

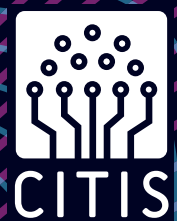
Universidad Politécnica Salesiana

# IX Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad

## Memoria académica

ISSN impreso: 2631-2697 / ISSN electrónico: 2631-2719

Lenin E. Cevallos-Robalino  
Juan Alcides Cárdenas-Tapia sdb  
(Coordinadores)



Las discusiones transformadoras y los conocimientos innovadores hacen parte de páginas de estas Memorias del *IX Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad o CITIS 2023*.

Desde las preocupaciones apremiantes sobre la sostenibilidad ambiental hasta el panorama siempre cambiante de la información y las telecomunicaciones; desde los avances en la industria hasta el futuro de la movilidad, esta antología presenta una exploración completa de los frentes de la ciencia y la tecnología.

Destacados académicos, investigadores y profesionales se dieron cita en este encuentro celebrado en julio de 2023 en la Universidad Politécnica Salesiana en Guayaquil, Ecuador. Su análisis y distintas visiones son testimonio del esfuerzo colectivo hacia una sociedad más inclusiva, sostenible y tecnológicamente avanzada.

ISBN: 978-9978-10-898-7



9 789978 108987



# **IX Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad**

---

*Memoria académica*

Lenin E. Cevallos-Robalino  
Juan Alcides Cárdenas-Tapia sdb  
(Coordinadores)

# **IX Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad**

---

*Memoria académica*



2024

**IX CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA  
E INNOVACIÓN PARA LA SOCIEDAD. MEMORIA ACADÉMICA**  
*Lenin E. Cevallos-Robalino / Juan Alcides Cárdenas-Tapia sdb (Coordinadores)*

1.ª edición: © Universidad Politécnica Salesiana  
Av. Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja  
P.B.X.: (+593 7) 2050000  
Fax: (+593 7) 4088958  
e-mail: rpublicas@ups.edu.ec  
www.ups.edu.ec  
Cuenca-Ecuador

COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN  
SEDE GUAYAQUIL

ISBN impreso: 978-9978-10-898-7  
ISBN digital: 978-9978-10-902-1  
DOI: <https://doi.org/10.17163/abyaups.49>  
Diseño, diagramación e impresión: Editorial Universitaria Abya-Yala  
Quito Ecuador  
Tiraje: 300 ejemplares

Impreso en Quito-Ecuador, marzo 2024

Publicación arbitrada de la Universidad Politécnica Salesiana

# Índice

---

PRESENTACIÓN .....	7
--------------------	---

## SECCIÓN ESPAÑOL

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN UN CENTRO DE EDUCACIÓN INICIAL Y UNA UNIDAD EDUCATIVA EN EL SUR DE LA CIUDAD DE QUITO ....	11
<i>Diana Elizabeth García Tumipamba, Freddy Vicente Cuarán Sarzosa, Andrea Mishell Flores Proaño y Érika Johanna Simbaña Cabezas</i>	
ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA DE LA PINTURA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL ECUADOR .....	19
<i>Diana Elizabeth García Tumipamba, Odalis Marlit Ruiz Garófalo, Jamilex Alexandra Jácome Caratar y Carlos Fabián Mera Carrillo</i>	
ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA TEXTIL EN EL ECUADOR .....	25
<i>Diana Elizabeth García Tumipamba y Thalía Elvira Timbiano Feraud</i>	
TRAMPA DE NIEBLA COMO ALTERNATIVA PARA OBTENER AGUA POTABLE.....	33
<i>Águeda Fernanda Ramírez Castro, Joshua Alvear Benavides, Jhalmmar Stalin Camacho-Morán, Juan Fernando Jurado Cobo, José Alejandro Cabrera Mosquera y Diego Gómez</i>	
EFFECTOS DE LA MINERÍA EN AMÉRICA DEL SUR Y UN ENFOQUE SOCIOAMBIENTAL PARA ECUADOR .....	43
<i>Francisco Xavier Cordero Tibán y Carlos Andrés Ulloa Vaca</i>	
MICROPLÁSTICOS EN ECOSISTEMAS MARINOS.....	51
<i>Jhon Jairo Cadena Toledo y Carlos Andrés Ulloa Vaca</i>	
COMPORTAMIENTO DE LA MORTALIDAD POR EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO EN PAÍSES DE AMÉRICA DEL SUR EN EL PERIODO 2010-2019 .....	61
<i>Gabriela Fernanda Carrión Curimilma y Carlos Andrés Ulloa Vaca</i>	

## ENGLISH SECTION

STUDY OF AIR ACTIVATION IN THE FIRST PUBLIC PROTON THERAPY CENTER PLANNED IN SPAIN AT THE MARQUES DE VALDECILLA UNIVERSITY HOSPITAL (HUMV) IN SANTANDER .....	77
<i>Cristina Ratero Talavera, Lenin E. Cevallos-Robalino, Nuria García-Herranz y Gonzalo F. García-Fernández</i>	
DESIGN AND CONSTRUCTION OF A WATER GENERATOR SYSTEM FROM AIR HUMIDITY IN THE CITY OF GUAYAQUIL .....	89
<i>Luis Caamaño-Gordillo, Angie Mojarrango Rodríguez y Edgar Xavier Salazar-Ojeda</i>	

ANALYZE CHARACTERISTIC CURVES OF PEOPLE BIOMECHANICAL CONDITIONS WITH KNEE OSTEOARTHRITIS USING INERTIAL SENSORS ON FLAT SURFACES .....	101
<i>Eduardo Córdor, José Condolo y Víctor H. Cabrera–Moreta</i>	
DESIGN OF SCADA SYSTEM FOR ZEOLITE PURIFIED WATER USING LABVIEW .....	113
<i>Isaac Simbaña, Leonidas Ramírez, Alexander Buitrón y David Saquinga</i>	
TRANSGENIC SEEDS IN ECUADOR: TECHNOLOGICAL INNOVATION OR DESTRUCTION OF AGRICULTURE IN ECUADOR? A BIOETHICAL PERSPECTIVE .....	121
<i>Ronnie Xavier Lizano Acevedo y Jessica Michelle Guamán Pozo</i>	
PROPOSAL OF AN INSULATED SYSTEM FOR RECHARGING ELECTRIC VEHICLES AND LIGHTING.....	129
<i>Jonathan Villarreal Berrones y Cristian Cuji Cuji</i>	
ENHANCING AUTONOMOUS VEHICLE SAFETY: USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR POLICE DETECTION.....	141
<i>Denys A. Dután, Juan D. Valladolid, Juan P. Ortiz y Fabricio Espinoza</i>	
EFFECT OF POST-HEATING ON SMAW-WELDED A-42 GRADE STEEL RODS .....	153
<i>Cristian Leiva-González, Jorge Muñoz-Paredes, Steven Celi-Jiménez y William Quitiaquez-Sarzosa</i>	
THE PRESENCE OF MICROPLASTICS IN MASS CONSUMPTION FOOD .....	173
<i>Mishell Arévalo Moyano y Alexandra Pazmiño Pacheco</i>	
TOXICOLOGICAL EFFECTS OF DIOXINS IN LATIN AMERICA, A CRITICAL REVIEW .....	181
<i>Paz Escobar Montenegro y Karina Pazmiño Pacheco</i>	
COORDINADORES Y AUTORES .....	189

# Presentación

---

Es con gran entusiasmo que presentamos la *Memoria académica* del Noveno Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad (CITIS IX), celebrado en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, en el campus María Auxiliadora de la Universidad Politécnica Salesiana, del 26 al 28 de julio de 2023.

El CITIS IX congregó a aproximadamente seiscientos individuos comprometidos con la promoción y difusión del conocimiento científico, incluyendo docentes, estudiantes de grado y posgrado, e investigadores provenientes de diversas universidades del país. Además, nos honró la participación de destacados investigadores internacionales de España, Colombia, Chile, Estados Unidos, Argentina y, por supuesto, Ecuador, quienes impartieron charlas magistrales en diferentes campos del saber.

Este congreso se destacó por la calidad y diversidad de las contribuciones recibidas. Se recibieron un total de 148 propuestas, de las cuales se seleccionaron 60 para su presentación en forma de ponencias, y 17 en formato de póster. La presencialidad al 100 % fue un testimonio del compromiso de nuestra comunidad académica con el intercambio de ideas y el desarrollo científico.

Durante el CITIS IX, se llevaron a cabo once conferencias magistrales que abordaron temáticas relevantes en áreas tan diversas como Ingeniería Nuclear, Telecomunicaciones, Biomedicina, Movilidad, Energías Renovables, Medio Ambiente y Empresa. Además de las sesiones técnicas, el congreso ofreció espacios para la presentación de pósteres científicos y talleres técnicos, enriqueciendo aún más la experiencia de los participantes.

Nos complace extender una cálida bienvenida a todos aquellos que se sumergen en las páginas de esta *Memoria académica*. Más allá de ser simplemente otro volumen en la biblioteca, aspiramos a que este libro se convierta en una fuente de inspiración constante, una compañía en sus momentos de reflexión y una guía para futuros proyectos de investigación.

Al abrir estas páginas, les invitamos a no solo leer, sino a explorar, cuestionar y soñar. Cada artículo, cada ponencia, cada póster representa no solo el esfuerzo individual de quienes lo presentan, sino también un fragmento del vasto universo



del conocimiento y la innovación que se congregó en Guayaquil durante aquellos días de julio de 2023.

Este libro es más que una recopilación de datos y conclusiones; es un tesoro de ideas frescas y perspectivas nuevas que pueden encender la chispa de su propia creatividad. Aquí encontrarán no solo soluciones a problemas existentes, sino también preguntas provocativas que pueden conducirles por caminos aún no explorados en sus propias investigaciones.

Nuestro deseo es que este texto no solo se convierta en un recurso académico, sino en un compañero constante en su viaje intelectual. Que encuentren la inspiración necesaria para aportar al proceso de transformación que se gesta desde la academia, para ser protagonistas en la creación de un futuro más brillante y sostenible.

Cada línea, cada gráfico, cada testimonio es una invitación a la acción, una llamada a contribuir al avance del conocimiento y al progreso de la sociedad. Que este libro sea el inicio de muchas conversaciones, de muchas colaboraciones y de muchos proyectos que trasciendan las páginas y se conviertan en realidad.

Les invitamos a sumergirse en esta travesía de descubrimiento, a dejar que las ideas aquí presentadas inspiren e impulsen a seguir explorando, creando y transformando. Porque el verdadero valor de este libro no radica en lo que contiene, sino en cómo lo utilizan para dar forma al futuro que desean ver realizado.

*Memoria académica del IX Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad (CITIS IX)* es un reflejo fiel de la riqueza académica y científica compartida durante este evento. Esperamos que estas memorias perduren como una fuente de inspiración y conocimiento para las generaciones futuras, y que sigan alimentando el diálogo y la colaboración en el ámbito de la ciencia, la tecnología y la innovación para el beneficio de la sociedad en su conjunto.

¡Agradecemos sinceramente a todos los participantes, ponentes, patrocinadores y colaboradores por haber hecho del CITIS IX un éxito rotundo!

Lenin Estuardo Cevallos Robalino, Ph. D.  
Presidente del Comité Organizador del CITIS IX

# SECCIÓN ESPAÑOL

# Implementación de un sistema de gestión de residuos sólidos en un centro de educación inicial y una unidad educativa en el sur de la Ciudad de Quito

---

Diana Elizabeth García Tumipamba  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9362-9075>

Freddy Vicente Cuarán Sarzosa  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9973-1043>

Andrea Mishell Flores Proaño  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-4840-3713>

Érika Johanna Simbaña Cabezas  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-0522-5359>

## Introducción

En la actualidad la generación de residuos sólidos va creciendo notoriamente, lo que provoca que se hable de una “crisis de la basura” (Macías et al., 2018). Se busca intervenir en la gestión de los residuos sólidos desde que se generan hasta su disposición final, disminuyendo los impactos negativos que provoca la mala gestión de estos. En un sistema de gestión de residuos sólidos se considera ciertos puntos: generación de los residuos, separación y clasificación desde su origen, control en su operación y almacenamiento hasta su evacuación (Sánchez, 2017).

Al instalar un sistema de gestión de residuos sólidos, se logra controlar grandes cantidades de basura de forma eficiente, promover acciones mediante actividades en las que intervienen las personas que son parte de la institución, fomentar la prevención, reciclaje y reutilización de los diferentes residuos, de esta manera, minimizar la cantidad de residuos que llegan a su destino final y por consiguiente disminuir la emisión de gases y dar valor a los residuos mediante la reutilización y reciclaje (Zavala, 2012).

## Metodología

Para el análisis del manejo y gestión de los residuos dentro de la institución se observaron las actividades realizadas en la jornada matutina; de igual modo, las extracurriculares que se llevan a cabo en horarios de la tarde del plantel. Se observó la gestión de residuos sólidos actual y la distribución de contenedores y tachos de basura dentro de la unidad educativa. Se tomaron registros fotográficos de las instalaciones del establecimiento. Se consideró la información y datos cuantitativos proporcionados por el personal administrativo de la institución, los cuales se usaron para la evaluación del manejo y generación de residuos de la institución.

### **Metodología para calcular el tamaño de la muestra para una población infinita**

*Cálculo para determinar el tamaño de la muestra para una población finita:*

Se aplicó la siguiente ecuación: (Díaz, 2020)

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

n = tamaño de la muestra

N = población total

p = probabilidad estimada 0,98

q = probabilidad estimada 0,02

he = margen de error aceptable 0,05

z = valor estándar 1,96

Se empleó la fórmula para encontrar una referencia del número de encuesta-

dos. Se realizaron dos encuestas diferentes: la primera para el alumnado y personal de limpieza y la segunda para los docentes. La encuesta 1 se realizó a 50 estudiantes y a los 4 conserjes que trabajan en la institución. La encuesta 2 la contestaron 20 profesores.

### **Metodología para caracterización de los residuos sólidos**

La metodología se basó en la guía de caracterización de residuos sólidos domiciliarios, expuesta en el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), como una adaptación a lo formulado por Kunitoshi en 1982, la misma que cuenta con diferentes fases (Díaz, 2020).

#### *Centro de Educación Inicial*

Se usó un plástico negro: 2 m de largo por 4 m de ancho, el que se colocó sobre el piso para evitar derrames sobre el suelo. Se recolectaron todas las bolsas plásticas que contenían residuos sólidos del CEI, durante toda la jornada del día. Con una balanza mecánica de piso, se pesaron las bolsas, para calcular el peso total de los residuos sólidos producidos en las instalaciones.

#### *Unidad educativa*

La unidad educativa cuenta con educación básica, secundaria y bachillerato; así mismo, desarrolla actividades extracurriculares en horas de la tarde. Se inició tendiendo el plástico negro, de las dimensiones ya mencionadas, sobre

el lugar escogido para realizar el trabajo. Posteriormente, se acumularon las bolsas plásticas de basura de cada uno de los 16 contenedores dispuestos en todo el plantel. Se calculó el peso de los residuos con una balanza.

#### *Determinación de la densidad de los residuos sólidos*

Tanto en el CEI como en el resto de la unidad educativa, los residuos fueron colocados sobre el plástico en el piso, se realizaron cuarteos y se usó un recipiente de 12 litros, donde se depositaron los residuos sin compactarlos hasta el borde del recipiente. Se lo golpeó contra el suelo por tres veces desde una altura aproximada de 10 cm y nuevamente se lo volvió a enrasar, sin presionar el contenido del mismo. Se pesó en la balanza y se dividió para el volumen del recipiente.

Tanto en el CEI como en el resto de la unidad educativa, se realizó la clasificación de los residuos sólidos en residuos orgánicos y de jardinería, plásticos, papel y cartón, vidrio, tetrapak. Se clasificaron los residuos sólidos en

cada bolsa etiquetada y, finalmente, se pesó cada bolsa.

#### *Porcentaje cada residuo sólido*

Se pesaron las bolsas con los residuos sólidos clasificados para establecer el porcentaje de cada uno de ellos.

#### *Producción per cápita (PPC)*

Para determinar la cantidad total de residuos sólidos generados en el día se dividió el peso total de los residuos recolectados, para el número total de alumnos de todo el establecimiento educativo.

#### *Análisis de laboratorio*

Los análisis se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador. Para lo cual, se recolectó una muestra de un kilogramo de cada una de las instalaciones del CEI y de la unidad educativa, y de ellas se midió humedad, poder calórico inferior y análisis microbiológico en parámetros de recuento de bacterias aerobias, coliformes totales, mohos, levaduras y *Escherichia coli*.

## **Resultados y discusión**

### ***Manejo actual de los residuos sólidos en el CEI y en la unidad educativa***

Los residuos sólidos producidos por los niños en el CEI, en horas de clase, son depositados en tachos de basura ubicados en cada aula y los generados durante el receso se recolectan en el contenedor ubicado en el patio. La recolección la realiza el personal de lim-

pieza. La disposición final se la hace en los contenedores dispuestos por el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).

Los residuos generados por la unidad educativa provienen del prekínder, escuela y colegio. Para la recolección existen tachos de basura distribuidos en todas las instalaciones y 16 contenedores de 100 litros, distribuidos estraté-

gicamente en el patio de la institución. Al finalizar la jornada, el personal de limpieza se encarga de recolectar los residuos de cada tacho, los mismos que posteriormente se colocan en los contenedores. De igual manera, cuentan con cuatro sitios de acopio de botellas plásticas. Y el destino final de los residuos recogidos en el día es en los contenedores del DMQ que se encuentran frente al establecimiento.

#### *Fuentes de generación de residuos sólidos*

Se recorrieron las instalaciones del establecimiento con la finalidad de identificar la frecuencia y el tipo de generación y se ubicaron las diferentes áreas y el tipo de residuos que genera cada una. Una vez determinada la fuente de

generación, se concluyó que los principales problemas en la institución eran:

- Malos hábitos para colocar la basura en el tacho, por parte de las personas que ocupan la institución.
- Disposición inadecuada de los desechos tanto en las aulas de clase como en el patio general.

#### *Producción per cápita*

La producción per cápita fue de 0,184 kg/ alumno\*día en el CEI. Mientras que, en la unidad educativa, la producción per cápita fue de 0,097 kg/ alumno\*día.

En la tabla 1 se muestran los valores diarios de residuos obtenidos en el Centro de Educación Inicial y su PPC total.

**Tabla 1**  
*Porcentaje de los residuos sólidos del CEI*

Residuos sólidos	Días							Peso total (kg)	% Total
	1	2	3	4	5	6	7		
Orgánicos	6,4	6,2	8,7	4,1	6,1	6,4	7,3	45,2	<b>34,69</b>
No aprovechables	4,1	7,4	7,2	10,5	5,2	5	4,3	43,7	<b>33,54</b>
Plástico	4,2	1,9	3,1	2,5	4,1	3,4	3,1	22,3	<b>17,11</b>
Papel y cartón	3,6	0,8	0,3	1,3	3,5	2,3	0,9	12,7	<b>9,75</b>
Tetrapak	1,3	0,4	0,5	0,7	0,5	0,8	2,1	6,3	<b>4,83</b>
Vidrio	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	<b>0,08</b>
<b>TOTAL (kg)</b>	<b>19,6</b>	<b>16,8</b>	<b>19,8</b>	<b>19,1</b>	<b>19,4</b>	<b>17,9</b>	<b>17,7</b>	<b>130,3</b>	<b>100</b>

En el día 3, el peso total fue de 19,8 kg, debido a que en esa jornada se realizó un programa navideño. El segundo día se registró un peso to-

tal de 16,8 kg porque los estudiantes culminaron sus actividades a las 10:00 a. m., reduciéndose la producción de residuos.

