muestras deben estar limpios y secos. Se rotularon con tinta indeleble o

mayor contaminación (Obotey Ezugbe & Rathilal, 2020).

La reutilización de aguas residuales tratadas es posible una vez que se desarrollen métodos para tratarlas mejor. Esto permitiría que el agua se utilice en los hogares, las industrias y la agricultura (Obotey Ezugbe & Rathilal, 2020).

Existen varias tecnologías de tratamiento de aguas residuales, como la adsorción, que es la técnica más utilizada para eliminar metales pesados de las aguas residuales debido a su diseño flexible, operación y rentabilidad (Chai et al., 2021).

Los tratamientos biológicos más utilizados incluyen la sedimentación (decantadores primarios y secundarios), la descomposición biológica (incluyendo piscinas aeróbicas, anóxicas, anaeróbicas o similares), seguidas de procesos de desinfección como la cloración, la radiación ultravioleta o el ozono (Adelodun et al., 2021)

etiqueta indicando: número/nombre de la muestra, fecha y hora. En general se utilizarán envases de plástico de politetrafluoroetileno o polietileno. Solo para el caso del análisis de compuestos orgánico-volátiles se utilizarán envases de vidrio. Antes de llenar el envase con la muestra, hay que lavarlo 2 o 3 veces con el agua que se va a recoger, a menos que el envase contenga conservante o colorante. Algunos parámetros se determinaron "In situ", ya que sus propiedades varían indefectiblemente a los pocos minutos de la toma de muestras: caudal, sólidos disueltos totales (TDS), conductividad eléctrica (CE) y los potenciales de

oxidación- reducción (ORP) y de concentración de hidrogeno (pH).

En cuanto a las Técnicas de muestreo, de determino mediante un protocolo medurado para el desplazamiento de las muestras de agua, mediante cuatro principios nos ayudaron a conseguir una muestra con esas cualidades. La elección de un lugar adecuado para tomar la muestra. Se consideró el tiempo adecuado para tomar la muestra. Con las técnicas basadas en la heterogeneidad y la profundidad de extracción. El muestreo compuesto nos proporcionará una muestra representativa del agua de río en su totalidad del mismo modo nos mostrará un panorama general de la calidad de agua en todo el efluente de estudio, esta normatividad esta regida por la directriz estándar por la agencia de protección ambiental de los EE. UU (EPA).

Para las mediciones de los parámetros se inoculó 0.5-0.6 mg/l de ozono, con todas las adecuaciones y medidas de prevención y riesgo contra la salud del experimentador, en un periodo de 5, 10, 20 y 25 min de exposición. Posteriormente las muestras de agua residual ozonizada, mediante la centrifugadora se esperó la sedimentación durante un período de 5 minutos entre 100-150 RPM. Finalmente se midieron los parámetros antes mencionados. Cuyos parámetros están regidos bajo recomendaciones o normas internaciones ISO 3165 y 22637, la primera es la normativa referencial más relevante para determinar la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, en segundo lugar, una guía para el manejo del ozono y tratamiento de agua residual, incluyendo la concentración homogénea y el tiempo de contacto del

ozono remendados. Una de las normas importantes sobre recomendaciones y estrategias para la concentración de ozono en agua residual, el tiempo de contacto y de los requisitos que debe presentar el equipo generador es la ISO 22367-2:2017

Para la evaluación estadística se contrastó de las muestras de agua con exposición de ozono, conformando nuestro grupo experimental y agua potable de consumo humano, el grupo de control, esta última provenientes de la empresa de servicios SEDALIB, como fuente local.

Para el uso del generador de ozono ECO-HE-145A para agua, se tuvo las siguientes alcances y acoplamientos. Se Eligió la concentración adecuada de la máquina de ozono para diferentes entornos y propósitos de trabajo. Se administró la máquina en una buena ubicación con disipación de calor y ventilación, asegurándose que la manguera de silicona esté bien conectada con la salida de ozono. Para el tratamiento del agua, se colocó el tubo de silicona a una altura de al menos 1,5 metros para evitar el retroceso en caso de daños en él. Para lograr el mejor efecto de desinfección, se gestionó una área cerrada y desocupada. Con el panel encendido, y activado el interruptor de la bomba, el indicador de ozono alertará una producción de gas (por 15 g/h por encima de la máquina de ozono, puede recibir diferentes capacidades de ozono ajustando el interruptor de concentración); hasta alcanzar los 5 mg en los tiempos predeterminados. Finalizado el tratamiento el ozono en interiores se diluye generalmente de forma automática después de 1-2 horas se descompone en oxígeno. Cuando la desinfección se ha completado, se retira la máquina de ozono para secar

en un lugar ventilado.
Recomendaciones sugeribles (ISO 22367-2:2017 y 10147:2019)

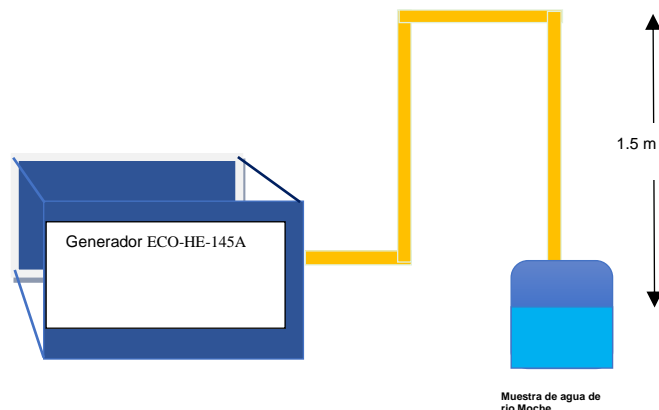


Fig. 02: Montaje experimental del equipo generador de gas ozono ECO HE-145A.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados son presentados en la Tabla 1, 2, 3, 4, 5 y 6 evalúan los parámetros de sólidos disueltos totales (TDS), conductividad eléctrica (CE) y los potenciales de oxidación- reducción (ORP)

y de concentración de hidrogeno (pH), temperatura, el tipo de agua según el punto de focalización de extracción y el tiempo de contacto del ozono y el agua residual de la misma forma el tabla 6 muestra la efectividad del proceso.