En la tabla 2 se muestran los porcentajes de cada uno de los componentes de los residuos hallados en la unidad educativa.

**Tabla 2**  
*Porcentaje de los RS de la unidad educativa*

Residuos sólidos	Días							Peso total (kg)	% Total
	1	2	3	4	5	6	7		
Orgánicos	12	8,6	9,3	11,2	11,5	9,2	11,3	73,1	<b>38,23</b>
Plástico	5,2	6,1	8,1	7,4	9,8	6	7,2	49,8	<b>26,05</b>
No aprovechables	7	8	6,7	5,7	5,2	5,5	5,3	43,4	<b>22,7</b>
Papel y cartón	0,6	1,5	2,1	2,1	2,1	4,3	2,1	14,8	<b>7,74</b>
Tetrapak	0,5	2,3	0,9	1,2	1,3	1,3	1,6	9,1	<b>4,76</b>
Vidrio	0,2	0,4	0	0,2	0,2	0	0	1	<b>0,52</b>
<b>TOTAL (kg)</b>	<b>25,5</b>	<b>26,9</b>	<b>27,1</b>	<b>27,8</b>	<b>30,1</b>	<b>26,3</b>	<b>27,5</b>	<b>191,2</b>	<b>100</b>

En la tabla 2 se observa que el peso total de los residuos sólidos fue de 191,2 kg. Los días 4 y 5 se originó mayor cantidad de residuos, mientras que, el día 1 se obtuvo menos desechos. Los residuos sólidos que más se generaron fueron los residuos orgánicos (38,23 %), seguido de los plásticos (26,05 %). Se encontraron, además, cosméticos, textiles, productos de aseo personal, papel y cartón en un 7,74 %, tetrapak (4,76 %) y el vidrio en un 0,52 %.

Las dos instalaciones de la unidad educativa no cuentan con un sistema de gestión de residuos sólidos, por esta razón todos, incluidos los generados en el baño, se mezclan y, por tanto, no se valorizan los residuos al no disponerse en contenedores diferenciados para cada tipo, sino únicamente para las botellas plásticas.

#### *Análisis de laboratorio*

Los análisis realizados en el laboratorio de la Universidad Central del Ecuador fueron los siguientes:

El poder calorífico inferior fue de 0,0179 kcal/g. La muestra de este estudio presentó un valor del 73,29 % de humedad. Los resultados de la muestra de la institución no tienen presencia de *Escherichia coli*.

#### *Desarrollo de gestión de residuos sólidos*

Se realizaron carteleras con información ecológica para promover buenas prácticas ambientales que se colocaron en el CEI y en el resto de la unidad educativa. También se presentaron los resultados obtenidos en este trabajo a las autoridades del plantel y se recomendó instalar contenedores diferenciados por colores. Se sugirió clasificar los resi-

duos y transportarlos al punto ecológico cercano situado frente al plantel.

*Botellas de amor* es un proyecto encaminado al reciclaje, el cual está enfocado

en disminuir residuos flexibles, al colocar estos en una botella de plástico para después venderlo como materia prima y obtener un beneficio económico.

## Discusión

En el estudio realizado por Pullupaxi (2019), en la escuela Jesús Ordóñez, del cantón Quito, con un total de 171 estudiantes, conformada por niños de 3 a 11 años (similar a este estudio donde asisten niños de 2 a 5 años), se determinó una PPC de 0,024 kg/alumno\*día. El CEI tuvo un total de 101 estudiantes y una PPC de 0,184 kg/alumno\*día.

Una vez comparado los resultados se pudo apreciar que la PPC del CEI es mayor a la de la escuela en mención, una de las razones es que la escuela Jesús Ordóñez, al ser fiscal, el Ministerio de Educación, entrega bebidas en envases de cartón y la institución tiene un centro de acopio de cartón y botellas PET, material que es vendido a un reciclador informal a diferencia que el CEI, que al ser una institución particular (Moqbel, 2018), tiende a generar mayor cantidad de residuos sólidos, esto debido a que realizan actividades extras y los estudiantes permanecen más horas en la institución.

El PCI fue de 0,0179 kcal/g, al compararlo con el estudio de Clavijo & Pi-

llajo (2019) que determinó un PCI de 4,66 kcal/g, pero solamente de la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos urbanos producidos en barrios del sur de Quito. De acuerdo con el resultado de este estudio, no sería viable aplicar un aprovechamiento energético.

La muestra de este estudio presentó un valor del 73,29 % de humedad, es decir, el resultado obtenido es la cantidad de agua presente en los residuos. Clavijo & Pillajo (2019) mencionan que entre un 50 a 60 % es un rango óptimo, ya que la generación de malos olores se da por el exceso de humedad en una degradación aerobia.

La dinámica microbiológica de bacterias va a depender de cómo se dé la interacción de parámetros físicos y químicos y su intervención en la degradación de RO (Sánchez, 2009). Los resultados de la muestra de la institución no tienen presencia de *Escherichia coli*, lo cual favorece a la unidad educativa, al no presentar riesgos a los estudiantes ni al personal de limpieza en el proceso de aseo y limpieza.



## Conclusiones

En la caracterización del CEI se obtuvo residuos orgánicos 34,69 %, residuos no aprovechables 33,54 %, residuos de plástico 17,11 %, residuos de papel y cartón 9,75 %, residuos de tetrapak 4,83 % y residuos de vidrio 0,08 %. Se concluyó que no existe una gestión apropiada, puesto que, al momento de recolectar los residuos orgánicos, son mezclados unos con otros, ocasionando la pérdida de componentes residuales que pueden ser de fácil aprovechamiento.

En la unidad educativa, la caracterización de los residuos sólidos fue 38,23 % de residuos orgánicos, 26,05 % residuos de plástico, 7,74 % residuos de papel y cartón, 4,76 % residuos de tetrapak, 0,52 % de residuos de vidrio. Son varios factores que ocasionan que estos no se gestionen de manera correcta; la causa principal es no desechar los residuos de las fundas plás-

ticas, que se encuentran dentro de contenedores al finalizar la jornada escolar.

El valor de la PPC, en el CEI, fue de 0,184 kg/alumno\*día, dato con el que se deduce que hay una alta cantidad de producción de residuos sólidos, comparado con el bajo número de personal, razón por la cual se considera importante poner en marcha un sistema de gestión de residuos sólidos, mediante buenas prácticas ambientales. Con la colocación de información en carteleras y socialización del trabajo realizado, se empezó a la concienciación de los estudiantes para poder iniciar un cambio en los hábitos de consumo. Fue de gran ayuda que un 46 % tuviera conocimiento sobre las 3R (reducir, reciclar, reusar). Además, se coordinó la entrega de residuos aprovechables que más se generan, debidamente clasificados, con recicladores de base.

## Referencias bibliográficas

- Clavijo-Ayala, L., & Pillajo, W. (2019). Poder calorífico de la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos urbanos generados en el sector sur de la ciudad de Quito. *Gestión y Ambiente*, 22(1), 19-29. <https://n9.cl/nfo86/>
- Díaz, C. (2020). *Manejo integral de residuos sólidos en la institución educativa N.º 16006 "Cristo Rey"* – *Fila Alta. Jaén*. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/164/>
- Macías, L., Páez, M., & Torres, G. (2018). *La gestión integral de residuos sólidos urbanos desde una perspectiva territorial en el estado de Hidalgo y sus municipios*. [Tesis de Maestro en Planeación Espacial]. Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, A. C. Centro Geo. <https://n9.cl/9161s/>
- Moqbel, S. (2018). Solid Waste Management in educational institutions: The case of the University of Jordan. *Environmental Research, Engineering and Management*, 74(2), 23-33. <https://n9.cl/94zx2/>
- Pullupaxi, A. (2019). *Elaboración de un plan de manejo de residuos sólidos para la escuela Jesús Ordóñez*. [Tesis de Tecnología]. Escuela Politécnica Nacional. <https://n9.cl/ru2qh/>

- Sánchez, A. (2017). Diseño e implementación de un sistema de gestión de residuos sólidos para una compañía dedicada a la elaboración de productos farmacéuticos. [Tesis de Maestría]. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://n9.cl/yom6f/>
- Sánchez, T. (2009). Caracterización microbiológica del proceso de compostaje a partir de residuos azucareros microbial. *Agronomía Tropical*, 3.
- Zavala, R. (2012). *Sistema de gestión integral para los residuos sólidos domiciliarios*. <https://n9.cl/yyizf/>

# Análisis de la gestión de residuos en la industria de la pintura de la construcción en el Ecuador

---

Diana Elizabeth García Tumipamba  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9362-9075>

Odalís Marlit Ruiz Garófalo  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-6711-6080>

Jamilex Alexandra Jácome Caratar  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5290-6950>

Carlos Fabián Mera Carrillo  
Mera&Carrillo Arquitectos  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-4060-8175>

## Introducción

Para la elaboración de pinturas de construcción se usan sustancias que se clasifican en cuatro categorías: aglutinantes, pigmentos, solventes y aditivos (Naranjo et al., 2019).

Los pigmentos en la industria son los encargados del color de cada pintura, adicional aportan características anticorrosivas frente a condiciones ambientales. Los aglutinantes son sustancias generalmente orgánicas y están compuestos por aceites secantes como el aceite de linaza. Las resinas comúnmente son de origen vegetal, pero debido al incremento de resinas sintéticas

estas han tenido un declive en su producción y se las usa combinándose con aglutinantes para crear un producto más resistente al agua y a los factores ambientales. Los solventes proporcionan a la pintura un mejor acabado, favorecen su aplicación. Los aditivos se agregan a la mezcla en pequeñas dosis y entre los más usados están los plastificantes y antisedimentables (Rascio et al., 1989).

Dentro de la industria de la pintura de construcción existe una extensa variedad de productos. Entre los más comunes se encuentran las pinturas en base agua, pinturas en base a solventes.

Las pinturas en base agua están elaboradas de agua y proporciona propiedades de durabilidad, secado más rápido y brillo. Dentro de este producto se encuentran las pinturas acrílicas y vinílicas. Las pinturas en base a solventes están

compuestas principalmente de resinas y sustancias secantes. Este producto a diferencia de las pinturas en base agua, su secado es más lento y se requiere de menos cantidad para recubrir las superficies (Rascio et al., 1989).

## Metodología

El análisis de la gestión de residuos sólidos de pintura de construcción en el Ecuador se realizó mediante el estudio de diagramas de flujo de distintas empresas, los cuales nos permiten obtener la información de qué tipo de residuos se generan al momento de la fabricación de estos productos (Aguilar & Mayorga, 2005).

Cabe recalcar que el mayor porcentaje de residuos es generado por los distintos procesos industriales. Esto debido al uso de diversas sustancias químicas, en las diferentes industrias lo que hace que se combinen los riesgos, para la salud humana y para el ambiente.

La industria ecuatoriana abarca un sinnúmero de actividades, pero en la que más se la reconoce es en la industria química, principalmente en la elaboración de pinturas, barnices y otros productos. Con respecto al manejo, almacenamiento y disposición final inadecuada de los desechos industriales que poseen distintas características, los mismos que son generados como productos secundarios del proceso de producción, traen consecuencias negativas hacia el ambiente (Heras, 2017).

### *Listado de residuos sólidos y/o efluentes*

Los residuos comunes producidos en la industria de fabricación de pintura corresponden:

- A. Etapa de envasado: Lo que produce residuos o derechos.
  - Recipientes de pintura con deficiencia de fabricación
  - Bolsas de recipiente y filtros utilizados
  - Cartones (cajas)
  - Recipientes y tapas no usados por deficiencia de elaboración (Heras, 2017)
- B. Transporte de fluidos: Lo que produce residuos o desechos.
  - Borrás reforzadas de empaste masivo
- C. Etapas de tratamiento de residuos líquidos (si llegan a existir).
  - Lodos de tratamientos
- D. Durante la dispersión: Aquellos residuos sólidos en ciertos envases contienen pigmentos pegados a las paredes (Heras, 2017).
- E. El envasado: Los recipientes de pintura con deficiencia de fabricación tienden a utilizar tapas en mal estado o con fallas (Heras, 2017).

F. El transporte de fluidos causa restos endurecidos de producto concentrado (Heras, 2017).

#### *Residuos líquidos (efluentes)*

La generación de desechos sólidos contiene fuentes esenciales en cada proceso. Los principales residuos líquidos que producen los procesos de elaboración de dichas pinturas son consecuencia de la limpieza de dichos estanques (Heras, 2017).

*Lavado de estanques de preparación de pinturas al agua.* El lavado se basa principalmente en el agua desalojando el RIL producido al sistema de alcantarillado, en ciertas plantas se encuentran los estanques de decantación y sistemas de clarificación por medio de la floculación y precipitación de sólidos. Los residuos de líquidos contienen un crecimiento de DQO, justamente por la existencia de sustancias orgánicas usadas como disolventes, preservantes, acetonas, fenoles, estirenos, bencenos y también de residuos que abarcan restos de metales pesados derivados de los pigmentos (Heras, 2017).

#### *Disposición final de los residuos generados por la industria*

Con respecto a la disposición final de los residuos, esto depende de su naturaleza, es decir, si no es un residuo peligroso se lo podrá reutilizar y comercializar y de esta manera obtener un beneficio económico; en cambio, cuando se trata de un desecho peligroso se tiene dos rutas para su disposición final: confinarlos o incinerarlos (Heras, 2017). En los dos casos el responsable

es la industria que los genera, para lo cual la empresa debe contar con el certificado de disposición final emitido por un gestor autorizado.

Para su disposición final el residuo depende de las características CRTIB (corrosivo, reactivo, tóxico, inflamable y biológicamente peligroso) (Ministerio del Ambiente, 2008).

#### *Gestión de los residuos de pinturas de construcción en diferentes países*

La generación de desechos de pinturas de construcción es un problema a nivel mundial el mismo que depende mucho del crecimiento poblacional, de los estilos de vida de los habitantes, de las condiciones económicas y de la forma de vida de los habitantes. La construcción es una actividad que se relaciona con las características antes descritas por lo que es un hecho de que la cantidad de residuos de pinturas incrementa. Por esta razón, los países desarrollados se encuentran preocupados por las afectaciones y los efectos dañinos que provocan al medioambiente (Leandro-Hernández, 2008).

La gestión de este tipo de residuos en estos países se orienta en aplicar la estrategia de las 7R de la basura: rediseñar, reparar, renovar, reciclar, recuperar, reducir y reusar y en algunos casos se refiere a la selección de materiales desde un punto de vista ecológico y que tenga menos impacto negativo al ambiente (Leandro-Hernández, 2008).

Estados Unidos, Holanda, España, entre otros, trabajan arduamente en investigación para encontrar alternativas sostenibles (Leandro-Hernández, 2008).

Cada país tiene su forma de gestionar sus residuos. En Costa Rica las empresas o administradores a cargo de los proyectos depositan sus residuos en rellenos sanitarios o botaderos o a su vez contratan a una empresa que se encarga de transportar este tipo de residuos para que sean dispuestos de forma correcta. Al no existir control con la disposición final de este tipo de residuos comúnmente son depositados en terrenos baldíos y ríos lo cual trae un impacto negativo enorme al medioambiente. Por lo que en este país están poniendo en marcha proyectos que obligan a que en toda obra debe existir un lugar determinado para separar los residuos de pinturas de construcción (Leandro-Hernández, 2008).

El aumento del uso de pinturas de construcción obliga al país a buscar nuevas tecnologías más limpias en los procesos que se necesite el uso de pintura. Los mismos deben permitir minimizar la cantidad de residuos, optimizar las posibilidades de reducir y reciclar y con esto disminuir el impacto que esta actividad provoca al medioambiente (Leandro-Hernández, 2008).

Las actividades de reducción, recuperación y reciclaje de residuos de pintura de construcción pueden transformarse en un potencial económico para lograr desarrollar nuevas industrias

de servicio al sector construcción que produce este tipo de residuos, logrando así un impacto social y la recuperación económica (Leandro-Hernández, 2008).

Adicional, para lograr que los sectores que utilicen pinturas de construcción implementen la gestión y manejo de residuos, es importante que se ofrezcan las condiciones necesarias.

- Implementación de energías más limpias.
- Obtener el financiamiento necesario para el desarrollo de nuevas industrias que pongan en funcionamiento procesos más amigables con el ambiente.
- Otorgar incentivos para promover estrategias de manejo y gestión de residuos en todo lugar que utilice pinturas de construcción.
- Abrir mercados que acepten materiales nuevos a partir del reciclaje.
- Crear una legislación que permita aceptar el desarrollo de estrategias y prácticas seguras para las personas y el ambiente.

Un avance con respecto a las pinturas es obtener productos más amigables con el medioambiente mediante el uso de resina. Colombia le apuesta a la economía circular esto debido a que las pinturas que buscan crear son creadas a partir de un residuo (Rodríguez, 2019).

## Discusión

La gestión de los residuos de pintura de construcción en el Ecuador se debe realizar de acuerdo con la legislación

vigente. Según la investigación realizada se conoce que al ser la industria con más producción en el país es la que ge-

nera mayor cantidad de residuos sólidos peligrosos y especiales, los mismos que no tiene una correcta disposición final. Esto no por la empresa en sí, al contrario, las empresas que producen pinturas tienen gestores que están encargados de que la legislación ecuatoriana se cumpla y estos residuos sean tratados de forma correcta para evitar que terminen en los rellenos sanitarios o botaderos a cielo abierto. El mayor problema que se observa es al momento de ser adquiridos estos productos, los clientes desconocen el manejo de este tipo de residuos por lo cual los desechan de forma común lo que ocasiona que los residuos se combinen con el resto de residuos, causando daños al ambiente de forma significativa.

Según Llano (n. d.), la pintura en polvo genera menor cantidad de residuos y menos impactos al medio por

lo cual es una alternativa que trae varios beneficios al ambiente debido a que la cantidad de residuos generada es menor y el impacto por la combinación de residuos provenientes de esta industria con los residuos domiciliarios sería casi nula, pero para llegar a retirar por completo del mercado la pintura ya conocida es un riesgo elevado que ninguna empresa desea correr (Rascio et al., 1989).

Fundación Natura a través del Área de Ecología Urbana y la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) realizaron un inventario sobre los residuos peligrosos en el Ecuador y obtuvieron que el 34 % de dichos residuos provienen de la industria de fabricación de pinturas (Gordon, n. d.).

## Conclusiones

Mediante la investigación realizada se puede concluir que en el Ecuador la mayor parte de residuos peligrosos y especiales provienen de la industria de fabricación de pinturas de construcción.

Además, el desconocimiento en la disposición final de los residuos generados por esta industria causa graves problemas a la salud y al medioambiente. Existe falta de lineamientos adecuados para el manejo, almacenamiento y disposición final de los residuos sólidos y efluentes generados en el proceso de fabricación de pinturas de construcción. Todo esto genera un problema con las empresas, ya que tienen nula concien-

ciación ambiental debido a que cumplen dentro de las instalaciones de su empresa, pero no se encargan de los residuos que generan sus productos cuando son adquiridos por sus clientes.

Los organismos encargados de velar por el cumplimiento de la legislación ecuatoriana vigente deberían buscar que las grandes empresas que generan enormes cantidades de residuos sólidos se encarguen de tener planes de recolección de estos residuos para que así tengan una disposición final correcta. También pueden incentivarles para que generen planes en donde los clientes se informen de cómo deben deshacerse

de este tipo de residuos, o a su vez endurecer sus reglamentos en caso de no cumplirse a cabalidad.