Tabla 1.

Variables estudiadas de las muestras sin efecto del ozono.

Tipo de agua	MUESTRAS	Conductividad (± 1 ms/cm)	Temperatura (± 0.1 °C)	TDS- Sólidos disueltos totales (± 1 ppm)	ORP-Potencial educación-oxidación (± 1 mV)	PH
Agua potable	M1	510	24.7	255	561	7.1
Agua de río 2	M2	940	24.2	468	364	7.1
Agua de río 3	M3	1016	24.2	508	344	7.1
Agua de río 4	M4	1020	24.2	602	456	7.2
Agua de río 5	M5	1006	24.2	580	390	7.2

Tabla 2.

Variables estudiadas de las muestras con efecto del ozono a un tiempo de exposición de 5 min.

Tipo de agua	MUESTRAS	Conductividad (± 1 ms/cm)	Temperatura (± 0.1 °C)	TDS- Sólidos disueltos totales (± 1 ppm)	ORP-Potencial reducción-oxidación (± 1 mV)	PH
Agua potable	M1	510	24.7	255	561	7.1
Agua de río 2	M2	914	24.1	424	378	7.1
Agua de río 3	M3	976	24.1	460	388	7.1
Agua de río 4	M4	989	24.1	547	489	7.2
Agua de río 5	M5	954	24.1	497	427	7.2

Tabla 3.

Variables estudiadas de las muestras con efecto del ozono a un tiempo de exposición de 10 min.

Tipo de agua	MUESTRAS	Conductividad (± 1 ms/cm)	Temperatura (± 0.1 °C)	TDS- Sólidos disueltos totales (± 1 ppm)	ORP-Potencial reducción-oxidación (± 1 mV)	PH
Agua potable	M1	510	24.7	255	561	7.1
Agua de río 2	M2	877	24.2	415	389	7.1
Agua de río 3	M3	905	24.2	443	401	7.1
Agua de río 4	M4	914	24.2	513	495	7.1
Agua de río 5	M5	886	24.2	465	447	7.1

Tabla 4.

VARIABLES ESTUDIADAS DE LAS MUESTRAS CON EFECTO DEL OZONO A UN TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE 20 MIN.

Tipo de agua	MUESTRAS	Conductividad (± 1 ms/cm)	Temperatura (± 0.1 °C)	TDS- Sólidos disueltos totales (± 1 ppm)	ORP-Potencial reducción-oxidación (± 1 mV)	PH
Agua potable	M1	510	24.7	255	561	7.1
Agua de río 2	M2	868	24.2	406	391	7.1
Agua de río 3	M3	902	24.2	438	409	7.1
Agua de río 4	M4	912	24.2	509	498	7.1
Agua de río 5	M5	880	24.2	456	451	7.1

Tabla 5.

VARIABLES ESTUDIADAS DE LAS MUESTRAS CON EFECTO DEL OZONO A UN TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE 25 MIN.

Tipo de agua	MUESTRAS	Conductividad (± 1 ms/cm)	Temperatura (± 0.1 °C)	TDS- Sólidos disueltos totales (± 1 ppm)	ORP-Potencial reducción-oxidación (± 1 mV)	PH
Agua potable	M1	510	24.7	255	561	7.1
Agua de río 2	M2	865	24.2	404	392	7.1
Agua de río 3	M3	899	24.2	436	409	7.1
Agua de río 4	M4	913	24.2	507	497	7.1
Agua de río 5	M5	878	24.2	453	450	7.1

Evaluación de los parámetros de las muestras con y sin ozono y agua potable.

Tabla 6.

Comparación de variables estudiadas de las muestras con y sin efecto del ozono en los tiempos estudiados.

Tiempo (min)	Conductividad (±1 ms/cm)	Temperatura (±0.1 °C)	TDS- Solidos disueltos totales (±1 ppm)	ORP-Potencial reduccion-oxidacion (±1 mV)	PH
0	995.5	24.2	539.5	388.5	7.15
5	958.25	24.1	482	420.5	7.15
10	895.5	24.2	459	433	7.1
20	890.5	24.2	452.25	437.25	7.1
25	813	24.3	411	461.8	7.1
Eficiencia	18%	1%	24%	16%	1%

De la misma manera la visualizacion grafica de los resultado en el pre y post tratamiento del ozono se muestra a continuacion.