Se puede concluir que la forma de gestionar los residuos depende de cada país; es evidente que Costa Rica tiene casi los mismos problemas al momento de gestionar este tipo de residuos,

a diferencia de los países desarrollado como Estados Unidos, Holanda y España. Estos siempre se encuentran buscando formas de crear productos sostenibles con el medioambiente que de una u otra manera reduzcan la contaminación que causan estos residuos de pintura de construcción.

## Referencias

- Aguilar T., Mayorga L, S. P. (2005). *Análisis de los factores que determinan las ventajas competitivas del subsector pinturas del Ecuador y propuesta de un modelo productivo para enfrentar la apertura de mercados*. [Tesis de maestría]. Instituto de Altos Estudios Nacionales. <https://n9.cl/5do03/>
- Gordon, D. (n. d.). *Los desechos peligrosos en el Ecuador*. [Presentación PowerPoint]. <https://n9.cl/ueps8/>
- Heras, M. (2017). *Propuesta de un programa integrado de manejo de residuos sólidos orientado a industrias de elaboración de pinturas de esmalte en el Ecuador*. [Tesis de maestría]. Escuela Politécnica del Litoral. <https://n9.cl/h0jr1/>
- Leandro-Hernández, A. (2008). Manejo de los desechos en la construcción. *Revista Tecnología en Marcha*, 21(4), 60. <https://n9.cl/gkvxp/>
- Llano, C. (n. d.). *Pintura en polvo*. <https://n9.cl/gfr5ts/>
- Ministerio del Ambiente. (2008). *AM-026-Procedimientos Registro de generadores de desechos peligrosos*. Registro Oficial. <https://n9.cl/l2bcp/>
- Naranjo, F., Ruiz, X., & Rose, S. (2019). *Incrementar la participación de mercado de la empresa Megapinturas Cía. Ltda. a través de la implementación de una adecuada planificación estratégica*. [Trabajo de titulación]. Universidad San Francisco de Quito. <https://n9.cl/ri81j/>
- Rascio, V., Caprari, J., Giúdice, C., Del Amo, B., Di Sarli, Pérez, R. (1989). *Propiedades y control de calidad de pinturas y recubrimientos. Programa latinoamericano de lucha contra la corrosión*. OEA-Organización de los Estados Americanos. <https://n9.cl/kag4j/>
- Rodríguez C. (2019). *Pintuco y Ecodek fabricarán una pintura cuya materia prima es material reciclado*. La República. <https://n9.cl/fbed6/>



# Análisis de la gestión de residuos de la industria textil en el Ecuador

---

Diana Elizabeth García Tumipamba  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9362-9075>

Thalía Elvira Timbiano Feraud  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-7846-957X>

## Introducción

Las primeras industrias textiles principalmente utilizaban lana, hasta que en el siglo XX comenzaron con el algodón y en 1950 se fortaleció el empleo de fibras. En Ecuador, las industrias textiles usan todo tipo de fibras, algodón y sus derivados. Las industrias textiles aplican diferentes técnicas para preservar la calidad del producto a largo plazo (AITE, s. f.). En este país, la industria textil ha sido de los sectores laborales más rentables a nivel nacional. Se estima que alrededor de 50 000 y 200 000 personas trabajan en este sector (Proaño, 2011).

La industria textil genera grandes fuentes de trabajo en países en desarrollo. Asia tiene mayor importancia en la exportación textil a otros países con el 4,3 %, mientras que África recibe mayor importación de textiles (Suárez, 2021).

En Francia, en el 2019 se fabricaron 2,6 millares de prendas, es decir,

648 000 toneladas, lo que significó una tasa de producción per cápita de 9,5 kg/hab.día (CEREM, 2019).

La industria textil engloba un amplio conjunto de empresas que realizan el proceso de transformación textil; desde la materia prima inicial hasta la obtención de un producto acabado. Este proceso se puede representar mediante el esquema mostrado en la Figura 1 (Moltó, 2007).

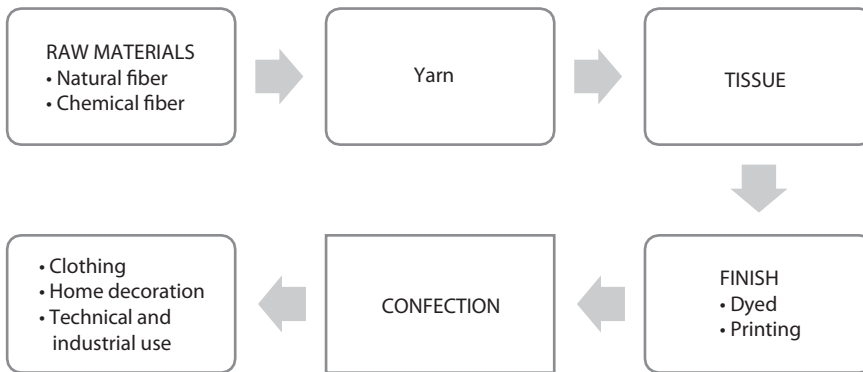
De forma muy general se puede decir que las fibras textiles se transforman en hilos mediante los cuales se fabrican los distintos tejidos y telas para posteriormente pasar a la confección de una gran variedad de productos que, dependiendo de su uso final, se pueden dividir en tres grandes grupos: textiles destinados a vestuario, textiles empleados en la fabricación de productos para el hogar y /o decoración, y textiles de uso técnico e industrial (Moltó, 2007).

Para que el proceso de manejo de residuos textiles se ejecute de manera adecuada, se debe seguir con los siguientes lineamientos (Escobar & Montesinos, 2013):

- *Clasificación inicial de la recolección.* Se deben establecer contenedores para materiales según su composición, con frecuencia y horario de recolección.
- *Reclasificación en la gestora ambiental.* Se los separa según su composición cuando llegan al centro de acopio y se procede con la creación de geotextiles de poliéster reciclado. Es importante capacitar al personal para el reconocimiento de las telas de acuerdo con los tipos de residuos que lleguen al lugar de acopio.
- *Procesamiento.* Se da por iniciado el proceso de transformación a geotextiles a base de textiles reciclados. La fabricación de geotextiles se da mediante tecnologías de procesamiento de *spunbond*.

**Figura 1**

*Esquema del proceso de transformación textil*



El término ‘reciclaje de ciclo cerrado’ o ‘closed loop’ se utiliza para describir aquellos procesos que mantienen los materiales fluyendo dentro de la cadena sin perder valor (por ejemplo, el reciclaje fibra a fibra). El reciclaje en el sector textil se puede llevar a cabo a través de distintas metodologías (mecánicas o químicas) y utilizar diferentes tecnologías y recursos (como botellas, residuos de fabricación, alfombras, tejidos, etc.).

Uno de los procesos de reciclaje más desarrollados es el reciclaje mecánico de las fibras sintéticas (sobre todo del poliéster), en el que el material se funde y se vuelve a extruir. Sin embargo, muchas de las fibras recicladas no vienen de residuos textiles, sino de otras fuentes como plásticos usados. Su mayor limitación es que solo es apto para termoplásticos y puros, siendo casi imposible obtener materiales aptos para hilatura a partir de mezclas (Rodes, 2021).

Las fibras naturales, como el algodón, son también recicladas por vía mecánica. Los residuos se clasifican por color y material, y son triturados, incluyendo procesos de desfibrado y corte. A medida que las fibras se acortan y se dañan en el proceso de reciclaje, sus propiedades tienden a deteriorarse, por lo que es necesario mezclarlas con fibras vírgenes de alta calidad (Sánchez et al., 2021).

Los procesos de ciclo cerrado fibra a fibra están todavía en desarrollo. De esta forma, estas metodologías permiten que los textiles formen parte de un sistema de reciclaje de ciclo abierto sostenible, en el que los materiales suben y bajan de valor según la demanda del mercado. No obstante, es importante no perder de vista las necesidades específicas de los clientes de la industria textil en términos de calidad, costos y diseño a la hora de seleccionar las tecnologías de reciclaje (Rodes, 2021).

La industria textil genera un gran impacto en el medioambiente. Un estudio estableció que 0,6 kg de petróleo son consumidos y 2 kg de CO<sub>2</sub> son emitidos por cada kilogramo de textil producido. Además de lo que sucede durante el proceso productivo, en la sociedad se detectan nuevos hábitos que contribuyen a favorecer el cambio climático. Unas prácticas que derivan en un aumento del consumo de ropa, a la que cada vez le damos menor uso antes de cambiarla por otra nueva (CEREM, 2019).

Desde el año 2000, la industria de la moda rápida ha tenido un crecimiento

exponencial gracias a la expansión de marcas como H&M y Zara, dos de las empresas más grandes del mundo. En el 2014 se produjeron más de 100 mil millones de prendas, según los datos del IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial), pero el hecho de producir más ropa a precios más económicos ha ocasionado que esta tenga cada vez menos vida útil y, por lo tanto, termine más rápido en la basura (Lobo, 2019).

Solo por detrás del petróleo, la moda es el segundo consumidor de agua a nivel mundial, genera alrededor del 20 % de las aguas residuales, libera medio millón de microfibras sintéticas al océano cada año. La moda también es responsable del 10 % de las emisiones globales de carbono, más que todo el transporte marítimo y los vuelos internacionales combinados; estas emisiones provienen del uso de pesticidas y aceites en el bombeo de agua para regar los cultivos del algodón y el transporte (Sánchez et al., 2021).

Dentro de la industria textil, los residuos sólidos más comunes son los sobrantes de tela, que son eliminados o descartados debido a que su tamaño los vuelve inservibles y ya no tienen ninguna utilidad dentro de la confección; estos aparecen en la fase final de producción (Quintero et al., 2022).

Entre los principales residuos de textiles, se encuentran (Proaño, 2011):

- Sobrantes de tela. Ya no tienen un uso útil, por lo cual son desechados.
- Químicos textiles. Se tiene registro de químicos como el cloro y tintes textiles.

- **Plástico.** Son residuos comunes, pero también de los más abundantes. Se tiene en cuenta los plásticos de un solo uso y reciclables.
- **Cartón.** Se tiene registro de los cartones en mal estado o que, por diferentes circunstancias, hayan sido destruidos o dañados en el proceso de empaquetado. Representan en menor medida a los residuos sólidos generados.
- **Aguas residuales domésticas.** Son el producto del uso cotidiano de los empleados, las mismas fueron empleadas en sectores de limpieza y aseo, además de que su uso es tan simple que la gestión es limitada, aunque las del tipo sanitarias son llevadas por un proceso aparte.
- **Aguas lluvias.** Este tipo de aguas son un subproducto de las lluvias, las mismas son gestionadas por el sistema de alcantarillado.

Los residuos líquidos son muy comunes dentro de la industria textil, ya que abarcan a los principales contaminantes de aguas por uso de químicos líquidos o sólidos que hayan sido disueltos.

Se tiene conocimiento de los siguientes tipos de efluentes en la industria textil (Proaño, 2011)

- **Aguas residuales textiles.** Proviene del proceso de lavado y desinfección de las telas, las mismas son descartadas o procesadas de acuerdo con su concentración de químicos textiles, pero como no representan un peligro mayor, su gestión es limitada.

La gestión del manejo de los residuos sólidos en la gran mayoría de las ciudades del Ecuador es ineficiente, y no existe un concepto de integralidad y compatibilidad con los estándares mínimos necesarios para precautelar la salud y el ambiente. Diversos países están interesados en la creación de medidas que dan prioridad a la gestión de los residuos sólidos textiles, un ejemplo es el programa de acción medioambiental de la Unión Europea, las prioridades de prevenir, minimizar y reutilizar son las opciones más favorecedoras (Sánchez et al., 2021).

## Desfibrado textil

Consiste en triturar retazos de tela en unos muy pequeños hasta que se obtienen las fibras, mediante un sistema mecánico que transforma el desecho textil industrial a base de algodón u otras fibras nuevamente en materia prima. Es una de las técnicas de mayor éxito que contribuye a la conservación del medioambiente, ya que ciertos desechos textiles elaborados a base de po-

liéster tardan en descomponerse como 200 años o más, en otro caso tenemos la poliamida que tarda hasta 40 años. Es por eso por lo que el reciclaje de tejidos se convierte en algo de suma importancia (Lockuán, 2012).

El proceso de desfibrado textil está compuesto de los siguientes pasos (Sánchez et al., 2021):

- Recolección de tejidos. Residuos textiles (retazos y demás sobras) y piezas listas que servirán para el reciclaje.
- Separar las piezas. Todas las piezas se agrupan según las características: tipo de fibras, tipos de tejido, colores, tamaños, aprovechamiento, color, longitud, entre otras características.
- Trituración de los tejidos. Los tejidos separados y agrupados se triturarán en pedazos muy pequeños hasta que el resultado final sean las fibras.

Las características de colocación de las cuchillas en una desfibradora se definen en la separación de cuchilla a cuchilla, que deber ser de 8 milímetros y se ubicará de esta forma para un buen disgregado de la tela y evitar que se forme enredos y atracones. El costo de construcción de una desfibradora alcanza alrededor de los mil dólares, lo que se puede recuperar en un periodo corto de tiempo con la venta de las fibras, para utilizarlas como relleno de almohadas, peluches, cojines, colchonetas y otros artículos (Sánchez et al., 2021).

### Manejo de residuos textiles en botaderos

En los botaderos, la ropa se descompone lentamente y al no ser tratados liberan gases tóxicos como el metano. Para la gestión de estos residuos se separa en dos categorías: residuos industriales como telas, residuos generados

por retazos. Se utiliza la máquina desfibradora para procesar los desechos de tela o retazos, que son cortados y permiten la disgregación, es decir, separarlo en su totalidad (Sánchez et al., 2021).

### Economía circular

La base de la economía circular es transformar un recurso en producto y obtener un residuo que se transforme en recurso reciclado. De esta forma, la producción dejaría de ser lineal y pasaría a ser circular. El concepto clave es la intención de generar menos residuos y que a los que se produzcan se les dé un nuevo uso, transformándolos en nuevos recursos, esta vez, reciclados.

En el mercado textil, implantar una economía circular requiere una organiza-

ción basada en tecnologías innovadoras y métodos de producción más novedosos, pero también es necesario un cambio en las políticas y la sociedad para completar el proceso con éxito, como se observa en la Figura 2. Existen varios ejemplos de empresas que trabajan por aplicar la circularidad en sus procesos de producción o que ayudan a conseguirla y realizan acciones para poner en marcha un desarrollo sostenible dentro de la industria del tejido (CEREM, 2019).

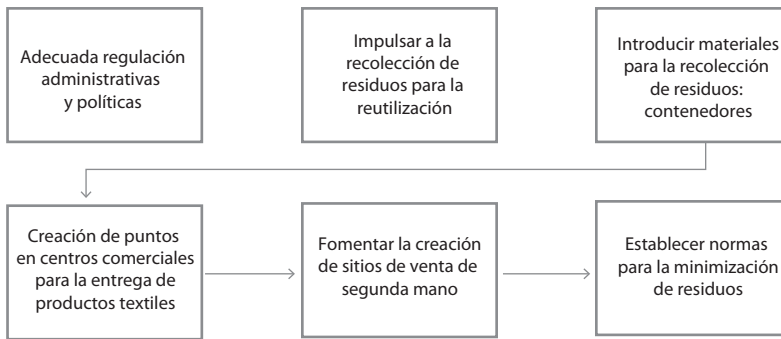
## Reciclaje de los residuos textiles

A través de varias acciones se puede fomentar el reciclado como, por ejemplo, impulsando oficios tradicionales como zapatero o modista, para incentivar los arreglos en el calzado y la ropa

y poder alargar su vida útil. También pueden ayudar al reciclado medidas de apoyo como la apertura de tiendas dedicadas a la venta de ropa, en este caso, de segunda mano (ver figura 2).

**Figura 2**

*Estrategias para la economía circular*



Otra iniciativa que puede llevarse a cabo y que contribuiría al reciclado de material textil es incrementar el número de puntos limpios y contenedores específicos. Estos complementarían la recogida que realizan entidades sin ánimo de lucro, parroquias y organizaciones no gubernamentales. Para incluir en el reciclado el ecodiseño deben promoverse proyectos de investigación para crear técnicas innovadoras con el fin de fabricar tejidos reciclables que puedan ser sostenibles. Se deben buscar alternativas a los agentes químicos que contienen algunos de los tejidos y que deben ser progresivamente eliminados para obtener una producción respetuosa con el planeta (CEREM, 2019).

Según un estudio realizado por Moltó (2007), en la descomposición térmica

de los residuos textiles de algodón, los compuestos que presentan mayores rendimientos son, además del  $\text{CO}_2$  y  $\text{CO}$ , el metano, eteno, benceno, naftaleno, acenaftileno y estireno. Los compuestos mayoritarios obtenidos en la pirólisis y combustión de los residuos de poliéster, además del  $\text{CO}_2$  y  $\text{CO}$ , fueron el benceno, acetofenona, naftaleno, bifenilo y fenantreno.

En un gran horno con capacidad para procesar 500 kilos de carga de desechos por hora, y que puede manejar temperaturas de entre  $800\text{ }^\circ\text{C}$  y  $1200\text{ }^\circ\text{C}$  se encarga de destruir telas tinturadas enviadas por empresas que pertenecen a la Asociación de Industriales Textiles del Ecuador (AITE). Xavier Díaz, presidente de AITE, se-

ñaló que de la industria textil salen productos químicos caducados, desechos sólidos, pigmentos, colorantes, tintas, envases contaminados, aceites minerales y hasta luminarias fluorescentes que deben ser tratadas de forma apropiada. Entre las empresas que participan del convenio están Sintofil, Textil San Pedro, Enkador, Fibran, Textiles Texsa, Francelana, Delltex, y otras (El Universo, 2018).

Como en cualquier otro tipo de residuos, prevenir la generación de residuos textiles es prioritario frente a otro tipo de opciones de gestión. El primer paso para evitar que se generen este tipo de residuos es realizar un consumo y uso responsable. Además de minimizar su compra, adquirir productos que no pasen de moda y sean duraderos, y alargar la vida útil de la prenda, siguiendo las indicaciones de lavado, planchado y tendido. Cuando ya no se necesiten o quieran los productos textiles, la mejor alternativa es darles un segundo uso de forma directa, prestándolos o regalándolos. Si la prenda es inservible puede tener otros usos como trapos de cocina o trapos de limpieza (Gobierno de Aragón, 2023).

La valorización energética de residuos consiste en la obtención de energía a partir de su combustión para obtener vapor de agua, que a su vez se utiliza para generar energía eléctrica, mediante sistemas de cogeneración. Dentro de la Unión Europea la aceptación social del empleo de residuos como combustible alternativo a los combustibles tradicionales es muy desigual, así, por ejemplo, en Suiza, Francia y Austria el uso de residuos como combustible representa alrededor del 30 % del consumo calorífico total, mientras que en España y Portugal solo supone el 1 %. En los últimos años, se ha observado un incremento en el consumo de prendas textiles procedentes de países asiáticos, principalmente China, caracterizadas por su bajo precio, pero también menor calidad. Esto, unido a los hábitos consumistas de nuestra sociedad actual, en la que las modas y las tendencias cambian a un ritmo frenético, podría provocar que en los próximos años aumentara el porcentaje de residuos textiles generados a nivel doméstico (Moltó, 2007).

## Conclusiones

Se debería construir en los centros de gestión ambiental, máquinas desfibradoras que contribuirían a disminuir la cantidad de desechos que se producen en el Distrito Metropolitano de Quito, ya que se puede afirmar que en dos meses se llenaría un lugar como el Estadio Olímpico Atahualpa, con residuos

textiles, lo que hace visualizar la gran contaminación ambiental.