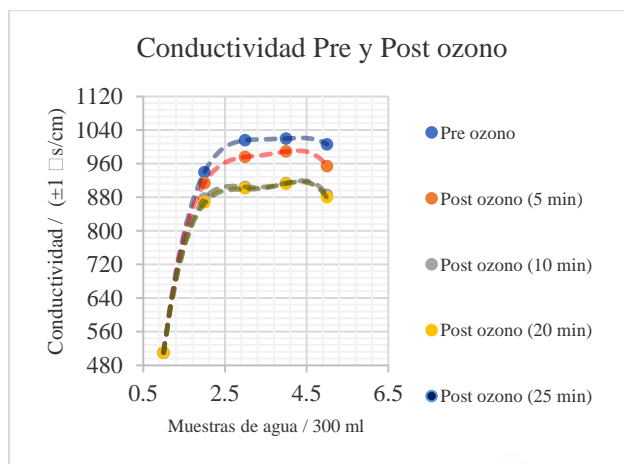


Figura 1. Efecto del ozono en las muestras vs CE

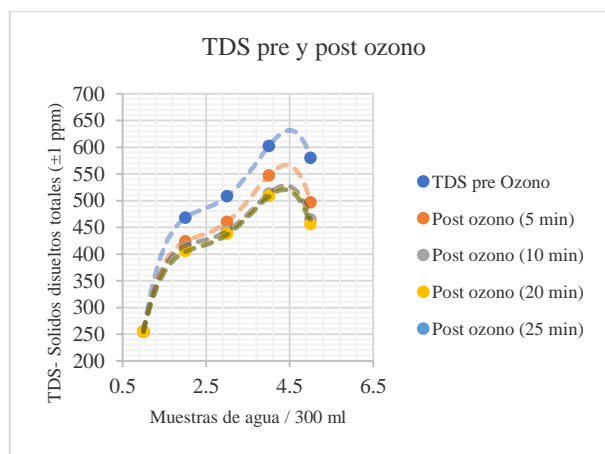


Figura 2. Efecto del ozono en las muestras vs TDS

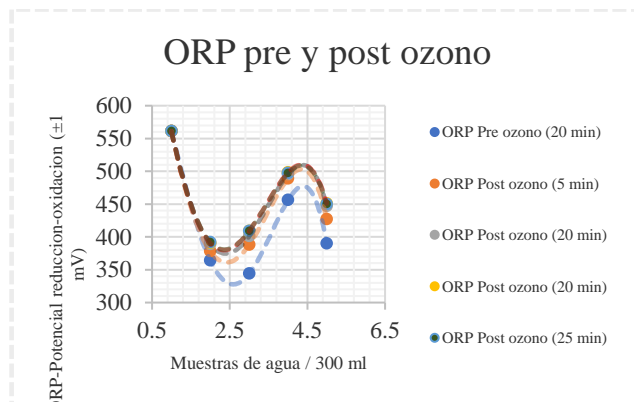


Figura 3. Efecto del ozono en las muestras vs ORP

Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas del río Moche, se contrastó los parámetros de calidad de agua con el antes y después de la ozonificación.

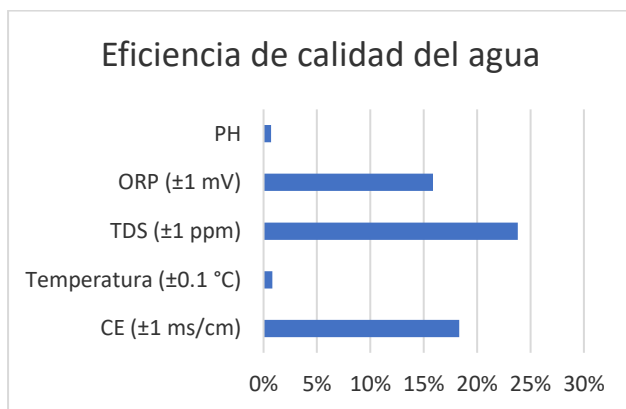


Figura 4. Resultados de la eficiencia de las medias muestrales de agua del río luego de aplicado el tratamiento

Es importante tener en cuenta los estándares y recomendaciones específicos de la EPA, protección ambiental de los EE.UU y OMS, organización mundial de salud y contextualizarlo con las normas locales como son los DS N° 007-2019 y RM N°

256-2022-MINAM. Tomando como referencia rangos o máximos permitidos de los parámetros estudiados para la obtención de agua tratada bajo los estándares mínimos de calidad para reúso doméstico son:

Parámetros	Aceptabilidad
Solidos disueltos totales	500 - 1000 mg/L
Conductividad	500 – 1500 μ S/cm
Salinidad	< 500 mg/L
pH	6.5 – 8.5
Potencial de oxidación-reducción	-200 a 200 MV

4. DISCUSION

En los resultados obtenidos en el tratamiento de agua por ozonificación con los parámetros que rigen los estándares de calidad del agua (ANA). Se contrastó el pre y post de la inmersión de 6 mg/l de ozono a periodos de exposición entre 5-25 min y bajo el sistema de agitación de 150 RPM. Con estas características y según el contexto geográfico y las limitaciones de la experiencia se pudo notar una eficiencia significativa en los sólidos disueltos totales (TDS) con un 24% de disminución respecto a la muestra bruta (inicio) este valor es de gran potencialidad en el tratamiento porque baja la turbidez de la muestra. Así mismo recalco que a pesar esta gran disminución no es preponderante para el consumo humano. Otro indicador es la conductividad eléctrica (CE), con una disminución hasta el 18% producto de la reacción del ozono, este parámetro es muy importante para conocer la concentración de sales minerales y otras partículas conductoras en el agua sin embargo aun no se llega a los mejores estándares para la calidad de este. La concentración del potencial de oxidación-reducción (ORP) presenta un 16% mediante este tratamiento, nos indica la capacidad de absorción y expulsión de sales diluidas para el mejor saneamiento del agua del rio

4. CONCLUSIONES

Las diferentes muestras de aguas del rio Moche ubicado en la campiña de moche, ubicado a 8° S aproximadamente de latitud y 79° W aproximadamente de Longitud, que han pasado por el tratamiento de ozonificación muestran una eficiencia significativa del 24% de reducción en

tratada. Por último, el parámetro de potencial de acidez (PH) del agua tratada no hay una diferencia significativa, esto nos informa que el grado de alcalinidad de mantiene constante entre 7.1 aproximadamente, todas las mediciones realizadas a las muestras han estado regidas bajo normativas y leyes en el marco de la gestión ambiental locales e internacionales y garantizar la confiabilidad y aceptabilidad del procedimiento experimental.

Las limitaciones del estudio están dadas por la falta de pruebas microbiológicas por su alto costo en el mercado. Pero abre la oportunidad de seguir surgiendo nuevas alternativas de estudio para el mejoramiento de la calidad del agua del rio moche para el reúso en actividades antropogénicas y domésticas. Esto de no quiere decir que la propuesta es fallida todo lo contrario se evidenció el tratamiento de ozono en aguas del rio el saneamiento de la calidad del recurso hídrico del rio Moche y la comparación oportuna de los valores en los rangos permitidos en los estándares de calidad de agua tratada para el reúso doméstico. Esta está regulada por un marco normativo, con requisitos técnicos y de calidad necesarios para garantizar la seguridad y eficacia del proceso.

los sólidos disueltos totales y a la vez la caída de la turbidez y 18% en la concentración de metales o sales minerales conductores de electricidad en el agua del Rio Moche. Esto es muy importante para los objetivos del estudio preliminar como alternativa de mejoramiento de la calidad de agua

para el uso agrícola y doméstico de las familias pertenecientes al distrito de Moche. Estos resultados sugieren que el tratamiento con ozono es una opción viable para el tratamiento del agua del río Moche para su reúso doméstico,

pero para optimizar las condiciones del tratamiento y garantizar el cumplimiento con los estándares de calidad a plenitud se debe realizar un análisis microbiológico.

REFERENCIAS

- [1] Lin, L., Yang, H., & Xu, X, Effects of Water Pollution on Human Health and Disease Heterogeneity: A Review. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 2022.
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2022>.
- [2] Khatri, N., & Tyagi, S. Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas, *Frontiers in Life Science*, 8(1), 23–39, 2015.
<https://doi.org/10.1080/21553769.2014.933716>
- [3] Daud, M. K., Nafees, M., Ali, S., Rizwan, M., Bajwa, R. A., Shakoor, M. B., Arshad, M. U., Chatha, S. A. S., Deeba, F., Murad, W., Malook, I., & Zhu, S. J, Drinking Water Quality Status and Contamination in Pakistan. *BioMed Research International*, 2017, pp. 1–18.
<https://doi.org/10.1155/2017/7908183>
- [4] Obotey Ezugbe, E., & Rathilal, S, Membrane Technologies in Wastewater Treatment: A Review. *Membranes*, 10(5), p. 89, 2020.
<https://doi.org/10.3390/membranes10050089>
- [5] Chai, W. S., Cheun, J. Y., Kumar, P. S., Mubashir, M., Majeed, Z., Banat, F., Ho, S.-H., & Show, P. L, A review on conventional and novel materials towards heavy metal adsorption in wastewater treatment application. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126589, 2021
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126589>
- [6] Adelodun, B., Tihamiyu, A. O., Ajibade, F. O., Odey, G., Ibrahim, R. G., Goala, M., Bakare, H. O., Ajibade, T. F., Adeniran, J. A., Adeniran, K. A., & Choi, K. S, Presence, detection, and persistence of SARS-CoV-2 in wastewater and the sustainable remedial measures. In *Environmental and Health Management of Novel Coronavirus Disease (COVID-19)*, 2021, pp. 91–114, Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85780-2.00014-7>
- [7] Owodunni, A. A., & Ismail, S., Revolutionary technique for sustainable plant-based green coagulants in industrial wastewater treatment—A review. *Journal of Water Process Engineering*, 2021, p.42, 102096.
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102096>
<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2442>
- [8] Smyrilli, C., Selvakumaran, S., Alderson, M., Pizarro, A., Almendrades, D., Harris, B., & Bustamante, A, Sustainable decentralised wastewater treatment schemes in the context of Lobitos, Peru. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 13(1), 2018, pp. 8–16.
<https://doi.org/10.1680/jenes.17.00023>
- [9] Suhartini, S., Hidayat, N., & Rosaliana, E., Influence of powdered Moringa oleifera seeds and natural filter media on the characteristics of tapioca starch wastewater. *International Journal Of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2(1), 2013, p. 12.
<https://doi.org/10.1186/2251-7715-2-12>

- [10] Tomanguillo Chumbe, M. del P. (2018). Derecho a la verdad como una norma imperativa Internacional y al Responsabilidad de los estados frente a este derecho [Universidad Nacional de Trujillo: Derecho a la verdad como una norma imperativa Internacional y al Responsabilidad de los]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNI TRU/11604>
- [11] Tomperi, J., Isokangas, A., Tuuttila, T., & Paavola, M., Functionality of turbidity measurement under changing water quality and environmental conditions. *Environmental Technology*, 43(7), 2022, pp. 1093–1101. <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1815860>
- [12] Wang, D., Ha, M., & Qiao, J., Data-Driven Iterative Adaptive Critic Control Toward an Urban Wastewater Treatment Plant. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 68(8), 2021, pp. 7362–7369. <https://doi.org/10.1109/TIE.2020.3001840>
- [13] Zapana, J. S. P., Arán, D. S., Bocardo, E. F., & Harguinteguy, C. A., Treatment of tannery wastewater in a pilot scale hybrid constructed wetland system in Arequipa, Peru. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(11), 2020, pp. 4419–4430. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02797-8>
- [14] Black & Veatch Corp., *White's Handbook of chlorination and alternative disinfectants*. 5^o ed. Wiley and sons inc, 2010.
- [15] Gordon, G. Bubnis, B., Residual ozone measurement: Indigo sensibility coefficient adjustment. *Ozone*, 2022.
- [16] Gottschalk, C.; Libra, J.A.; Saupe A., *Ozonation of water and wastewater, a practical guide to understanding ozone and its application*. Wiley-VCH, 2000.
- [17] Gurol, M. Singer, P., Kinetic and decomposition: A dynamic approach. *Environ. Sci. Technol.* 16, 1982, pp. 377-383.
- [18] Hanela, S., Durán, J., Jacobo, S., Experiencias en el montaje y puesta en marcha de un sistema piloto de tratamiento de efluentes líquidos empleando UV-ozono seguido de un lecho fijo de zeolita modificada, Primer Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos (IFRH 2012).
- [19] Hoigné J., Bader H. (1983), Rate Constants of reactions of ozone with organic and inorganic compounds in water – *Water Research* Vol.17, pp.173-194, 1983.
- [20] HOIGNE, J. Characterization of Water Quality Criteria for Ozonation Processes. Minimal Set of Analytical Data. *Ozone Science & Engineering*. Vol 16. 1993, pp. 113-120.
- [21] SOLSONA, F. y MENDEZ J. P. Desinfección del agua. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 2002. Lima. Perú.
- [22] Martin, E. J. and E. T. Martin, *Technologies for Small Water and Wastewater Systems*. Environmental Engineering Series, Van Nostrand Reinhold, pp. 209 – 213, New York, 1991.
- [23] Informe Técnico N°028-2012-ANA-DGCRH/RGC, Resultados del monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del río Moche, 2012.