En Europa se ha establecido que, antes de 2025, todos los países de la Unión Europea deberán tener establecidos sistemas de recogida selectiva para la reutilización o reciclaje de los residuos

textiles. No se contempla la incineración ni el depósito en vertedero.

El consumo de productos textiles viene marcado por la renta per cápita de los países, así los países más desarrollados del mundo son los que concentran la mayor parte del consumo textil. Estados Unidos, Japón y la Unión Europea, con un 13 % de la población mundial, son responsables del 40 % de dicho consumo. En Europa se consumen 22 kg de fibras textiles por habitante y año, frente a los 7 kg de China.

Mediante la determinación de distintas propiedades como el análisis elemental, el poder calorífico inferior, la composición química elemental, el contenido en cenizas y los haluros orgánicos extraíbles, se han caracterizado los residuos textiles de algodón y poliéster y se ha demostrado que estos, desde el punto de vista de las características físico-químicas necesarias, podrían ser tratados en instalaciones de reciclado térmico de residuos.

### Referencias bibliográficas

- AITE. (s. f.). *Historia y actualidad*. <https://n9.cl/484mp/>
- CEREM. (2019). *La segunda vida de los textiles*. <https://acortar.link/TGdKSW/>
- El Universo. (2018). *Quince empresas textiles firmaron un acuerdo para tratar desechos en Ecuador*. El Universo. <https://acortar.link/TGdKSW/>
- Escobar, D., & Montesinos, J. (2013). *Propuesta de contabilidad en la Granja Durán ubicada en la provincia del Azuay*. [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana. <https://acortar.link/ytPBEx/>
- Gobierno de Aragón. (2023). *Gestión de residuos textiles*. <https://acortar.link/ljJWwW/>
- Lobo N. (2019). *La moda sostenible: más allá de la próxima temporada*. <https://acortar.link/TGdKSW/>
- Lockuán, E. (2012). *La industria textil y su control de calidad II: Fibras textiles*. <https://acortar.link/AMTAud/>
- Moltó, J. (2007). *Resumen de descomposición térmica de residuos textiles: estudio cinético y formación de contaminantes*. <https://n9.cl/1scar/>
- Proaño, M. (2011). *Diseño de celdas de manufactura y propuesta de balanceo de línea en la empresa Trapitos*. [Tesis de grado]. Universidad de Azuay. <https://acortar.link/KfEgQS/>
- Quintero, D. (2022). *Aporte a la economía circular de la industria de la moda en Colombia*. [Tesis de pregrado]. Universidad de los Andes, Departamento Ingeniería Civil y Ambiental. <https://acortar.link/TZGV8O>
- Rodes, A. (2021). *Reciclaje textil*. *Revista AITEX*, 66, 22. <https://n9.cl/z6ktj/>
- Sánchez, E., Oviedo, N., Banda, L., Guerra, K., Burbano, Á., & Godoy, D. (2021). *Transformación de residuos textiles en fibras, mediante la construcción de una máquina desfibadora de tejidos textiles*. *Ecuadorian Science Journal*, 5(3), 73–83. <https://n9.cl/erlvxk/>
- Suárez, B. (2021). *Integración de la economía circular en el marco del desarrollo sostenible: Marco teórico e implementación práctica*. [Tesis doctoral]. Universidad de Vigo.



# Trampa de niebla como alternativa para obtener agua potable

---

Águeda Fernanda Ramírez Castro  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-0385-6373>

Joshua Alvear Benavides  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <http://orcid.org/0009-0003-1167-4158>

Jhalmmar Stalin Camacho-Morán  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <http://orcid.org/0009-0004-5665-0616>

Juan Fernando Jurado Cobo  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <http://orcid.org/0009-0007-3295-9688>

José Alejandro Cabrera Mosquera  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <http://orcid.org/0009-0001-9418-0676>

Diego Gómez  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <http://orcid.org/0009-0005-6296-1231>

## Introducción

Las trampas de niebla son una tecnología innovadora que crea condiciones climáticas artificiales en áreas específicas. Este sofisticado dispositivo utiliza sistemas de enfriamiento y nebulizado para producir nieblas densas y frías que se pueden controlar de acuerdo con las necesidades del usuario.

La existencia del agua y su recolección es vital para los seres vivos. Sin esta, no existiría vida. Con el transcurso

del tiempo, dicha necesidad ha causado que el hombre encuentre varias formas de obtener agua, entre ellas la recolección de agua procedente de la niebla. Como ejemplo, en las islas Canarias se ha realizado esta práctica desde hace aproximadamente 2000 años (Cereceda et al., 2014).

Estas tienen una amplia variedad de aplicaciones, desde industriales hasta recreativas y artísticas. En la industria se

usa para simular condiciones climáticas extremas y probar la resistencia de varios materiales y estructuras. Así mismo, se utiliza como entretenimiento para crear impresionantes efectos visuales en producciones teatrales y eventos especiales.

En un principio, seguramente, se comenzó por la recolección de agua en los bosques de niebla. Sin embargo, en dependencia de las condiciones ambientales, se ha ido adaptando metodologías similares para la recolección a lo largo de los años. Actualmente, también se utilizan en zonas áridas y costeras, principalmente las técnicas de redes.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2015) garantiza el derecho humano al agua, así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación y restauración de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *Sumak Kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.

Desde una perspectiva a nivel nacional-rural, Ecuador en las zonas rurales habitadas se han visto afectadas por la problemática acerca del abastecimiento de agua. La tecnología de captación de agua de niebla, conocida también como atrapanieblas, permite la obtención de una fuente adicional de agua, de forma sostenible, y con un elevado potencial de autoconstrucción y autogestión (Pascual et al., 2011).

En el presente documento se busca proponer la trampa de nieblas como una nueva opción al pueblo ecuatoriano que vaya a proveer de agua a áreas donde su disposición es escasa, pero que abunde en neblina y/o nubes, o incluso hasta bruma marina para su recolección eficiente.

Se encontrará en el documento los detalles de la metodología, gráficos con predicciones de humedad en la Sierra, resultados de los experimentos por medio del uso de un prototipo. Así mismo, el diseño de cómo sería la construcción de la trampa de agua y la proposición de un circuito de censado de humedad para poder medir el porcentaje de humedad.

## Desarrollo

Los ensayos necesarios para el desarrollo de esta investigación se llevaron a cabo de forma experimental en el lugar de afectación y estudio, construyendo así un pequeño prototipo de trampa para niebla.

Una de las características más destacadas de Mist Trap es su capacidad para crear una sensación de misterio y

belleza en su entorno. Una densa niebla puede cubrir el área, dándole una apariencia mística y mágica. Esta cualidad lo convierte en una herramienta muy popular en fotografía y cine, debido a que se puede agregar un elemento de dramatismo y encanto a sus imágenes.

Además de sus beneficios estéticos, las trampas de niebla también son

prácticas en agricultura y horticultura. La niebla que produce este dispositivo a regular la temperatura y la humedad en invernaderos y viveros, creando las condiciones ideales para el crecimiento de plantas específicas.

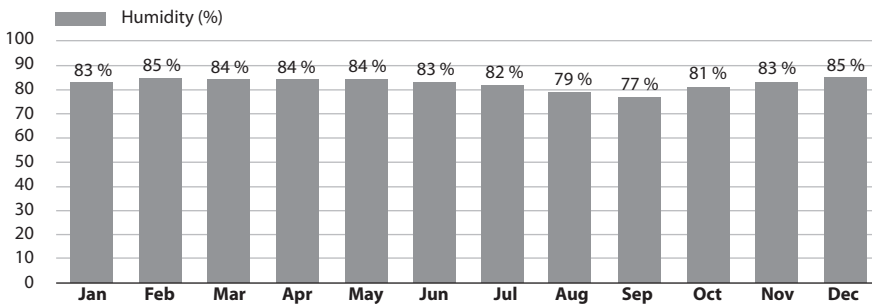
Una trampa de niebla es un dispositivo diseñado para condensar y atrapar moléculas de agua suspendidas en la niebla. Consiste en una estructura de celosía o malla fina que atrapa las partículas suspendidas en la niebla que pasan a través de ella y obligando a precipitar. A medida que el agua se condensa en la malla, las gotas son canalizadas a un contenedor para su posterior almacenamiento y uso.

Esta técnica es particularmente efectiva en áreas con niebla frecuente y alta humedad relativa como las zonas costeras y montañosas. Además, las trampas de niebla pueden desempeñar un papel importante en la captura de agua en áreas con recursos hídricos limitados o inaccesibles.

Se procedió a tomar datos meteorológicos sobre la humedad y temperatura de la Región Interandina del Ecuador, con el fin de evaluar la zona seleccionada para asentar la red, siendo esta la provincia de Cotopaxi, ciudad Salcedo, parroquia Mulliquindil. (Ver figuras 1 y 2)

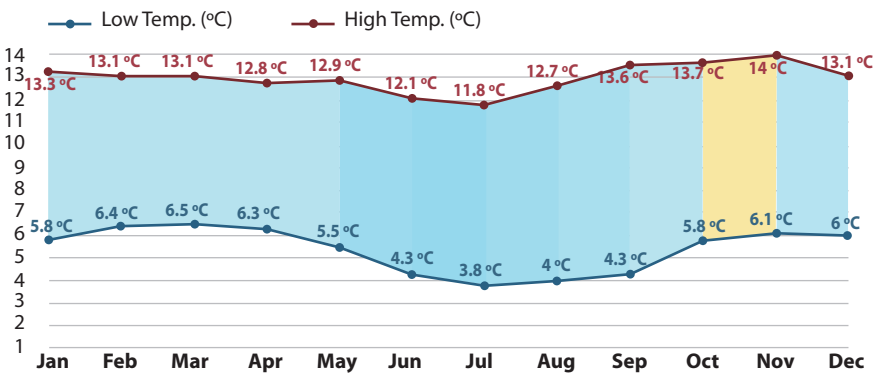
**Figura 1**

*Predicciones de humedad en el Ecuador, Región Interandina*



**Figura 2**

*Predicciones de temperatura en el Ecuador en la Sierra*

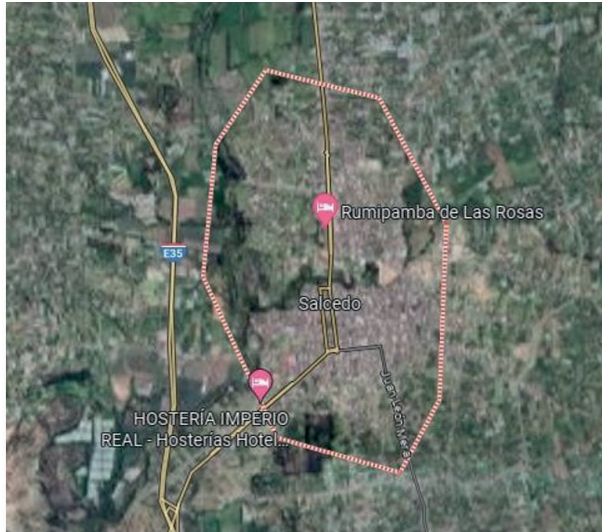


Se efectuó un levantamiento de información con el objetivo de encontrar la ubicación de mayor impacto dentro

del cantón. Este experimento se ejecutó dentro un área de aproximada a una hectárea en la zona rural (figura 3).

### Figura 3

*Ecuador, provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo*

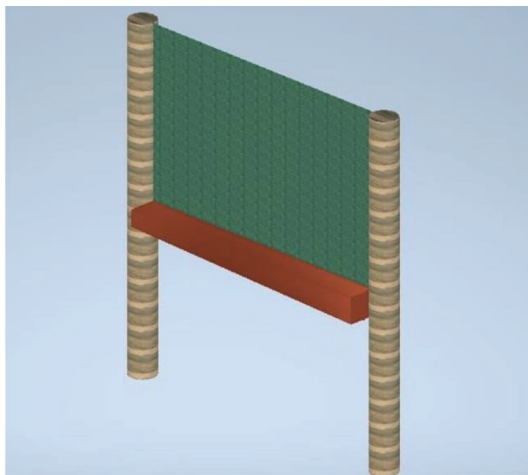


Selección de materiales reciclables para la malla y soportes que cumplan con las condiciones necesarias para las

pruebas de recolección, según la estructura propuesta en la figura 4.

### Figura 4

*Diseño de trampa para nieblas realizado en Inventor*



En las figuras 5 y 6 se puede apreciar el prototipo construido e instalado en la zona de estudio desde dos frentes diferentes.

**Figura 5**

*Trampa para niebla realizada con materiales reciclables, tamaño 1 m × 1 m, tomado de costado*



**Figura 6**

*Trampa para niebla de frente*

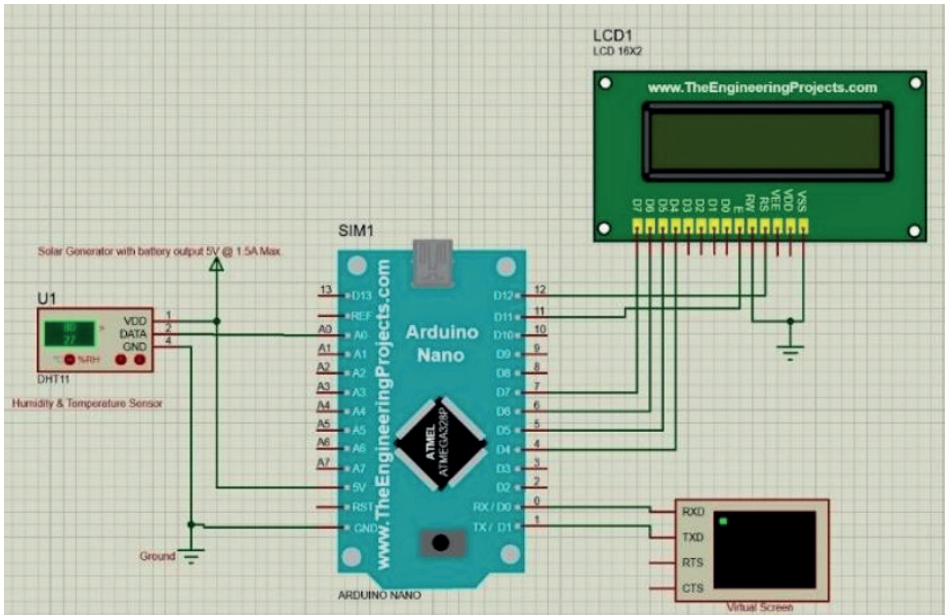


En la figura 7 se propone un diseño de un circuito de monitoreo de propósito general para censado de humedad y temperatura de fácil

adquisición e implementación. Los cuales fueron Arduino nano, DHT11, LCD 16×2, un generador solar de 5 V a 1.5 A

**Figura 7**

*Elementos básicos para circuito de censado: DHT11, Arduino nano, LCD 16×2*



- Implementación de la trampa para niebla en varias locaciones dentro del área definida en Salcedo.
- Proceso de espera para resultados para que la trampa para niebla efectúe su propósito.
- Evaluación de resultados con un intervalo de 4 días tomando en cuenta las variaciones climáticas del sector.

Después de pocas semanas de prueba en el cantón Salcedo, se obtuvieron los siguientes resultados de las pruebas realizadas con el prototipo inicial de la trampa para niebla:

En el lapso de 4 días se logró recolectar un total de 9 litros. Lo que indica que en promedio se logró reunir 2.25 litros por día (figura 8).

**Figura 8**

Resultado de los 4 primeros días de recolección de agua



Los resultados se encuentran tabulados en la tabla 1.

**Tabla 1**

Resultados obtenidos de los primeros 4 días de experimentación

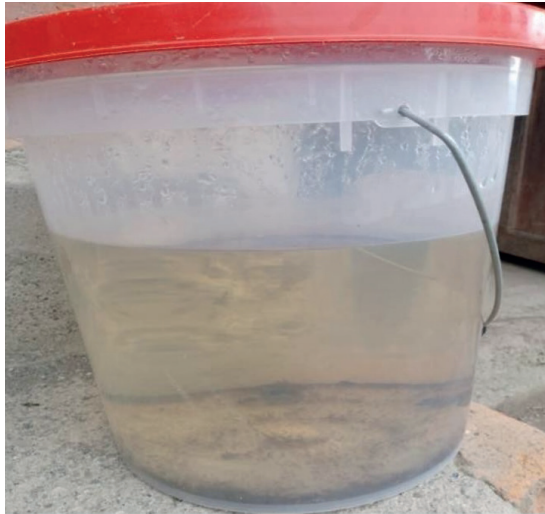
Día	Volumen (L)
1	2,2
2	4,5
3	6,75
4	9

Los resultados luego de 3 días más se logró recolectar un total de 15 litros, se deduce que las temperaturas en los

días 5, 6 y 7 fueron más bajas, lo que deriva en una mayor recolección en menor tiempo (figura 9).

**Figura 9**

*Resultado de los días posteriores de recolección de la trampa de niebla*



Los resultados se encuentran tabulados en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Resultados obtenidos de los siguientes 3 días de experimentación*

Día	Volumen (L)
5	11,3
6	13,5
7	15

## Conclusiones

Durante la fase de pruebas, cada semana se realizaron evaluaciones de estado de la red o malla. Se vio que el material utilizado, en este caso el polipropileno, es apto para la recolección de agua; sin embargo, debido a las condiciones climatológicas pasó de tener un buen índice hidrofílico a hidrofóbico, lo que derivaba en pérdida del líquido a consecuencia de la

evaporación del agua por la incidencia de los rayos solares.

Otra observación fue que durante las siguientes semanas se intensificó la época invernal del país, presentándose en la zona continuas precipitaciones, lo que generó afectaciones a las mediciones, esto llevó a interrumpir el experimento, ya que bajo dichas condiciones no se podría proseguir con las mediciones de recolección.



## Referencias bibliográficas

- Álvarez Castro, C. (2023). ¿Qué es la niebla y cómo se forma? *El País*. <https://n9.cl/mh2d16/>
- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución del Ecuador*. <https://acortar.link/KTgFc/>
- Cuenca, G. M. (s. f.). “*Acuerdo Parque Nacional Cajas*”. <https://acortar.link/IH8cKy/>
- Cereceda, P, Hernández, P, Leiva, J., & Rivera, J. (eds.). (2014). *Agua de Niebla*. <https://n9.cl/h8hpu/>
- Diario de Mallorca. (2013). *¿Qué es agua de niebla?* Universidad de Córdoba. <https://n9.cl/p4cvax/>
- Villarroel, G. (2009). *Atrapanieblas: de Chile para el mundo*. BBC News Mundo. <https://acortar.link/Wqebme/>
- Ministerio de Salud del Ecuador. (2006). *Ley Orgánica de Salud*. <https://n9.cl/4kfc/>
- PUCP. (2013). *La neblina puede convertirse en una fuente de agua*. Cambios de Clima. <https://n9.cl/q6n915/>
- Ropero, S. (21 de agosto de 2020). *Clima ecuatorial: qué es, características, flora y fauna*. Ecología Verde. <https://n9.cl/tgeah4/>
- DSky, W. L. (s. f.). *El clima en Salcedo, Ecuador*. <https://acortar.link/eWCh09/>
- Vegas, J. (2021). *Cómo capturar agua de la niebla y abastecer agua contra la sequía*. Clima Argentina. <https://n9.cl/sb8lr/>

# Efectos de la minería en América del Sur y un enfoque socioambiental para Ecuador

---

Francisco Xavier Cordero Tibán  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-6962-462X>

Carlos Andrés Ulloa Vaca  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-0757-7896X>

## Introducción

La geología de América Latina favoreció la formación de una gran variedad de acopios minerales, por lo tanto, la explotación minera se volvió sumamente importante para el abastecimiento de materias primas, utilizándolas en la adecuación vial, infraestructura de viviendas e industria local. América Latina, en los inicios del siglo XXI, apostó por extraer los recursos naturales para poder seguir siendo el mayor proveedor de materias primas en la globalización (Gudynas, 2018).