- [24] Informe Técnico N°068-2016-ANA-ALAMVCH, Resultado del monitoreo participativo de la calidad del agua de la cuenca del río Moche, La Libertad – Perú, 2016.
- [25] Municipalidad Provincial de Trujillo, “Plan Vial provincial Participativo de Trujillo 2010-2019.
- [26] Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Asuntos Ambientales, “Estudio de Evaluación Ambiental Territorial y de Planteamientos para la Reducción o Eliminación de la Contaminación de Origen Minero en la Cuenca del río Moche”, 1997.
- [27] Claudia Vargas Aliaga, Gestión Integrada del Agua de Riego en la Cuenca baja del río Moche, Trujillo-Perú. Universidad de Piura, 2015.

Estudio del uso de fertilizantes artificiales en el suelo agrícola del Caserío de Pampa Encantada para el cultivo del café

Carlos Moya Egoavil

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-8072-2796>

Karen Hashimoto Ávila

Universidad Católica de Trujillo

<https://orcid.org/0000-0002-3228-850X>

Jeremías Jamanca Egoavil

Universidad Privada del Norte

Resumen

El proyecto de investigación se centra en el estudio de los efectos de los fertilizantes artificiales en el potencial agrícola del suelo en el caserío de Pampa Encantada, región Pasco. En el caso del caserío de Pampa Encantada, los agricultores han observado que los cultivos no se desarrollan como antes, lo que atribuyen a la sobreutilización de las tierras. Por ello, el objetivo principal del proyecto es observar los efectos que ocasionan los abonos artificiales de tipo NPK en el potencial del suelo agrícola del caserío. Para lograrlo, se plantean los siguientes objetivos específicos: Medir el nivel de pH y de conductividad de cada muestra y con los datos calcular la salinidad. Determinar la relación entre las variables con el fin de determinar la influencia del abono artificial en el potencial del suelo. Determinar el efecto de los abonos artificiales (NPK) en el potencial del suelo agrícola en el caserío de Pampa Encantada, región Pasco.

La hipótesis central del proyecto es que los abonos artificiales (NPK) utilizados en los suelos de cultivo en el Caserío de Pampa encantada ayudan al potencial agrícola del suelo. Finalmente se demostró con el estudio la importancia de los fertilizantes en el potencial agrícola en suelos de pampa encantada bajo ciertos parámetros físicos que incrementan la fertilidad para la siembra de café.

Palabras clave: fertilizante, pampa encantada, potencial, agrícola.

Abstract

The research project focuses on the study of the effects of artificial fertilizers on the agricultural potential of the soil in the Pampa Encantada hamlet, Pasco region. In the case of the Pampa Encantada hamlet, farmers have observed that crops are not developing as before, which they attribute to the overuse of the land. Therefore, the main objective of the project is to observe the effects caused by artificial NPK-type fertilizers on the potential of the farm's agricultural soil. To achieve this, the following specific objectives are set: Measure the pH and conductivity level of each sample and calculate the salinity with the data. Determine the relationship between the variables in order to determine the influence of artificial fertilizer on the potential of the soil. Determine the effect of artificial fertilizers (NPK) on the potential of agricultural soil in the Pampa Encantada hamlet, Pasco region.

The central hypothesis of the project is that the artificial fertilizers (NPK) used in the agricultural soils in the Pampa Enchanted Village help the agricultural potential of the soil. Finally, the study

demonstrated the importance of fertilizers in the agricultural potential in Pampa Enchanted soils under certain physical parameters that increase fertility for coffee planting.

Keyword: ozonation; quality; treatment; efficiency; physiochemical.

1. Introducción

La calidad del suelo, tema perteneciente a las unidades de estudio del área de Sistemas Ambientales y Sociedades es un aspecto muy importante para una región o inclusive un país, y aún más para los habitantes que habiten en él, puesto a que un aspecto muy importante de la vida diaria (alimentación, salud, etc.), dependen en gran medida de la calidad que posea el suelo. Anteriormente el caserío de Pampa encantada ha estado presenciando un problema con respecto al suelo debido a que los cultivos no se desarrollan como antes, según los agricultores esto debido a la sobreutilización de estas tierras. Por tal razón, en este trabajo se investigará; ¿Cómo los fertilizantes artificiales pueden ayudar a mejorar el potencial agrícola del Caserío de Pampa Encantada, Región Pasco? En base a ello se lograra hacer énfasis en la importancia de los fertilizantes artificiales en la producción de los alimentos, basándose en esto se realizaran las mediciones correspondientes con un medidor de pH, un medidor de conductividad y se realizara un cálculo indirecto con el propósito de hallar la salinidad de las muestras extraídas del suelo agrícola de Pampa Encantada; El instrumento de medición del pH, cuenta con un margen de error de (± 0.1) y el medidor de conductividad cuenta con uno de (± 1 (us cm^{-1})), la experimentos se llevara a cabo con el fertilizante artificial tipo (NPK), como aspecto secundario y con fines de comparación se realizara las mismas mediciones con una muestra de tierra donde no se aplicara el fertilizante; a través de esta muestra se pondrá evidencia la influencia de los fertilizantes artificiales de tipo NPK en

el potencial de los suelos agrícolas, todo esto se realiza con la intención de incrementar la importancia que le da la sociedad al uso de los fertilizantes artificiales como medio para lograr un crecimiento sostenible.

Solo en el transcurso de los años 2014/2015 el consumo de fertilizantes a nivel mundial fue de 181,8 millos de toneladas (Asesoría técnica Parlamentaria), dejando en claro que estos compuestos son bastante empleados por los agricultores a nivel mundial, pero muchas veces este compuesto no es empleado de manera adecuada dado a que muchos agricultores abusan del uso de éste, esto genera un daño al potencial agrícola del suelo y dificulta que nuestra sociedad logre un desarrollo sostenible; por las razones expuestas el objetivo principal del trabajo es observar los efectos que ocasionan los abonos artificiales de tipo NPK en el potencial del suelo agrícola del caserío de Pampa Encantada, para lograrlo se plantearon los siguientes objetivos específicos: A) medir el nivel de pH y de conductividad de cada muestra y con los datos calcular la salinidad. B) determinar la relación entre las variables con el fin de determinar la influencia del abono artificial en el potencial del suelo y C) Determinar el efecto de los abonos artificiales (NPK) en el potencial del suelo agrícola en el caserío de Pampa Encantada, región Pasco.

Finalmente, se planteó como hipótesis central lo siguiente: los abonos artificiales (NPK) utilizados en los suelos de cultivo en el Caserío de Pampa encantada ayudan al potencial agrícola del suelo.

2. Materiales y Métodos

Para el análisis del suelo en los parámetros físicos se han tenido en cuenta lo siguiente:

2.1. Materiales

Medidores de pH marca Hanna instruments (± 0.1); medidor de conductividad Cond-2013 ($\pm 1 \mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$. TDS (± 0.1 PPM); 7 vasos de

precipitación de 400 ml de capacidad; 1 litro de agua destilada; 660 g de fertilizante artificial (NPK); 1200 g del suelo de Pampa Encantada.

2.2. Procedimientos

2.2.1 Procedimiento de la extracción de muestras del suelo agrícola del Caserío de Pampa Encantada.

- Escaneo del terreno y zona geográfica.
- Localizar puntos focalizados de muestra.
- Extracción de muestras de suelos

- representativa de la zona de muestreo.
- Empaquetar las muestras en bolsas de germinación.
- Traslado de las muestras del suelo al laboratorio para su análisis respectivo.

2.2.2 Medición del pH, conductividad y salinidad de las muestras de suelo con proporciones diferentes de fertilizante (NPK) con el fin determinar la influencia de estos, en el potencial agrícola.

- Preparar todas las muestras con 200g de tierra y 100ml de agua destilada, aplicar en cada muestra una proporción diferente de fertilizante (50g, 70g, 100g y 120g).
- Preparar una muestra de control con 100ml de agua destilada y 200g de tierra.
- Filtrar todas las muestras, empleando una prenda, para obtener un líquido que posteriormente se

- medirá.
- Realizar la medición del pH y conductividad correspondiente de todas las muestras.
- Realizar un cálculo indirecto con los resultados de la conductividad obtenidas con la medición anterior para hallar la concentración de la salinidad.
- Determinar la influencia del fertilizante artificial al potencial agrícola del suelo de Pampa Encantada.

Experimento

- Preparar todas las muestras para su posterior medición.
- Realizar la medición de pH y Conductividad para cada una de las muestras.
- Realizar el cálculo indirecto con los datos de la conductividad para hallar la salinidad.

- Comparar los resultados de las mediciones de pH, conductividad y salinidad de cada una de las muestras.
- Calcular la influencia de los fertilizantes (NPK) en el potencial agrícola del suelo de Pampa Encantada, tomando como referencia la prueba de control.

3. Resultados y Discusión

3.1 Caracterización del Suelo

Las muestras del suelo se sometieron a

algunas pruebas, esto con el objetivo

de determinar el porcentaje de arcilla, limo y arena del suelo, después de concluir las pruebas se determinó que las muestras poseían un 64% de arena,

27,3% de limo y un 9% de arcilla. Lo que nos indica que el tipo de suelo presente en las muestras es un franco arenoso.

3.2 OBTENCION DE DATOS

Tabla 1

Promedio de las mediciones de pH, conductividades obtenidas durante la experimentación.

Masa de fertilizante (g)	Conductividad $\pm 0.001(\text{ms cm}^{-1})$	Salinidad $\pm 0.01(\text{gl}^{-1})$
50	1.890	1.29
70	1.895	1.29
100	1.946	1.35
120	1.961	1.37
150	1.901	1.30
170	1.911	1.31

Fuente: elaborada por el investigador

Tabla 2

Calculo indirecto de la salinidad respecto de la conductividad.

Masa de fertilizante (g)	pH ± 0.1	Conductividad $\pm 1 (\text{us cm}^{-1})$
50	9.5	1890
70	9.5	1895
100	8.8	1946
120	8.2	1961
150	8.7	1901
170	8.8	1911

Fuente: elaborada por el investigador

Tabla 3

Promedio de las mediciones de pH, conductividad y salinidad obtenidas de la muestra de control durante la experimentación.