Actualmente, se destaca el valor de la industria minera a nivel económico para cada país, pero al encontrarnos con el tema socioambiental, no existen numerosas fuentes que puedan dar un amplio criterio del tema sin llegar a conflictos en el progreso del sector minero y la economía de los países sudamericanos (Viana Ríos, 2018).

La minería ocasiona el despojo de tierras y recursos a las poblaciones asentadas en los diferentes territorios que implican conflictos socioambientales. A diferencia con América del Sur, Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea no tienen la legislación ambiental como literatura gris, sino que más bien son muy estrictos en evaluar el cumplimiento, y no permiten la minería destructiva y ningún tipo de derrame de lixiviados o químicos que genera la industria minera (Viana Ríos, 2018).

En la última década, se ha evidenciado que, a causa de la minería, grandes extensiones territoriales de los países de América del Sur han sufrido devastaciones medioambientales, ya sean estas por el desalojo de comunidades, fauna, flora e inclusive una pérdida total de la calidad de suelo, aire y agua, una destrucción irreversible.

Esta gran devastación puede ser combatida, no por estas grandes empresas que su prioridad es el desarrollo de la economía, sino por la gran calidad de personas que conforman la primera línea de defensa contra el colapso del medioambiente, también llamados *activistas*. Estos actores, tanto sociales como ambientales, tienen un papel muy importante en la protección del ambiente, sin embargo, muchas de ellos han perdido la vida en esta lucha ambiental.

La doctora Vandana Shiva, activista e influyente científica, menciona que alrededor del mundo mueren tres personas

por semana, principalmente activistas que luchan todos los días por proteger su hogar (la Tierra) de las fuerzas extractivistas que cada vez están destruyendo y acabando con el equilibrio de nuestro planeta (Hines, 2022).

Dentro de los países que encabezan la lista de proyectos mineros en América del Sur están Chile, Perú, Argentina, Brasil y Colombia, los cuales han sufrido incidentes a causa de la falta de gestión de riesgos en el área ambiental o desacuerdos entre el Gobierno, las empresas que dirigen los proyectos mineros y la población aledaña a estos.

## Metodología

Este trabajo se enfocó en la búsqueda de información sobre conflictos ambientales sucedidos y publicados de los trece países que conforman América del Sur. Se realizó un análisis general de la minería en esta parte del mundo, seguido por una sistematización de información relativa a los últimos cinco años.

Se enfatizó en los artículos, revistas, noticias y sitios web, entre el periodo de 2018-2023, y se descartó cualquier tipo de información de fuentes anteriores al 2018.

Se obtuvo información de datos estadísticos en páginas web de los Gobiernos sudamericanos sobre de la influencia de la minería, conflictos y el número de activistas fallecidos, los cuales se reorganizaron en tablas y mapas, para una mejor percepción de dicha información.

Se utilizó la base de datos del Observatorio de Conflictos Mineros de Amé-

rica Latina (OCMAL) que permitió categorizar a los países según la cantidad de conflictos socioambientales que estos generan a partir de la minería. Además, se investigaron los casos socioambientales controversiales de cada país. Asimismo, se realizó una sistematización con los datos de los cuales se generó una tabla del área total del país en estudio *vs.* el área afectada por la industria minera.

Mediante datos obtenidos del estudio de Estupiñán et al. (2021), se organizó la información y se presentó en un mapa la cantidad de concesiones mineras y la extensión que ocupan actualmente en el Ecuador, dando énfasis a las provincias con más riqueza de flora y fauna afectada por la industria minera.

Finalmente, se recopiló información de la Organización Global Witness, del

número de muertes de los activistas, ocasionados por la lucha en contra del aprovechamiento y destrucción de recursos naturales debido a la industria minera.

## Resultados y discusión

En cuanto a los conflictos socioambientales ocasionados por la minería dentro de los países de América del Sur, se obtuvo el mapa informativo (figura 1). Este permite conocer que Chile y Perú son los países con mayor cantidad de conflictos mineros con respecto a temas ambientales.

Argentina, Brasil y Colombia mantienen un nivel medio en cuanto al número de conflictos que les genera su actividad minera (ver tabla 1).

Mientras que en Ecuador existen nueve conflictos que están ligados mayormente a denuncias de la población aledaña hacia las concesiones mineras.

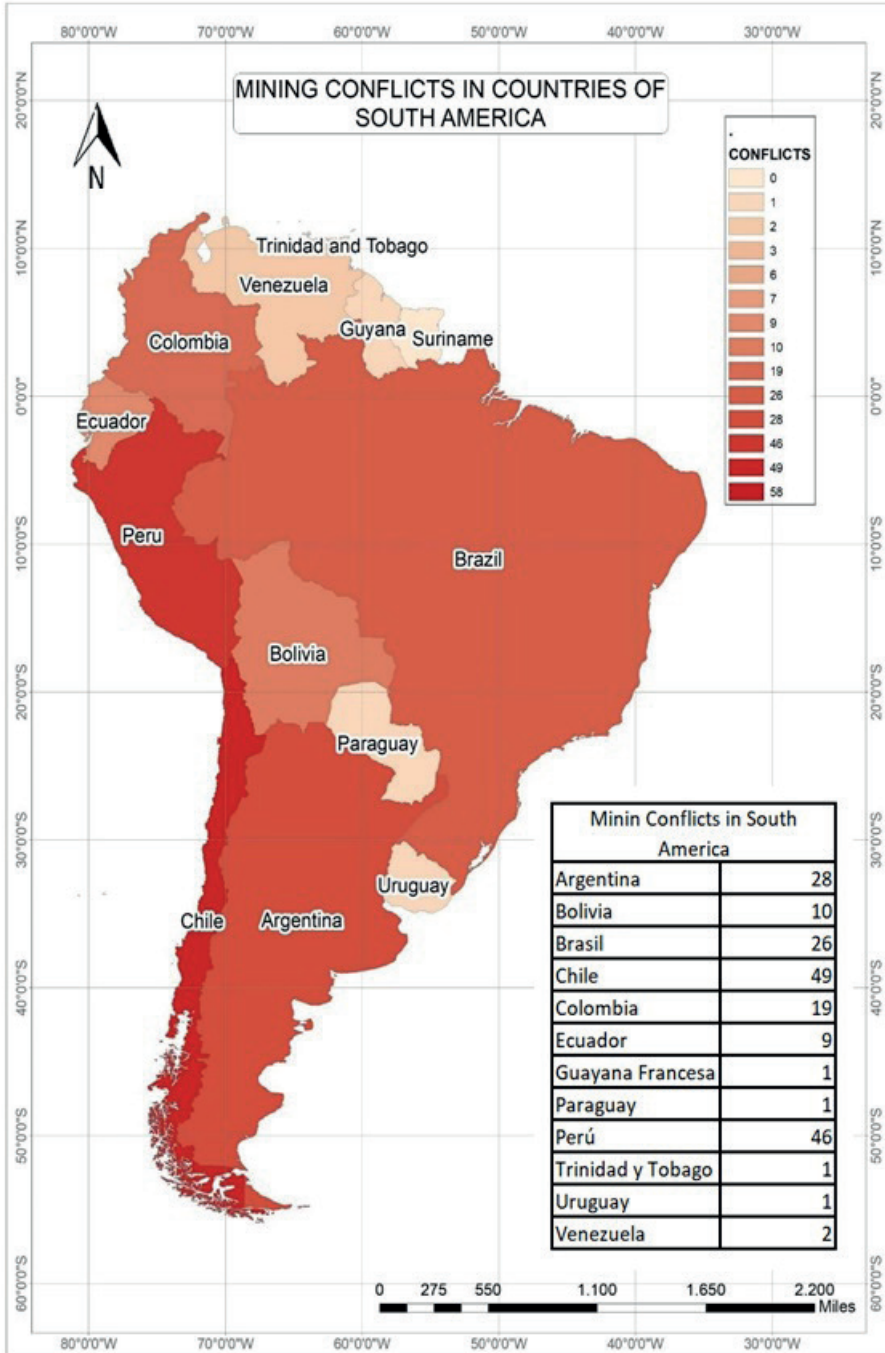
**Tabla 1**  
*Área afectada vs. superficie total*

País	Área afectada	Área total	Porcentajes de afectación
Argentina	600 000 km <sup>2</sup>	2 780 000 km <sup>2</sup>	21 %
Bolivia	-	1 099 000 km <sup>2</sup>	-
Brasil	-	8 510 000 km <sup>2</sup>	-
Chile	377 000 km <sup>2</sup>	756 102 km <sup>2</sup>	49 %
Colombia	57 000 km <sup>2</sup>	1 139 000 km <sup>2</sup>	5 %
Ecuador	40 000 km <sup>2</sup>	283 561 km <sup>2</sup>	14 %
Paraguay	-	406 752 km <sup>2</sup>	-
Perú	190 000 km <sup>2</sup>	1 285 000 km <sup>2</sup>	14 %
Uruguay	4000 km <sup>2</sup>	176 215 km <sup>2</sup>	2 %
Venezuela	111 843 km <sup>2</sup>	912 050 km <sup>2</sup>	12 %

Se puede observar en la tabla 1, que, dentro de los países en estudio, el área afectada vs. el área total es del 10 % al 15 %. Comparando estos datos con

la figura 1 se tiene que no existe una relación directa entre los conflictos socioambientales, el área afectada y el área total del país.

**Figura 1**  
*Conflictos mineros en los países sudamericanos*



Según la información analizada, y ponderando las extensiones afectadas con el total de la extensión territorial de cada país, se evidencia, por ejemplo, que el área afectada de Chile corresponde a una mayor área que del Perú; además, existe mayor número de conflictos socioambientales dentro de Chile.

Ecuador, a pesar de su extensión territorial, no está exento a que se produzca conflictos socioambientales, ya que se evidencia el incremento del área afectada dentro del territorio de concesiones mineras.

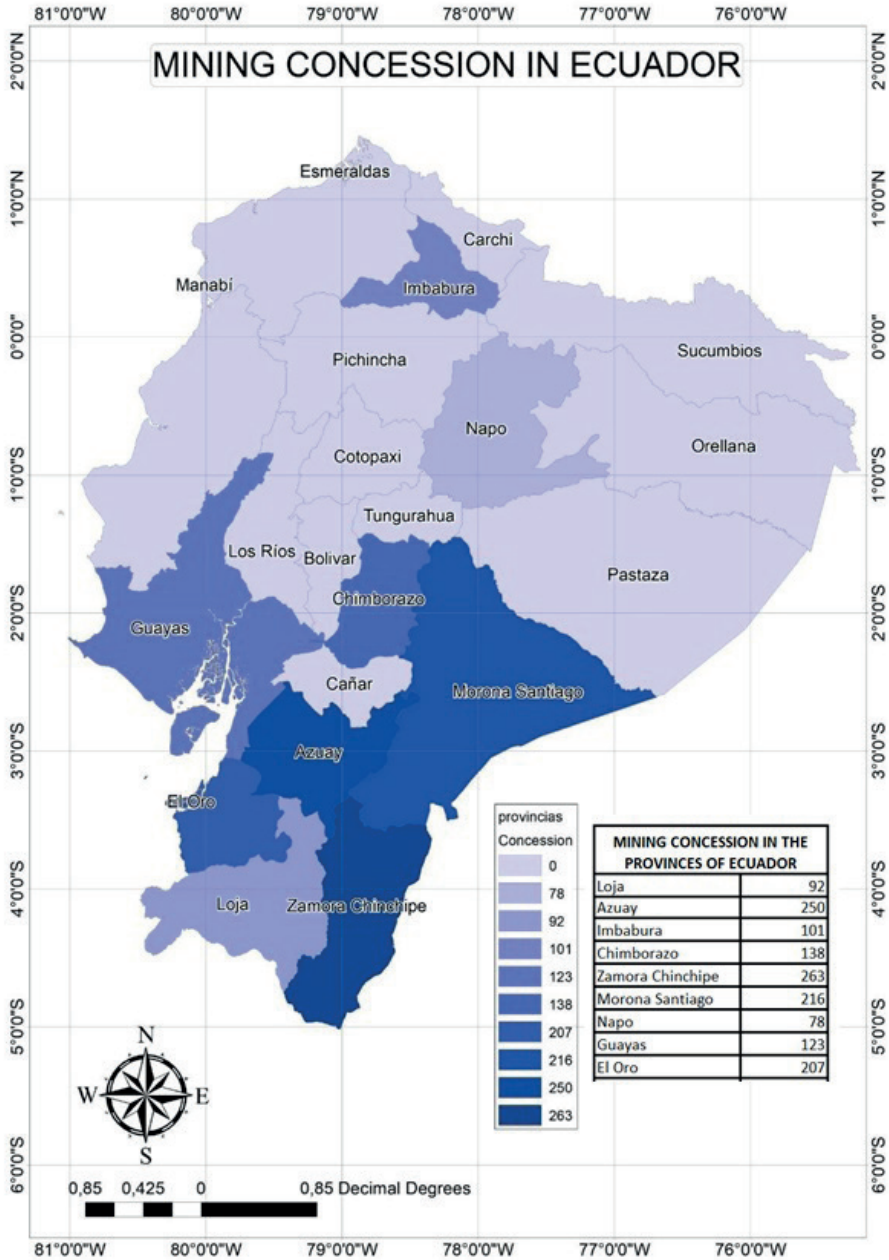
**Tabla 2**  
*Concesiones mineras vs. superficie total*

Ciudades	Concesiones mineras	Superficie total
Zamora	263	10,584 km <sup>2</sup>
Machala	207	66,5 km <sup>2</sup>
Loja	92	11,66 km <sup>2</sup>
Cuenca	250	70,59 km <sup>2</sup>
Guayaquil	123	344,5 km <sup>2</sup>
Ibarra	101	242 km <sup>2</sup>
Macas	216	53,33 km <sup>2</sup>
Riobamba	138	59,05 km <sup>2</sup>
Tena	78	261,9 km <sup>2</sup>

En la tabla 2 y figura 2 se puede observar, de la misma manera, que existe mayor número de concesiones mineras en las provincias de menor superficie total, por ende, Ecuador está sujeto a generar mayor número de conflictos socioambientales en provincias con menor extensión territorial y falta de gestión de riesgo dentro de la minería.

Se infiere que las pérdidas de fauna y flora nativas son mayores en provincias con menor extensión territorial, por la clara evidencia del mayor número de concesiones que se tiene en dichas provincias, y la falta de regulación ambiental por parte de los Gobiernos Autónomos Descentralizado (GAD) provinciales y la ARCOM (Agencia de Regulación y Control Minero).

**Figura 2**  
*Concesiones mineras en Ecuador por provincia*



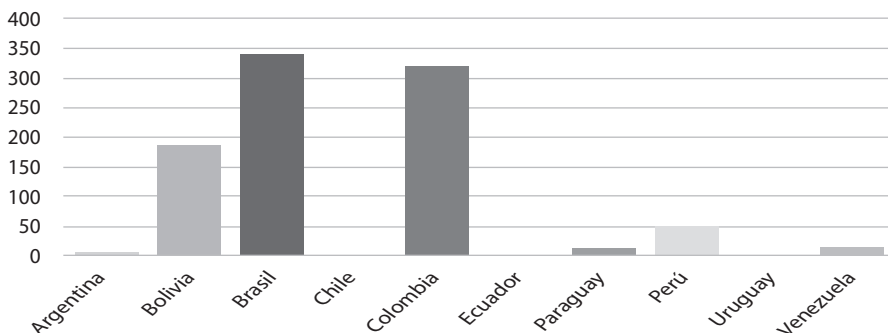
En cuanto al porcentaje de minería legal e ilegal únicamente relacionada con el oro, se puede apreciar que en los países como Chile, Perú y Argentina predomina la minería legal, sin embargo, son los países con el mayor número de conflictos socioambientales. Si los territorios de estos países, a pesar de ser regulados y con una minería ilegal casi inexistente, producen este tipo de

conflictos, nos hace pensar en la gran cantidad de problemas que genera y generará la minería ilegal en los demás países, como es el caso en Ecuador. Por el alto porcentaje de territorio minero ilegal, podemos inferir que para el futuro originará mayor número de conflictos socioambientales por falta de regulación en este territorio (tabla 3).

**Tabla 3**  
*Minería aurífera legal e ilegal (estudios del 2019)*

País	Minería legal	Minería ilegal
Argentina	95 %	5 %
Bolivia	20 %	60 % - 80 %
Brasil	60 %	30 % - %
Chile	98 %	1 %
Colombia	20 %	70 % - 80 %
Ecuador	20 %	60 % - 80 %
Paraguay	99 %	Casi inexistente
Perú	70 %	20 % - 30 %
Uruguay	99 %	Prácticamente inexistente
Venezuela	20 %	70 % - 80 %
Argentina	95 %	5 %

**Figura 3**  
*Muertes de activistas atribuidas a su gestión*





En la figura 3 se puede observar que Brasil y Colombia tienen un mayor índice de mortalidad de activistas a causa de la minería, y esto tiene que ver una relación directa con la superficie que ocupa las concesio-

nes mineras. Estos grupos activistas están conformados mayormente por personas nativas de la zona a la cual se afecta; las muertes a causa de esta lucha se deben al descontento de las industrias mineras.

## Conclusiones

Perú, Chile, Argentina, Brasil y Colombia se caracterizan por tener un gran número de conflictos socioambientales en relación con el resto de países de América del Sur. Tener una mayor superficie territorial no garantiza tener mayor área de afectación ambiental, al contrario, países como Chile se han visto afectados en mayor proporción por la falta de regulación hacia las concesiones mineras.

En Ecuador se debe tomar en cuenta que la falta de regulación a la minería ilegal podría provocar graves afectaciones al ambiente y a la relación social con la población que habita cerca de estos procesos mineros.

Se debería controlar la entrada de nuevas concesiones mineras y los permisos de funcionamiento, para evitar catástrofes como la ocurrida en Chile, la cual se puso en marcha con permisos modificados y solo en la etapa de construcción se hizo evidente la falta de planes de manejo ambiental, dañando irrecuperablemente parte del ecosistema.

En conclusión, el Ecuador debería tomar como ejemplo los sucesos ocurridos en los diferentes países sudamericanos para que, de alguna manera, se evite que ocurran mayores inconvenientes con las concesiones mineras, evitando así problemas ambientales y sociales, además de una pérdida irrecuperable del medioambiente.

## Referencias bibliográficas

- Estupiñán, R., Romero, P., García, M., Garcés, D. y Valverde, P. (2021). La minería en Ecuador. Pasado, presente y futuro. *ESPOL*, 132(4), 533-549.
- Gudynas, E. (2018). Extractivismos: el concepto, sus expresiones y sus múltiples violencias. *PAPALES*, 143, 61-70. <https://n9.cl/hpsof/>
- Hines, A. (2022). *Una década de resistencia. Diez años informando sobre el activismo por la tierra y el medio ambiente alrededor del mundo*. Global Witness. <https://n9.cl/t2nxwr/>
- OCMAL. (n. d.). *Conflictos mineros en América Latina*. <https://n9.cl/pacur/>
- Schorr, B. (2018). Oportunidades desiguales: empresas y Estado en conflictos sobre la minería en Chile. *Estudios atacameños*, (57), 239-255. <https://n9.cl/eu1a4/>
- Viana Ríos, R. (2018). Minería en América Latina y El Caribe. Un enfoque socioambiental. *UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 617-637. <https://n9.cl/kvtrq/>

# Microplásticos en ecosistemas marinos

---

Jhon Jairo Cadena Toledo  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-3116-7033>

Carlos Andrés Ulloa Vaca  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-0757-7896>

## Introducción

Con el pasar de los años, la producción de plásticos aumenta en forma constante, lo que ha provocado un incremento en la aparición de microplásticos. En 1950 se generaron 1,5 millones de toneladas, sin embargo, en 2020 se alcanzó a 370 millones de toneladas. El crecimiento exagerado junto con la mala gestión de residuos ha llevado a una proliferación de plásticos en el entorno natural y, por lo tanto, de microplásticos (Silva et al., 2022).

Los microplásticos son el resultado de la degradación de los plásticos debido a factores ambientales como la luz solar y la temperatura, de acuerdo con las propiedades de los polímeros (Auta et al., 2017). La principal causa para que exista desgaste del plástico es la presencia de radiación ultravioleta, lo que produce degradación oxidativa. En el proceso de degradación los plásticos se debilitan y se decoloran, lo que lleva que cualquier tipo de fuerza, ya sea antropogénica o natural, forme pequeños

fragmentos de los mismos. Lo que provocará que se extienda por mayor área de superficie y que aumente el número de partículas en la atmósfera (Academia Mexicana de Ciencias, 2022).

Los microplásticos son pequeñas partículas que alcanzan hasta los 5 mm de tamaño, tienen distintas formas, densidades y estructuras químicas (Auta et al., 2018); pueden clasificarse en primarios y secundarios. Los primarios son elaborados de diferentes productos domésticos e industriales, y los secundarios se originan de la desintegración de productos plásticos de mayor tamaño (Arthur et al., 2009).

En los ecosistemas acuáticos, los polímeros sintéticos más comunes de los microplásticos son el polipropileno (PP), el polietileno (PE), el poliestireno (PS), el cloruro de polivinilo (PVC) y el tereftalato de polietileno (PET); estos están alcanzando altas concentraciones que pueden afectar negativamente a la vida acuática (Rocha-Santos y Duarte, 2015). Los microplásticos se introducen al ecosistema

acuático a través de actividades humanas como la pesca, la producción acuícola, turismo, sistema de aguas residuales, entre otros (Duis & Coors, 2016).

Los microplásticos son distribuidos y acumulados en áreas marinas diversas debido a las diferentes propiedades físico-químicas y los factores hidrodinámicos que contribuyen en la transportación (Rocha-Santos y Duarte, 2015), desde zonas intermareales hasta las profundidades del océano y las regiones polares. Al ser resistentes a la biodegradación, pueden permanecer en el medioambiente por mucho tiempo (Guzzetti et al., 2018).

Los organismos marinos de distintos niveles de la cadena trófica ingieren MP con varias formas de alimentación. En los mamíferos, la ingesta de MP puede darse de forma directa con el medio marino o indirectamente mediante la alimentación de otros organismos que anteriormente consumieron estas pequeñas partículas de plástico (Guzzetti et al., 2018).

Los microplásticos ingeridos pueden acumularse dentro de la especie y desplazarse en los tejidos internos (Avio et al., 2015). Sin embargo, una forma de eliminación de estos MP es a través de la excreción (Guzzetti et al., 2018). La acumulación de microplásticos puede provocar consecuencias negativas en los organismos como, por ejemplo: daños internos o externos, afectacio-

nes en el tracto intestinal, problemas de crecimiento, fertilidad y fecundidad; además, puede ser transmisor de compuestos tóxicos dentro de las especies marinas (Nelms et al., 2016).

Los microplásticos han comenzado a ser parte del entorno, formando nuevos hábitats para diferentes especies marinas, entre ellas están el zancudo acuático que ha utilizado los MP para la deposición de huevos, también ha sido transporte para organismos marinos. Sin embargo, la acumulación de estos microplásticos en los ecosistemas marinos podría alternar los procesos biogeoquímicos (Guzzetti et al., 2018).

En la actualidad los microplásticos son estudiados como contaminantes emergentes y se los considera como una amenaza global para la biota marina y sus ecosistemas (Guzzetti et al., 2018).

Este artículo tiene por objetivo analizar la problemática de los microplásticos en los ecosistemas marinos, mediante la investigación bibliográfica, con ello obtener información acerca de la cantidad de residuos plásticos generados por cada país, identificar los océanos con mayor concentración de plásticos y evaluar su toxicidad; con ello encontrar soluciones que ayuden a prevenir y a reducir este problema. La lucha contra los microplásticos en los ecosistemas marinos requiere un enfoque global y colaborativo.

## Metodología

La investigación bibliográfica tuvo el siguiente enfoque:

1. Se hizo una revisión de los diferentes artículos y se obtuvo información relacionada con los microplásticos en

los ecosistemas acuáticos. Se descartaron artículos realizados antes del 2017, para conocer una problemática más actualizada sobre los MP.

2. Se utilizó una base de datos llamada OUT WORLD IN DATA para conocer los datos globales sobre la generación, la contaminación y el comercio de desechos plásticos. Se obtuvo información acerca de los países que emiten más plástico en Sudamérica y de las toneladas de desechos plásticos que flotan en los distintos océanos del mundo.

3. Se recopiló y analizó información de estudios de los posibles riesgos de los polímeros comunes en los microplásticos

cuando ingresan a los organismos marinos y pasan a través de la cadena trófica llegando al consumo humano, es decir, los efectos toxicológicos de los MP, siguiendo el mismo parámetro de descarte.

4. Se realizó una recopilación de información importante de los artículos seleccionados y de la base de datos encontrada, con ello se elaboraron resultados a base de tablas y figuras estadísticas para ofrecer un estudio general acerca de los efectos tóxicos y la contaminación de los microplásticos en los ecosistemas marinos. Además, se analizó junto con otros artículos relevantes, con el fin de poner en discusión el tema a tratar.

## Resultados

Los sitios principales de descargas de aguas residuales son los ríos que cruzan las poblaciones. Los ríos llegan a ser un medio de transporte de microplásticos con destino hacia hábitats marinos, perjudicando la salud y reproducción de especies. Los políme-

ros que van hacia los ecosistemas contienen posibles riesgos toxicológicos, generando enfermedades y también que lleguen al ser humano a través de la ingesta por animales que han estado expuestos a microplásticos (Castañeta et al., 2020).

**Tabla 1**  
*Riesgos toxicológicos a la salud*

Polímero	Monómero	Uso común	Posible riesgo	Autores
PS	Estireno	Envases desechables	Cancerígeno	Segovia Ruiz et al. (2019).
PET	Ácido tereftálico-etilenglicol	Botellas plásticas	Acidosis urinaria	Suasnavas (2017).
PVC	Cloruro de vinilo	Plástico de vinilo, tuberías	Obstrucción respiratoria	Schettler, (2020).
PLA	Ácido láctico	Implantes médicos	Cancerígeno, enfermedades genéticas	Camposano y Riera, (2022).
UF	Urea-formaldehído	Artefactos eléctricos, cables, interruptores	Dermatitis, asma	Hernández-Castorena et al. (2018).
PP	Propileno	Juguetes, empaques de alimentos	Citotoxicidad	Ponce-Mero et al. (2022).

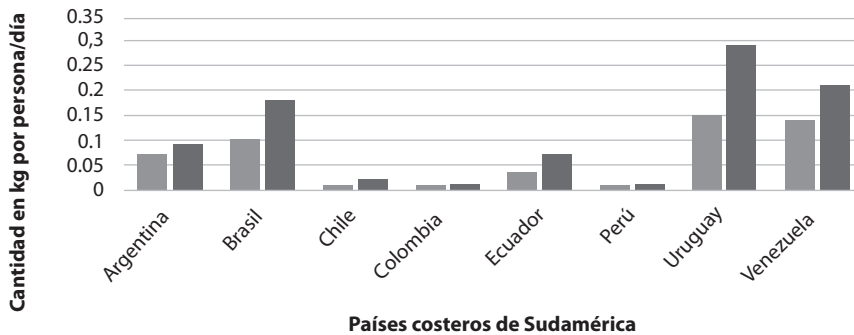
Fuente: Potenciales riesgos para la salud asociados con la exposición a los polímeros más usados.

Se estima que el 1,5 % de 67,5 millones de toneladas de microplástico que se genera en la zona terrestre del planeta llega hacia el océano en un tiempo estimado de un año. No obstante, la cantidad que desechan difiere entre

países (figura 1). Los datos indican que los países que tienen una menor superficie en relación con la longitud de su costa y con elevadas presencias de lluvias poseen las mayores posibilidades de enviar plásticos hacia los océanos.

**Figura 1**

*Emisiones anuales de plástico estimadas en 2010 y 2019 en los países costeros de Sudamérica*

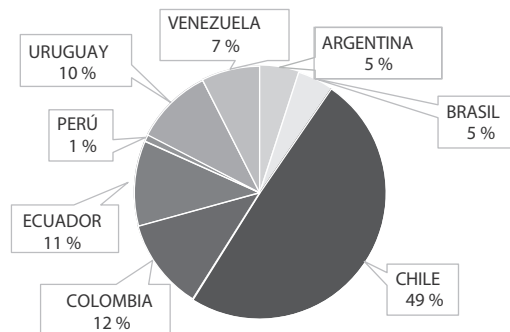


En los países ricos casi la totalidad de los residuos se incinera, recicla o se manda a rellenos sanitarios. Por otra parte, los países de ingresos medianos hasta bajos tienen una tendencia de una gestión de residuos muy pobre. Chile encabeza el listado (figura 2) debido a

su posición geográfica y a lo largo de su costa que lo hacen vulnerable a la contaminación marina, ya que se desarrollan diferentes actividades que generan residuos plásticos como la pesca, la industria, el turismo y la urbanización (Hidalgo-Ruz et al., 2012).

**Figura 2**

*Probabilidad de que se viertan al océano residuos plásticos mal gestionados en Sudamérica*

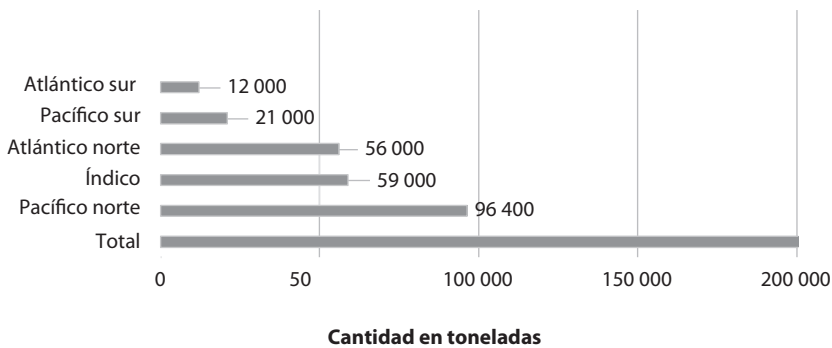


La distribución y acumulación a causa de desechos plásticos se encuentra influenciada por las corrientes superficiales y también por patrones del viento. Por lo general, los plásticos tienden a flotar por su bajo peso, lo que significa que se quedan en la parte superior del océano, lo que hace que se muevan en dirección de rutas del viento y de corrientes superficiales. Cabe recalcar

que no influye en donde se generaron los desechos, pues siguen una ruta distinta y los desechos que se generan en otros continentes terminan en lugares totalmente alejados. En el hemisferio sur del Pacífico y Atlántico, donde se hallan los países estudiados (Figura 3), se encuentra en menor proporción a diferencia de sectores del norte (Eriksen et al., 2014).

**Figura 3**

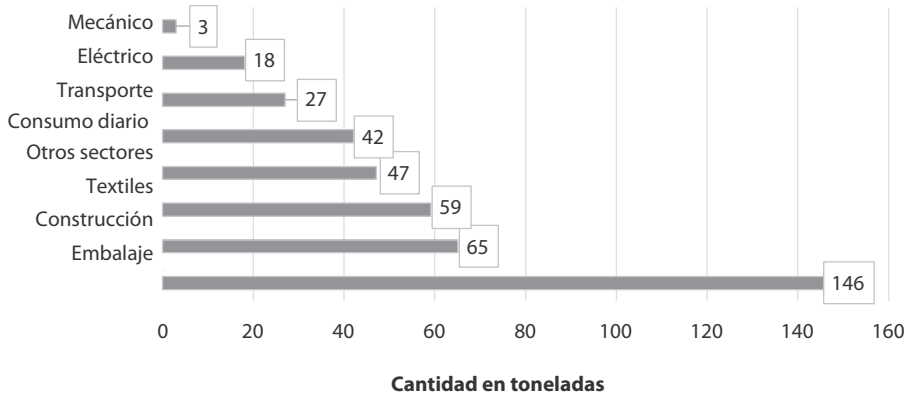
*Toneladas de plásticos que flotan en los océanos del mundo*



El océano Pacífico, con orientación norte, tiene más acumulación de desechos plásticos debido a la llamada GRAN MANCHA DE BASURA DEL PACÍFICO, área característica, donde se concentra los residuos plásticos por acción de una corriente oceánica. Otro motivo por el cual existe más desechos plásticos flotantes en este océano es porque está rodeado de países de alta densidad poblacional, los cuales no cuentan con un buen sistema de gestión de residuos y no existe conciencia acerca del problema que genera el

plástico en los ecosistemas acuáticos y, por ende, en la salud humana. Nuestros océanos no merecen convertirse en vertederos de plástico. Es hora de enfrentar el desafío de los microplásticos y restaurar la salud de nuestros ecosistemas marinos.

En la producción de plástico por el sector industrial en 2015 se destaca el embalaje, puesto que la mayoría de productos de consumo humano tiene este tipo de material (Figura 4) (Geyer et al., 2017).

**Figura 4***Producción primaria de plásticos en los sectores industriales en 2015*

Los datos publicados en el artículo *Plásticos y Tecnopor: la especie animal entre la vida y la muerte*, indican que los residuos de plásticos afectan prioritariamente a los océanos y esto se da por una pésima gestión de los desechos que entran hacia el océano. Un estimado de 4,8 y 12,7 millones de toneladas ingresan al mar, además, el problema es la industria petrolera, que es la encargada de procesar su crudo para la fabricación de plástico. Se estima que de 380 millones de toneladas de plásticos producidas, unos 300 millones de toneladas se destinan a la basura como desecho y que a su vez producen 5 millones de toneladas de microplástico que contaminan

el planeta en el que vivimos (Centeno Herrera y Vilca Mamani, 2022).

Existen soluciones para poder enfrentar esta problemática ambiental significativa: reciclaje, cambios de actitud, alternativas más sustentables, normativas más estrictas, etc.

Como consecuencia, todas las propuestas para el reemplazo de plásticos por productos plásticos biodegradables no son lo suficientemente satisfactorias, existe una pobre educación ambiental que requiere mejora y, por último, la legislación debe ser más dura para que las personas y las industrias empiecen a reducir el consumo y producción de plástico.

## Discusión

Aunque la región sudamericana es la que produce una menor cantidad de plástico, se ha demostrado que se encuentra ubicada en la tercera posición después de Asia y África con cargas de plástico residual a través del sistema

fluvial. En cuanto a los países sudamericanos estudiados (Castañeta et al., 2020), se afirma que Venezuela y Uruguay generan el mayor aporte de plástico per cápita al día con 0,252 kg, Argentina con 0,183 kg, Brasil con 0,165

kg, Ecuador con 0,147 kg, Colombia y Perú con 0,144 kg, Chile con 0,119 kg, hasta hoy en día no se registran datos de países como Bolivia y Paraguay. Para el presente artículo no se consideraron las Guayanas.

En la Revista Ciencia de la Academia Mexicana de Ciencias (2022), en su trabajo de contaminación por microplásticos, se explica que la mayor parte de microplásticos que se han encontrado en el Caribe, llegan a través de la producción de microesferas que son agregadas a cosméticos como cremas, pastas, pinturas, abrasivos, detergentes, etc.

Destaca que la gran mayoría de las fibras de microplásticos se genera a través de la ropa que utilizamos y que es fabricada con textiles sintéticos, debido a que al momento de lavar se separan un promedio de 20 000 fibras que se trasladarán a los ríos de la mano de las aguas residuales y posteriormente al océano.

El océano Pacífico tropical oriental es la casa de hermosas y exóticas reservas marinas que se encuentran dentro del Patrimonio Natural de la Humanidad, tres ejemplos claros son las islas Galápagos ubicadas en Ecuador, la isla del Coco en Costa Rica y el Parque Coiba en Panamá. Peter Swarzenski afirma que diversos estudios señalan que la contaminación por microplásticos en esta zona continuará incrementándose en los próximos años.

Se estima que para el año 2030 el número de microplásticos en el mar aumentará hasta unas 3,9 veces superior a la de 2008. Para el año del 2050 se du-

plicará este valor y será 6,4 más que en 2008, y en 2100 será 10 veces más a los datos obtenidos a inicios de siglo. Para evitar todas estas estimaciones se deben adoptar medidas para cambiar esta situación; países como Chile, Brasil y Argentina han optado por medidas para evitar el uso de fundas de un solo uso.

El Organismo Internacional de la Energía Atómica afirma que los microplásticos han elevado su cantidad en la misma proporción en los sitios que se han obtenido las muestras. Este hallazgo indica que mucho del microplástico no se genera en las localidades cercanas y que llegan de distintos puntos del mismo continente o, también, de varios lugares del mundo (Orayeva, 2020).

Se han realizado estudios que demuestran que el plástico es muy fuerte y se expande con facilidad, por esta razón se han encontrado cinco zonas de acumulación excesiva que son denominadas *islas* de plásticos. En el caso de Sudamérica se encuentra una cerca y está dentro del Pacífico sur, también se ha clasificado cuáles son los objetos más comunes recolectados en playas y zonas costeras como colillas, fragmentos de plástico inferiores a 2,5 cm, botellas, envoltorios, tapas de botellas, bolsas, botellas de vidrio, etc. (Greenpeace, 2019).

Un caso muy particular es el de las islas Galápagos en Ecuador. En las islas no hay una fábrica de materiales plásticos, por lo tanto, la cantidad que se encuentra en las orillas proviene del continente y de diferentes lugares del mundo; se han optado por medidas como utilizar bolsas de tela y no bolsas biodegradables, que



no son una solución al problema (Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, 2014). Los océanos, junto con las especies marinas que habitan en ellos, se ven drásticamente afectados por los residuos plásticos que se generan a diario por las actividades humanas. Cada fragmento de microplástico que flota en el océano cuenta una historia triste de contaminación y desequilibrio en los ecosistemas marinos.

Existen soluciones para prevenir y reducir el impacto ambiental que genera los residuos sólidos. A diario se desecha plástico de un solo uso (bolsas, botellas y otros artículos). Resultaría más práctico contar con alternativas que ayudarían a evitar el plástico, como la utilización de bolsas de tela o botellas reutilizables, así como también contenedores de vi-

drio para almacenamiento de alimentos, entre otros hábitos para mantener los océanos limpios (Academia Mexicana de Ciencias, 2022).

El manejo de las 7R del consumidor ecológico (rediseñar, reducir, reutilizar, reparar, renovar, recuperar y reciclar) es una forma de eliminar la cantidad de plástico que llega al océano, promoviendo la economía circular, que tiene por objetivo gestionar los recursos, reciclar y reutilizar para alargar la vida útil de todos los productos que utilizamos en el día a día, desbancando así la economía lineal, donde hay un derroche continuo de recursos, que llegan al océano provocando que la contaminación en los ecosistemas marinos llegue a ser una problemática preocupante en el planeta Tierra (Araujo-Morera et al., 2021).