Masa de fertilizante (g)	pH	Conductividad	Salinidad
	±0.1	±0.1(ms cm ⁻¹)	±0.01(gl ⁻¹)
0	8.6	0.697	0.83

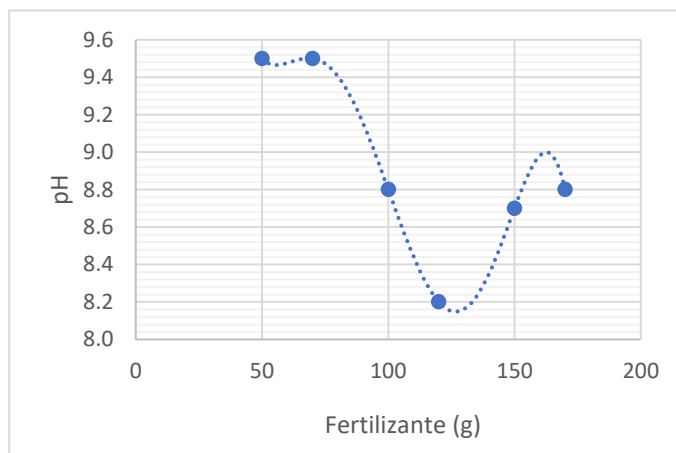
Fuente: elaborada por el investigador

Para mostrar los datos obtenidos de manera más dinámica y sintética, recurriré a gráficos para plasmar las mediciones

enfocadas al efecto comparativo del pH, conductividad y la salinidad del suelo.

Figura 1

Relación de la cantidad de fertilizante con la acides del suelo (pH)



Nota. Elaborado por el investigador.

El gráfico 1, sintetiza la relación de la cantidad de fertilizante artificial con el pH del suelo presente en las seis muestras; de ello se obtuvo el pH del suelo con respecto a la cantidad de fertilizante, estos resultados se dieron debido a que se emplearon cantidades distintas de fertilizante en cada muestra, los resultados indican que el fertilizante artificial (NPK) afecta al pH del suelo de manera mínima debido que el gráfico indica que la variación del pH es de ±0.1. El pH más alto registrado se dio en la primera y segunda muestra debido a que ambas poseen un pH de 9.5,

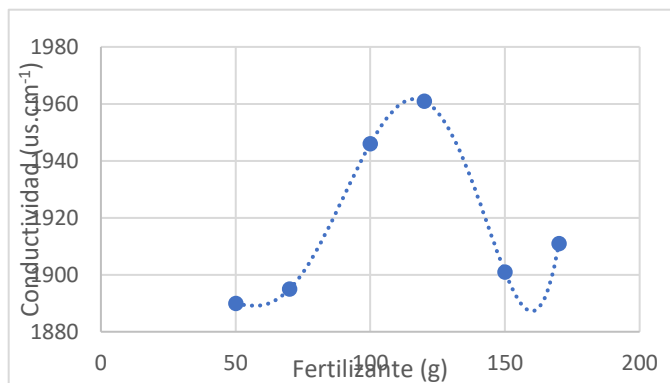
el más bajo registrado se obtuvo de la muestra número cuatro la cual posee un pH de 8.2, esto nos indica que todos los resultados registrados son alcalinos dado a que estos se mantienen entre los 8 y 9 de pH, reforzando la afirmación de que el efecto producido por fertilizante al pH del suelo es mínimo dado a que ninguna de las resultados registrados se alejan de la categoría de alcalinos, además cabe aclarar que debido a la inexactitud de las herramientas empleadas en la experimentación, algunos de los resultados presentaron un error, dado a que el pH de

las muestras que poseían 150 y 170 gramos de fertilizante presentaron un incremento que contradice con la tendencia

que se estaba presentando, en los anteriores resultados.

Figura 2

Relación de la cantidad de fertilizante con la conductividad del suelo



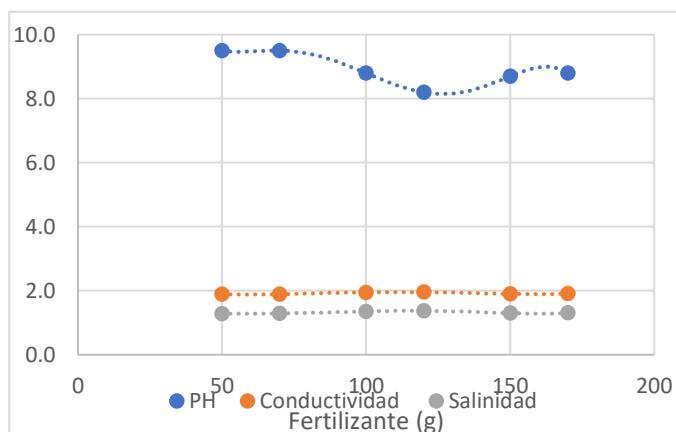
Nota. Elaborado por el investigador.

El gráfico 2, sintetiza la relación de la cantidad de fertilizante artificial con la conductividad del suelo presente en las seis muestras; de ello se obtuvo la conductividad del suelo con respecto a la cantidad de fertilizante aplicado, estos resultados se dieron debido a que se emplearon diferentes cantidades de fertilizante en cada uno de las muestras, los resultados indican que el fertilizante artificial (NPK) afecta de manera

significativa a la conductividad del suelo, los resultados indica que existe una presencia de metales y sales presenten en la suelo debido a que una mayor cantidad de estos elementos constituye una mayor conductividad. Además, cabe aclarar que debido a la inexactitud de la herramienta de medición empleada en la experimentación los datos presentaron ciertos errores dado a que los dos últimos datos contradicen con la tendencia que se estaba presentando.

Figura 3

Datos obtenidos del pH, conductividad y salinidad.



Nota. Elaborado por el investigador.

Tabla 3

Características del suelo para el cultivo del café

pH	Humedad relativa	Temperatura (C°)	Suelo
5.0-5.5	60%	17-23	Franco (arcillosa, arenosa y limoso)

Fuente: elaborado por el investigador

4. Discusión

En la gráfica 3 Los datos obtenidos nos expresan que el fertilizante artificial (NPK) ayuda a mantener la alcalinidad del suelo de Pampa Encantada y así mismo la incrementar la concentración de sales minerales (salinidad) debido a su conductividad. Esto resulta beneficioso para el cultivo de café debido a que el pH recomendado para el cultivo del café es de 5 a 5.5 (esto se evidencia en la tabla número 4).