## Conclusión

En los microplásticos están presentes diferentes tipos de polímeros como el polietileno (PE), el cloruro de polivinilo (PVC), el tereftalato de polietileno (PET), ácido poliláctico (PLA), urea-formaldehído (UF) y el polipropileno (PP); la presencia de los mismos es perjudicial para los hábitats marinos, afectando la salud y la reproducción de especies, debido a que tiene riesgos toxicológicos.

Uruguay es el país que más plástico emite anualmente, tomando en cuenta los años 2010 y 2019, esto puede deberse a que tiene una superficie menor en relación con la longitud de su costa y cuenta con elevadas presencias de

lluvias, lo que posibilita que haya más descargas de plástico hacia el océano.

La mala gestión de residuos plásticos ocasiona que estos se dirijan a los océanos, afectando a sus ecosistemas y a las especies que habitan en ellos. Los países latinoamericanos no cuentan con los recursos necesarios para realizar una adecuada gestión de residuos. Chile encabeza la lista de países sudamericanos, con un porcentaje del 49 % de probabilidad de que los desechos plásticos mal gestionados lleguen al océano.

El Pacífico norte alberga unas 96 400 ton de basura; esto afecta tanto visualmente como interiormente, pues la ma-

yoría de especies marinas tienen plástico y por las corrientes existentes llegan los rincones más profundos de los océanos.

Una de las formas para prevenir la presencia de basura plástica en los océanos es que el ser humano tome concien-

cia, somos los que generamos la mayor contaminación en los ecosistemas. Entre las acciones a realizarse están reciclar, cambiar de actitud, buscar y poner en marcha alternativas sustentables y normativas más estrictas.

## Referencias bibliográficas

- Academia Mexicana de Ciencias. (2022). Contaminación por microplásticos. En *Academia Mexicana de Ciencias*, 73(2). <https://n9.cl/krql6/>
- Araujo-Morera, J., Verdejo, R., López-Manchado, M. A., & Hernández Santana, M. (2021). Sustainable mobility: The route of tires through the circular economy model. *Waste Management*, 126, 309-322. <https://n9.cl/zdk6p/>
- Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. (2009). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris*. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30.
- Auta, H. S., Emenike, C. U., & Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment; A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165-176. <https://n9.cl/j9pcj/>
- Auta, H. S., Emenike, C. U., Jayanthi, B., & Fauziah, S. H. (2018). Growth kinetics and biodegradation of polypropylene microplastics by *Bacillus* sp. and *Rhodococcus* sp. isolated from mangrove sediment. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 15-21. <https://n9.cl/yh8q2/>
- Avio, C. G., Gorbi, S., Milan, M., Benedetti, M., Fattorini, D., D'Errico, G., Pauletto, M., Bargelloni, L., & Regoli, F. (2015). Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. *Environmental Pollution*, 198, 211-222. <https://n9.cl/l4nyx/>
- Campozano, I. R., & Riera, M. A. (2022). Ácido poliláctico: Una revisión de los métodos de producción y sus aplicaciones. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, 16(1), 42-53. <https://n9.cl/0ui8c/>
- Castañeta, G., Gutiérrez, A. F., Nacaratte, F., & Manzano, C. A. (2020). Microplastics: A Contaminant That Grows in All Environmental Areas, Its Characteristics and Possible Risks to Public Health from Exposure. *Revista Boliviana de Química*, 37(3), 160-175. <https://n9.cl/spssq/>
- Centeno Herrera, B., & Vilca Mamani, R. M. (2022). Plásticos y Tecnopor: la especie animal entre la vida y la muerte. *Revista de Investigaciones Interculturales*, 2, e231. <https://n9.cl/ml7s9g/>
- Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos. (2014). Erradicar el uso de plásticos es la prioridad. "Galápagos, 5".
- Duis, K., & Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environmental Sciences Europe*, 28(1), 1-25. <https://n9.cl/pgoro/>
- Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., Galgani, F., Ryan, P. G., & Reisser, J. (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE*, 9(12), 1-15. <https://n9.cl/1zmf/>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), 25-29. <https://n9.cl/1kzdr/>
- Greenpeace. (2019). *Plásticos en los océanos*. Dossier de prensa. <https://n9.cl/1hdop/>

- Guzzetti, E., Sureda, A., Tejada, S., & Faggio, C. (2018). Microplastic in marine organism: Environmental and toxicological effects. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 64, 164-171. <https://n9.cl/nhokg/>
- Hernández-Castorena, F., Silva-Guzmán, J. A., Manríquez-González, R., López-Dellamary Toral, F. A., Rodríguez-Anda, R., Sanjuán-Dueñas, R., & Fuentes-Talavera, F. J. (2018). Efecto de la adición de furfural sobre la capacidad adhesiva de la proteína de soya. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(28), 8-25. <https://n9.cl/9xkd6/>
- Hidalgo-Ruz, V., Macaya, V., Eastman, L., & Thiel, M. (2012). *Muestreo nacional de microplásticos en las playas de Chile*. <https://n9.cl/4drad/>
- Nelms, S. E., Duncan, E. M., Broderick, A. C., Galloway, T. S., Godfrey, M. H., Hamann, M., Lindeque, P. K., & Godley, B. J. (2016). Plastic and marine turtles: A review and call for research. *ICES Journal of Marine Science*, 73(2), 165-181. <https://n9.cl/u59b7/>
- Orayeva, J. (2020). *Ecuador: Un estudio de más de 10 años realizado en cooperación con el OIEA analiza la polución por microplásticos en el océano Pacífico tropical oriental*. Organismo Internacional de Energía Atómica.
- Ponce-Mero, A., Chérrez-Palma, B., & Mero-del Valle, D. (2022). Efecto de la ingesta incidental de polietileno y polipropileno sobre el crecimiento de *Oreochromis* sp. manejada en condiciones de laboratorio. *Ecosistemas*, 31(2), 1-7. <https://n9.cl/7arex/>
- Rocha-Santos, T., & Duarte, A. C. (2015). A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 65, 47-53. <https://n9.cl/s9clmf/>
- Schettler, T. (2020). Policloruro de vinilo en la atención de la salud: fundamentos para la elección de alternativas. *Salud Sin Daño*, 10.
- Segovia Ruiz, J. L., Céspedes, R. I. N., Ávalos, F., & Sáenz-Galindo, A. (2019). Poliestireno, innovaciones emergentes y daños a la salud: dos caras de la misma moneda. *Rev. Iberoam. Polímeros y Materiales*, 20(1), 13-21. <https://n9.cl/zyg3i/>
- Silva, D. M., Almeida, C. M. R., Guardiola, F., Rodrigues, S. M., & Ramos, S. (2022). Optimization of an Analytical Protocol for the Extraction of Microplastics from Seafood Samples with Different Levels of Fat. *Molecules*, 27(16). <https://n9.cl/5dnja/>
- Suasnavas, D. F. (2017). *Degradación de materiales plásticos "PET" (polyethylene terephthalate), como alternativa para su gestión*. [Monografía Licenciatura en Ciencias Químicas]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://n9.cl/q88ve/>

# Comportamiento de la mortalidad por exposición a material particulado en países de América del Sur en el periodo 2010-2019

---

Gabriela Fernanda Carrión Curimilma  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-8059-6506>

Carlos Andrés Ulloa Vaca  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-0757-7896>

## Introducción

La mortalidad por exposición a material particulado es un tema de creciente preocupación en el ámbito de la salud pública y ambiental. Las partículas suspendidas en el aire, provenientes de diversas fuentes de contaminación, representan un riesgo significativo para la salud humana. Numerosos estudios científicos han demostrado que la exposición prolongada a estas partículas está asociada con un aumento en la mortalidad prematura y el desarrollo de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Además, se ha observado que afecta de manera diferente a niños y adultos mayores. Según evaluaciones recientes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que 9 de cada 10 personas en todo el mundo respiran aire con niveles elevados de contami-

nantes, convirtiendo así la mala calidad del aire en un problema de salud pública (OMS, 2018). En este contexto, comprender los efectos y las implicaciones de la exposición al material particulado se ha vuelto fundamental para la adopción de medidas de control y políticas efectivas que protejan la salud de la población. En este artículo exploraremos con detenimiento la relación entre la exposición al material particulado y la mortalidad, analizando los factores de riesgo, los mecanismos subyacentes y las implicaciones para la salud pública. La mortalidad por material particulado es una epidemia silenciosa que necesita de acciones para proteger la salud de las personas.

En el año 2001 las Naciones Unidas publicó un documento informativo sobre

diversos temas ambientales, *Desafíos e innovaciones en la gestión ambiental*, donde la OMS reportaba que más de cien millones de habitantes en América del Sur y el Caribe se exponen a la contaminación del aire en niveles considerables y que sobrepasan los límites recomendados por la OMS, por ello se estima que la tasa de mortalidad en la época es de 400 000 habitantes al año aproximadamente por exposición a material particulado y 300 000 habitantes mueren por la quema de biomasa o por otras fuentes de emisión. Aunque los efectos que deterioran la calidad del aire están relacionados por el crecimiento urbano, consumo y el avance de la industrialización. Para el año 2001 el 80 % de la población de América Latina habitaban en las ciudades y para el año 2020 vivirán en las ciudades el 90 % de la población (Simioni y Contreras, 2000).

Los habitantes de las zonas urbanas llegan a correr el riesgo de una exposición sumamente elevada, debido a las concentraciones de fuentes móviles y estacionarias de contaminación en el aire a causa del tráfico, las industrias y la producción de energía en las ciudades y sus alrededores. Las urbanizaciones se han ido incrementando en todo el mundo y se calcula que para el año 2050 cerca de 66,67 % de la población mundial podrían vivir en zonas urbanas, por lo que se prevé que el crecimiento de residentes urbanos llegue a ser muy drástico en países de ingresos medios y bajos (UN DESA, 2018). Por lo tanto, es muy importante identificar el cómo las ciudades pueden llegar a diseñarse, construirse y gobernarse para disminuir

la exposición a los niveles de contaminación atmosférica que son muy perjudiciales en la salud (Gouveia et al., 2021).

En América Latina y el Caribe poseen zonas más urbanizadas en el mundo, donde alrededor del 80 % de la población reside en zonas urbanas y alrededor de 2/3 de la población vive en aglomeraciones de más de 20 000 habitantes (CEPAL, 2018). Millones de residentes urbanos de esta región se encuentran en alto riesgo de sufrir efectos adversos para la salud, a causa de las frecuentes exposiciones a las partículas (PM) y otros contaminantes atmosféricos (Riojas-Rodríguez et al., n. d.). Además, existen series de repercusiones económicas: desde una alta demanda de necesidades de atención médica hasta una disminución en la productividad y disminución en la calidad de vida (Hoek et al., 2013)

Según un informe, la OMS se considera que más de 110 millones de personas están expuestas a niveles perjudiciales de contaminación atmosférica y a la vez existe alrededor de 58 000 muertes al año que podrían atribuirse a la contaminación del aire en América Latina y el Caribe (Gouveia et al., 2021). Si bien los esfuerzos anteriores para medir la exposición en las zonas urbanas de América Latina y el Caribe (ALC) fueron únicamente información provisional, se basaron también en datos de una red limitada de estaciones de monitoreo de la calidad del aire. En informes oficiales sobre la contaminación del aire urbano a nivel del suelo solo estaba disponible para 117 ciudades en 33 países de ALC.

A pesar de los estudios centrados en ciudades de China, Alemania y Estados Unidos, no se han realizado investigaciones que estudien la relación entre la contaminación del aire y las características urbanas, como también el tamaño de la ciudad, la tasa de crecimiento y las características del entorno construido en América Latina y el Caribe (Wu et al., 2015).

Por lo que nuestra investigación tiene como objetivo poder analizar el impacto de la contaminación atmosférica en América Latina y así poder proponer medidas para reducir los niveles de exposición y las muertes relacionadas en cada región. Para ello se debe recopilar datos con los que se identificara las tendencias de mortalidad relacionadas con la exposición a material particulado a lo largo del periodo de estudio comprendido entre los años 2010 al 2019.

En un estudio en América Latina y el Caribe se utilizaron datos de salud urbana para examinar los niveles de  $PM_{2,5}$  (diámetro de 2,5 micrómetros) en 366 ciudades latinoamericanas con más de 100 000 residentes, utilizando estimaciones basadas en satélites, a su vez analizaron la exposición de la po-

blación donde pudieron comparar los niveles actuales con la OMS y examinar varios factores urbanos relevantes para las políticas en ciudades y subciudades para determinar su efecto predictivo sobre los niveles de  $PM_{2,5}$ . Según la hipótesis que llegaron a obtener era que los niveles de  $PM_{2,5}$  serían más bajos en ciudades más densas, menos fragmentadas, más verdes, menos congestionadas, con mejor transporte público y precios de la gasolina más altos (Diez-Roux et al., 2018).

Este estudio tiene como finalidad proporcionar información clave para las autoridades de salud, formuladores de políticas y otros actores relevantes, con el fin de que se llegue a tomar medidas efectivas para reducir la exposición a material particulado y a su vez mitigar los efectos adversos en la salud poblacional. Si se llega a comprender mejor el comportamiento de la mortalidad por exposición a material particulado, se podría desarrollar estrategias más sólidas, que se basen en evidencias para abordar este importante problema de salud pública en toda la región de América del Sur.

## Metodología

Para la obtención de los datos de exposición a la contaminación y de mortalidad se utilizó una herramienta específica de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). La OCDE dispone de información que permite los estudios de diferentes temáticas ambientales, socia-

les, económicas, o de salud. La comparación de los datos de mortalidad por material particulado en países sudamericanos, se investigó en fuentes como capítulos de libros, artículos científicos, vinculados a contaminación atmosférica, como el material particulado de 10 micrómetros de diámetro y material particula-

do de 2,5 micrómetros (Gómez-Luna et al., 2014).

Los datos obtenidos para la comparación y observación de información, se han obtenido a través de la base de datos de la OECD (figura 1), que permitió descargar datos de los países de interés, con sus respectivas referencias numéricas respecto a la mortalidad del año 2019. En este análisis se empleó por medio de la consulta de la base de datos de la organización con los siguientes temas: *Emisiones al aire y GEI, Exposición a la contaminación del aire y Efectos de la contaminación del aire*, tomando en cuenta solo los países de

América del Sur: Brasil, Argentina, Colombia, Perú, Chile, Ecuador, Venezuela, Bolivia, Guayana, Uruguay, Surinam, Paraguay y Guayana Francesa. Se utilizó datos de Smart Air Quality Monitor, una herramienta que ayuda a medir la calidad del aire en distintos lugares, considerando cinco factores que afectan la calidad del aire: material particulado, monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), temperatura y humedad. Esta herramienta posee información del índice de calidad de aire de varios lugares y países del mundo; se aplicó esta herramienta para países que carecen de información en la OECD.

### Figura 1

*Países de América del Sur para análisis de mortalidad por exposición a material particulado en el año 2010 al 2019*



Fuente: Datos de la OCDE, 2023

La tasa de mortalidad en América del Sur se basa en el número de fallecidos por cada millón de habitantes debido a la contaminación del aire. La calidad del aire tiene un impacto significativo en los índices de mortalidad, ya que la presencia de material particulado en cada ubicación desempeña un papel crucial. Los datos necesarios para este estudio se obtuvieron del informe *Calidad del aire y salud: Costo de mortalidad y bienestar asociados con la exposición a la contaminación del aire*. Estos datos fueron extraídos de la página de la OCDE y posteriormente registrados en una hoja de cálculo de Excel, donde se organizaron en columnas según la ubicación (países),

el indicador, los datos de mortalidad y los años a analizar y comparar.

A continuación, se desarrollaron gráficos de comparación de la mortalidad para el período de 2010 a 2019. Además de examinar los datos, también se buscaron los factores o fuentes de emisiones responsables de la contaminación del aire, en particular el material particulado de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>. Las emisiones de gases también desempeñan un papel importante en la contaminación atmosférica, afectando la calidad del aire y obstaculizando el desarrollo. Por lo tanto, se busca identificar las causas de enfermedades y fallecimientos prematuros, así como el deterioro de la calidad de vida saludable en la región (Stowers-Panos, 2016).

## Resultados

### *Mortalidad por efectos de la contaminación del aire*

En la tabla 1 se presenta de manera evidente la tasa de mortalidad en los países que integran América del Sur durante el periodo comprendido entre 2010 y 2019. Esta comparación se

llevó a cabo mediante la utilización de gráficos generados a través de la herramienta Excel. Los datos proporcionados permiten analizar y evaluar las variaciones en las tasas de mortalidad a lo largo de esta década en los países de la región.

**Tabla 1**

*Datos de mortalidad por cada millón de habitantes del año 2010 al 2019*

Países	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	D. E.	Media
Uruguay	210	218	220	220	219	222	215	210	211	212	4,64	215,7
Brasil	227	225	215	206	198	196	201	200	202	207	11,04	207,7
Paraguay	139	135	131	130	124	125	135	141	145	148	8,04	135,3
Argentina	281	284	288	293	295	301	301	289	282	281	7,75	289,5



Países	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	D. E.	Media
Ecuador	234	231	240	245	245	242	240	236	239	244	4,74	239,6
Venezuela	320	326	336	332	335	338	353	367	387	431	34,21	352,5
Colombia	252	244	243	242	241	246	247	248	254	260	6,02	247,7
Chile	272	275	283	293	298	302	289	288	295	308	11,39	290,3
Bolivia	317	319	319	320	319	319	322	328	332	338	6,99	323,3
Perú	247	252	257	262	260	259	261	264	268	274	7,62	260,4

Nota: Mortalidad por exposición a material particulado en los países de América Latina del año 2010 al 2019. (Fuente: OCDE, 2023)

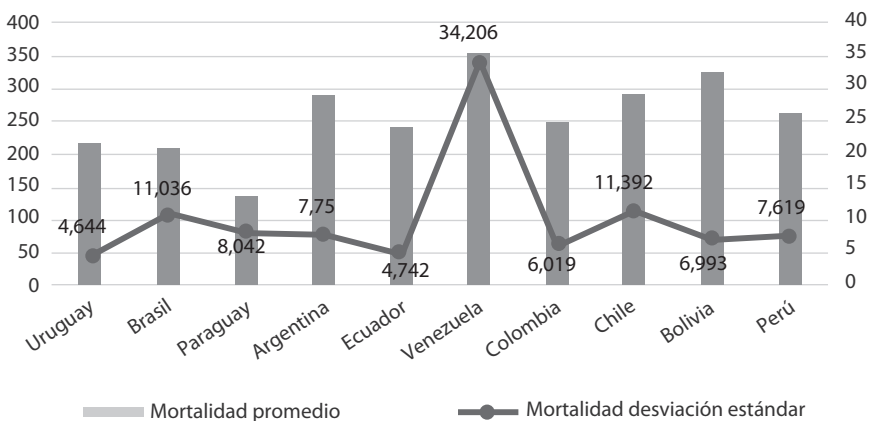
Los datos de estos países, recopilados a través de la base de datos de la OECD, revelan un aumento en la tasa de mortalidad en el año 2019 en cada uno de ellos. Venezuela destaca como el país con la mayor mortalidad, seguido por Bolivia. Sin embargo, Surinam no está en la base de datos debido a la falta de información disponible. A pesar de esto, según la empresa suiza de tecnología IQAir, que se dedica a

proporcionar información sobre la calidad del aire y promover acciones para mejorarlo, el índice de calidad del aire en Surinam se encuentra en el rango de bueno a moderado (IQAir, n. d.)

A continuación, se puede observar la figura 2, donde se analiza la comparación del promedio de la mortalidad y la desviación estándar de la misma de los países de América Latina.