Se deduce que el pH del suelo antes y después de la experimentación resulta no apropiado para el cultivo de café, el pH

adecuado para la producción de esta planta ronda entre los 5 a 5.5 esto se aleja bastante de los 8.2 a 9.5 de pH obtenidos durante la experimentación y los 8.6 obtenidos de la muestra de control, a pesar de que la variación del pH fue de ± 1 por otro lado de ser de tipo alcalina lo que demuestra que el suelo escaso es su acides. Los fertilizantes (NPK) incrementa la concentración de salinidad del suelo (esto se evidencia en la tabla numero 2), este aumento de la salinidad recompensa los altos niveles del pH, permitiendo a la planta crecer y desarrollarse

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos nos demuestran que el pH del suelo de Pampa Encantada sobrepasa las recomendadas para el cultivo del café dado a que estas presentan un pH alcalino que dificulta el crecimiento del café debido a que esta crece en suelos con pH ácido que ronda entre los 5 a 5.5, esto se evidencio con la muestra de control dado a que esta alcanzo un pH de 8.6 lo que claramente se encuentra lejos de lo recomendado para el cultivo del café.

El uso de fertilizante contrarresta el pH alcalino del suelo dado a que los fertilizantes aumentan la concentración de las sales minerales y de la conductividad debido a esta se incrementó hasta los 1.961 (ms cm-1), esto permite el

crecimiento de la planta de café en la localidad de Pampa Encantada.

Después de analizar los datos, me di cuenta de la importancia del uso de fertilizante artificial para el agricultor debido a que estos requieren de este compuesto para llegar a producir las cantidades necesarias para mantenerse económicamente, el abono artificial es un elemento sumamente importante para lograr producir los suficientes alimentos para la población mundial. Pero ante esto me planteo una incógnita, este trabajo evaluó los efectos del fertilizante a corto plazo, pero ¿Qué efectos tendría este fertilizante en un plazo de tiempo mucho mayor?

Referencias

- [1] Bodelón, O., Bernues, M., Baltanas, A. y Montes, C. (1994). Conductividad y salinidad en los ecosistemas acuáticos del Parque nacional de Doñana (so, España). *Limnetica*, 10(2), 27-30. Consultado el 9 de agosto del 2022. <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-10-2-p-27.pdf>
- [2] Barbaro, L., Karlanian, M. y Mata, D. (sf). Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. Instituto de Floricultura. Consultado el 10 de agosto del 2022. https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf
- [3] Fadda, G., Fernández, J. y Corbella, R. (2017). Morfología del suelo. Cátedra de Edafología, 1-15. Consultado el 12 de agosto del 2022. <https://www.edafologia.org/app/download/7953429476/Morfologia+2017.pdf?t=1587690300>
- [4] Fernando, G. (2019). Suelos salinos y sódicos. Catedra de edafología. 1-8. Consultado el 9 de agosto de 2022. <https://s9a0d11af78cd478d.jimcontent.com/download/version/1563476239/module/9026474176/name/Suelos%20Salinos%20y%20s%C3%B3dicos%202019.pdf>
- [5] Navarro, G. y Navarro, S. (2014). Fertilizante química y acción. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. Consultado el 19 de agosto del 2022. <https://acortar.link/Mm3YGa>
- [6] Osorio, N. W. (2012). PH del suelo y disponibilidad de nutrientes. Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal, 1 (4), 1-4. Consultado el 12 de agosto del 2022. <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>
- [7] Perú, Ministerio del ambiente, Viceministerio de Gestión Ambiental, Dirección General de Calidad Ambiental. (2014). Guía para muestreo de suelos. Consultado el 13 de agosto del 2022. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf
- [8] Perfect Daily Grind. (2019, 22 y octubre). Cultivo de café: Cómo Mejorar la calidad del suelo. Consultado el 2 de agosto del 2022. <https://perfectdailygrind.com/es/2019/10/22/cultivo-de-cafe-como-mejorar-la-calidad-del-suelo/>
- Rutherford, J., y Williams, G. (2015). *Environmental Systems and societies*. United Kingdom: Course Companion.
- [9] Smyrilli, C., Selvakumaran, S., Alderson, M., Pizarro, A., Almendrades, D., Harris, B., & Bustamante, A. Sustainable decentralised wastewater treatment schemes in the context of Lobitos, Peru. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 13(1), 2018, pp. 8–16. <https://doi.org/10.1680/jenes.17.00023>
- [10] Suhartini, S., Hidayat, N., & Rosaliana, E., Influence of powdered Moringa oleifera seeds and natural filter media on the characteristics of tapioca starch wastewater. *International Journal Of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2(1), 2013, p. 12. <https://doi.org/10.1186/2251-7715-2-12>
- [11] Tomanguillo Chumbe, M. del P. (2018). Derecho a la verdad como una norma imperativa Internacional y al Responsabilidad de los estados frente a este derecho [Universidad Nacional de Trujillo: Derecho a la verdad como una norma imperativa Internacional y al Responsabilidad de los]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNI-TRU/11604>
- [12] Tomperi, J., Isokangas, A., Tuuttila, T., & Paavola, M., Functionality of turbidity measurement under changing water quality and environmental conditions. *Environmental Technology*, 43(7), 2022, pp. 1093–1101. <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1815860>
- [13] Wang, D., Ha, M., & Qiao, J., Data-Driven Iterative Adaptive Critic Control

Toward an Urban Wastewater Treatment Plant. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 68(8), 2021, pp. 7362–7369.

<https://doi.org/10.1109/TIE.2020.3001840>

- [14] Zapana, J. S. P., Arán, D. S., Bocardo, E. F., & Harguinteguy, C. A., Treatment of tannery wastewater in a pilot scale hybrid constructed wetland

system in Arequipa, Peru. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(11), 2020, pp. 4419–4430. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02797-8>

- [15] Black & Veatch Corp., White's Handbook of chlorination and alternative disinfectants. 5^o ed. Wiley. and sons inc, 2010.