**Figura 2**

*Comparación de la media de mortalidad con la desviación estándar entre los años 2010 al 2019*



Dentro de estos países, Paraguay se destaca por tener una tasa de mortalidad baja, con un valor típico de 135,3. Esto indica que, en general, las tasas de mortalidad en Paraguay muestran una variación de 8,04 alrededor del promedio. En comparación, Venezuela se caracteriza por tener una tasa de mortalidad alta, con un promedio de 352,5 y una variación de valores de 34,21 en relación con el promedio. Es importante tener en cuenta que los índices de mortalidad en cada uno de estos países varían a lo largo de los años. Se pueden observar fluctuaciones en los datos de mortalidad,

con tendencias ascendentes o descendentes en diferentes períodos (Lacasaña-Navarro et al., 1999). La exposición continua al material particulado puede tener graves consecuencias para la salud, desde enfermedades respiratorias hasta problemas cardiovasculares.

### ***Exposición de material particulado de $PM_{2,5}$***

Se puede visualizar en la tabla 2, los datos de exposición a  $PM_{2,5}$  (diámetro de 2,5 micrómetros) microgramos por metro cúbico en los siguientes países.

**Tabla 2**

*Datos de exposición a  $PM_{2,5}$  microgramos por metro cúbico*

<b>Países</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
Uruguay	9,48	9,74	9,37	10,38	9,93	9,97	9,92	9,58	9,62	9,57
Brasil	14,06	14,67	13,77	13,14	12,99	11,69	11,42	11,67	11,63	11,67
Paraguay	15,26	16,05	14,84	14,71	14,23	12,62	12,6	12,8	12,8	12,84
Argentina	14,05	14,53	13,69	15,07	14,12	14,94	14,45	13,95	13,97	13,85
Ecuador	22,06	20,29	21,65	20,75	21,55	21,74	21,45	19,9	20,72	20,61
Venezuela	23,46	24,81	22,88	22,95	22,36	22,66	22,27	21,89	22,12	22,21
Colombia	25,66	26,63	23,99	24,85	24,42	23,46	23,25	22,57	22,64	22,52
Chile	21,93	23,31	22,29	23,86	23,2	24,5	24,73	22,81	23,64	23,68
Bolivia	31,87	28,84	28,68	26,97	28,54	29,54	28,39	27,94	27,72	27,49
Perú	30,42	29,67	31,36	29,94	30,66	31	30,8	30,59	30,91	31,06

Nota: Cifras de la exposición de material particulado con diámetro de 2,5 micrómetros en los países de América Latina de los años 2010 al 2019. (Fuente: OCDE, 2023)

Las directrices establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la calidad del aire se basan

en un límite anual predefinido de 10 microgramos por metro cúbico de material particulado fino, conocido como  $PM_{2,5}$

(diámetro de 2,5 micrómetros). Estos límites están directamente relacionados con el problema analizado.

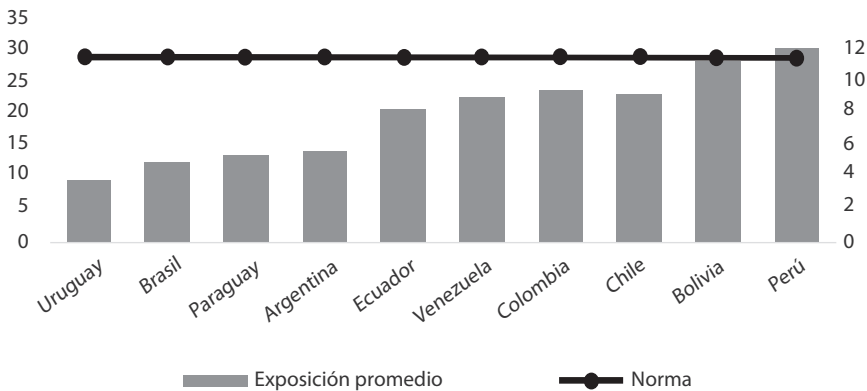
A nivel mundial, es preocupante observar que el 92 % de la población reside en áreas donde los niveles de contaminación del aire superan los límites establecidos para garantizar una calidad del aire adecuada. Esto significa que una gran mayoría de las personas halla expuesta a niveles dañinos de material particulado fino.

En la figura 3 se puede apreciar que Chile, Colombia, Venezuela y Ecuador

se encuentran en un rango casi similar de exposición de material particulado, el país que se encuentra con mayor exposición es el de Perú, con un rango inicial de 30,418 microgramos por metro cúbico en el año 2010, y aumentado 31,059 microgramos en el año 2019, con una media de 30,640 microgramos sobrepasando la normativa establecida por las Directrices de la Organización Mundial de la Salud. Por otro lado, Bolivia es un país que, en promedio de los años 2010 al 2019, tiene una exposición al límite de la normativa establecida.

**Figura 3**

*Comparación de la media de las concentraciones de material particulado 2010-2019*



En comparación del país con menor exposición es el de Uruguay, que, dentro del rango de años establecidos para su respectiva comparación, se demuestra que los valores de material particulado no han cambiado drásticamente, indicando valores de 9,476 microgramos en el año 2010 y 9571 en el año 2019 y cumple con la normativa ya mencionada (Gaviria et al., 2011).

El 94 % de muertes están relacionadas con enfermedades no transmisibles, especialmente en enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares, neumopatía y el cáncer de pulmón. La OMS en 2016 aprobó una hoja de ruta con la meta de incrementar las medidas para encontrar soluciones a frente a la calidad del aire, donde se debe dar vigilancia al sector, evaluando las repercusiones sanitarias.

**Tabla 3**

*Medias anuales de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> por tamaño del asentamiento para los que se disponía de datos en el último año entre 2010 y 2019 (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*

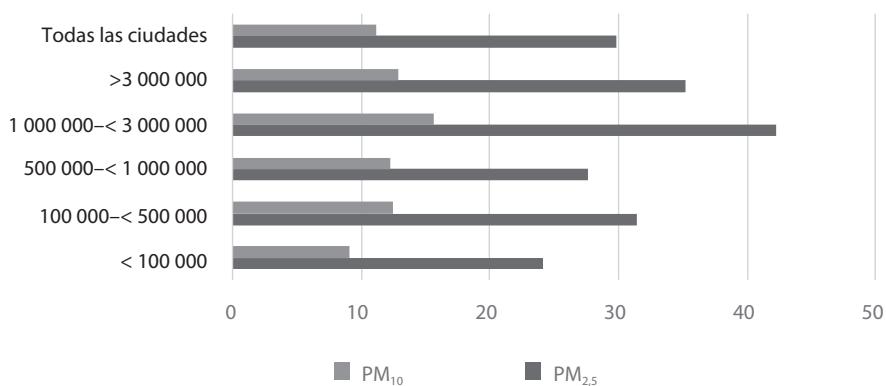
Habitantes	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>
< 100 000	24,2	9,1
100 000–< 500 000	31,5	12,5
500 000–< 1 000 000	27,7	12,3
1 000 000–< 3 000 000	42,2	15,7
> 3 000 000	35,2	12,9
Todas las ciudades	29,8	11,2

Las mediciones anuales por la cantidad de asentamientos en América (tabla 3), resalta que la contaminación por PM<sub>2,5</sub> (diámetro de 2,5 micrómetros) es mayor a la del PM<sub>10</sub> (diámetro de 10 micrómetros), y a comparación

con la tabla 2 se tiene una relación con la exposición de material particulado manteniéndose en los mismos rangos del periodo analizado, observando de mejor manera en la figura 4.

**Figura 4**

*Mediciones anuales en América 2010-2019*



Nota: Valores anuales de América de material particulado 2,5 10 micras. (Fuente: OMS, 2022)

Según la OMS, las muertes prematuras están aproximadamente en 249 000, causadas por la contaminación del aire exterior, en cambio, para la mortalidad prematura por contaminación de uso

de combustibles sólidos dentro de los hogares es de 83 000.

Existen diferencias entre los «grupos de población» y las «localidades geográficas», si las personas tienen su

vivienda cerca de las carretas y de perímetros industriales se ven expuestos a los niveles altos de contaminación del aire exterior. Dentro de los espacios interiores, la contaminación es causada por el uso de combustibles sólidos, que, a menudo, lo utilizan como fuente de energía dentro de las viviendas. La Organización Panamericana de la Salud (OPS) ha desarrollado un plan de estrategia con el objetivo de disminuir el 5 % el uso de combustibles sólidos en las viviendas de las personas.

Por datos de la OMS, en el año 2016 la contaminación por material particulado es un riesgo grave a la salud en el continente americano; en el

mundo se han registrado aproximadamente 7 millones de muertes debido a la mala calidad del aire. Generalmente, las muertes mencionadas ocurren en países donde tienen ingresos medios y bajos, con un porcentaje representativo del 88 %. En América Latina, más de 150 millones de personas se exponen a la contaminación del aire que sobrepasan los niveles de calidad del aire establecidos por la Organización Mundial de la Salud, teniendo consecuencias graves en la salud de las personas, especialmente a niños, adultos mayores y mujeres, causando graves problemas de salud al corazón, pulmón y cerebrales.

## Discusión

La mayoría de las enfermedades causadas por el material particulado de 2,5 microgramos, afectan a los pulmones. En Perú, dentro del periodo 2001 al 2011, se ha obtenido aproximadamente 50 microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), pasando el límite establecido en el país “25 microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )”. En el mismo periodo, en Chile, el nivel de material particulado se encontraba en 35 microgramos por metro cúbico, dentro del periodo analizado. Para el año de 2019, según datos de la OECD, los niveles de material particulado se establecen en 23,683 microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

El comportamiento de mortalidad por exposición de material particulado está relacionado con enfermedades cerebrovasculares, pulmonares (cáncer

de pulmón) y cardiovasculares. En la ciudad de Lima se han reportado 9550 muertes por enfermedades relacionadas con cardiovasculares, 1170 personas fallecidas por enfermedades cerebrovasculares (Gonzales et al., 2014).

Nuestro estudio reveló que la gran mayoría de las ciudades latinoamericanas entre los años 2010 al 2019 presentan niveles de contaminación atmosférica por partículas finas que superan las pautas recomendadas por la OMS. Además, encontramos que estos niveles se relacionan con las características que presenta cada país. En promedio, la mayoría de los países presento niveles contaminación por partículas, superiores a lo recomendado por la OMS, con grandes variaciones entre cada uno de ellos. La calidad del aire que respiramos

determina la calidad de vida, la exposición constante al material particulado afecta la capacidad física y mental.

Las partículas finas conocidas como  $PM_{2,5}$  pueden ser inhaladas y causar graves problemas de salud, incluyendo enfermedades respiratorias y cardiovasculares, con mayores efectos en los niños y ancianos. Se ha comprobado que la exposición a  $PM_{2,5}$  aumenta significativamente el riesgo de enfermedades cardíacas y accidentes cerebrovasculares. En nuestro análisis se identificó las consecuencias estimadas que se reflejan únicamente en el valor de muertes prematuras y se calculan mediante una aplicación del “valor de una vida estadística” y la cantidad de muertes prematuras atribuibles a las partículas ambientales, para así determinar el comportamiento de mortalidad que se presentaron en los países de América Latina.

Las poblaciones con mayor riesgo de sufrir los efectos de esta exposición son los niños, pues ellos se ven especial-

mente afectados por la contaminación atmosférica, ya que sus pulmones aún están creciendo y su sistema inmunitario es muy débil, por lo que suelen pasar más tiempo al aire libre y tienen una mayor constancia respiratoria que los adultos. Aunque las personas mayores también pueden verse más afectados por la contaminación atmosférica a causa de una mayor parte por la carga de morbilidad (Kajekar, 2007). La expectativa de vida al nacer en la región es de 75,2 años, lo que la coloca por encima de Asia (73,3) y África (62,7). Sin embargo, aún existe una brecha significativa en comparación con América del Norte (79,2), Europa (78,3) y Oceanía (78,4). Las proyecciones indican una tendencia hacia una mayor convergencia en la expectativa de vida entre las diferentes regiones, aunque este proceso no avanza lo suficientemente rápido para cerrar las diferencias existentes entre las regiones con mayores niveles de mortalidad (Kajekar, 2007).

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

La mala calidad del aire es significativa con el transcurso del tiempo por diversas fuentes de emisión de material particulado, aumentando considerablemente las tasas de mortalidad en América del Sur. Los valores de  $PM_{2,5}$  se mantienen o incrementan con el pasar del tiempo, y es el contaminante que más interviene en las enfermedades respiratorias, por supuesto si el índice de calidad del aire

se encuentra en óptimas condiciones, las enfermedades también reducen y, por lo tanto, la tasa de mortalidad.

La única manera de determinar con certeza si existen problemas de contaminación del aire y, por supuesto, de calidad, si se están agravando o disminuyendo, es mediante la medición de los contaminantes. En América del Sur, solo unos pocos países, como Brasil y Chile, tienen ciudades con un sistema de mo-

nitoreo adecuado. Sin embargo, incluso dentro de estos países, existe una gran variación en la capacidad de monitoreo entre ciudades, por lo que no se puede llegar a determinar valores exactos de las cantidades de contaminantes en el aire y tampoco las causas de mortalidad atribuidas a las partículas ambientales.

La exposición al material particulado está relacionada con un aumento en la mortalidad en países sudamericanos. Estos resultados respaldan la importancia de la regulación y el monitoreo de la calidad del aire en la región, así como la necesidad de medidas para reducir la exposición al material particulado en la población.

Es necesario llevar a cabo más investigaciones sobre los efectos de la exposición al material particulado en diferentes subgrupos de la población, como los ancianos y los niños, así como en áreas específicas como las zonas urbanas y rurales. Además, se debe trabajar en la mejora de la infraestructura de monitoreo y en la implementación de políticas efectivas para reducir los niveles de contaminación del aire en la región.

### ***Recomendaciones***

Dado que solo unos pocos países de América del Sur cuentan con un sistema aceptable de control de la calidad del aire, es recomendable que los Gobiernos de cada región lleguen a invertir en la mejora de infraestructuras de monitoreo. Esto implica la construcción de

más estaciones de control en diversas ciudades y lugares, para así poder adquirir una imagen precisa de los niveles de contaminación en el aire. Además, se debería establecer leyes más estrictas para gestionar y minimizar las emisiones de partículas procedentes de diversas fuentes, como las industrias, el transporte y la quema de biomasa.

Debido a que la exposición al material particulado se ha relacionado con un aumento de la mortalidad en América del Sur, se necesitan más investigaciones para comprender mejor los efectos en diferentes subgrupos de la población, como son los ancianos y niños, así como también en áreas específicas, como zonas urbanas y rurales. Estos estudios pueden ayudar a identificar a las poblaciones más susceptibles, para que se puedan desarrollar métodos preventivos y mitigaciones más eficientes.

Basándose en las pruebas de los efectos negativos que se dan por la exposición a material particulado, es crucial que los Gobiernos de América del Sur implementen políticas y medidas concretas para reducir los niveles de contaminación atmosférica de la región. Esto podría incluir la promoción de fuentes de energía más limpias, la adopción de normativas más estrictas sobre las emisiones de los automóviles y la puesta en marcha de iniciativas de concientización y educación sobre la importancia de la calidad del aire y medidas individuales que se puedan poner en marcha para minimizar la contaminación.

## Referencias bibliográficas

- CEPAL. (2018). *Anuario estadístico de América Latina y el Caribe 2018*. <https://n9.cl/q7qs5/>
- Diez-Roux, A. V., Slesinski, S. C., Alazraqui, M., Caiaffa, W. T., Frenz, P., Jordán Fuchs, R., Miranda, J. J., Rodríguez, D. A., Dueñas, O. L. S., Siri, J., & Vergara, A. V. (2018). A Novel International Partnership for Actionable Evidence on Urban Health in Latin America: LAC-Urban Health and SALURBAL. *Global Challenges (Hoboken, NJ)*, 3(4), 1800013. <https://n9.cl/seyoulm/>
- Gaviria, C., Benavides, P., & Tangarife, C. (2011). Contaminación por material particulado (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 29(3).
- Gómez-Luna, E., Navas, D. F., Aponte-Mayor, G., & Betancourt-Buitrago, L. A. (2014). Metodología de revisión de literatura para la gestión científica y de la información, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna Rev. Fac. Nac. Minas*, 81(184). <https://n9.cl/pps7q/>
- Gonzales, G., Zevallos, A., Gonzales-Castañeda, C., Núñez, D., Gastañaga, C., Cabezas, C., Naeher, L., Levy, K., & Steenland, K. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 31(3).
- Gouveia, N., Kephart, J. L., Dronova, I., McClure, L., Granados, J. T., Betancourt, R. M., O’Ryan, A. C., Texcalac-Sangrador, J. L., Martínez-Folgar, K., Rodríguez, D., & Diez-Roux, A. V. (2021). Ambient fine particulate matter in Latin American cities: Levels, population exposure, and associated urban factors. *Science of the Total Environment*, 772. <https://n9.cl/a82lp/>
- Hoek, G., Krishnan, R. M., Beelen, R., Peters, A., Ostro, B., Brunekreef, B., & Kaufman, J. D. (2013). Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: A review. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 12(1), 1-16. <https://n9.cl/jjfzu/>
- IQAir. (n. d.). *Índice de calidad del aire (ICA) y contaminación del aire PM<sub>2.5</sub> en Paramaribo*. <https://n9.cl/1885f/>
- Kajekar, R. (2007). Environmental factors and developmental outcomes in the lung. *Pharmacology & Therapeutics*, 114(2), 129-145. <https://n9.cl/xtmcn/>
- Lacasaña-Navarro, M., Aguilar-Garduño, C., & Romieu, I. (1999). Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres megaciudades de América Latina. *Salud Pública de México*, 41(3), 203-215.
- OMS. (2018). *9 out of 10 people worldwide breathe polluted air, but more countries are taking action*. <https://n9.cl/igptc4/>
- Riojas-Rodríguez, H., Soares Da Silva, A., Luis Texcalac-Sangrador, J., & Litai Moreno-Banda, G. (n. d.). Air pollution management and control in Latin America and the Caribbean: implications for climate change Special report. In *Rev. Panam Salud Pública*, 40(3).
- Simioni, D., & Contreras C. (eds.). (2000). *Desafíos e innovaciones en la gestión ambiental: Actas del Seminario Internacional. Experiencia latinoamericana en América Latina*. CEPAL.
- Stowers-Panos, C. (2016). El costo de la contaminación atmosférica: Refuerzo de los argumentos económicos en favor de la acción. *El Banco Mundial y El Institute for Health Metrics and Evaluation Universidad de Washington, Seattle*.
- UN DESA. (2018). *2018 Revision of World Urbanization Prospects | United Nations*. <https://n9.cl/qqshc/>
- Wu, J., Xie, W., Li, W., & Li, J. (2015). *Effects of Urban Landscape Pattern on PM<sub>2.5</sub> Pollution-A Beijing Case Study*. <https://n9.cl/nvbbp/>



# **ENGLISH SECTION**

# Study of air activation in the first public proton therapy center planned in Spain at the Marques de Valdecilla University Hospital (HUMV) in Santander

---

Cristina Ratero Talavera

Universidad Politécnica de Madrid, España

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-9438-0478>

Lenin E. Cevallos-Robalino

Grupo de Investigación en Micro-Nanotecnología y Energía Nuclear (NANOTECH),

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9970-5286>

Nuria García-Herranz

Universidad Politécnica de Madrid, España

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0760-2974>

Gonzalo F. García-Fernández

Universidad Politécnica de Madrid, España

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1809-6058>

## Introduction

The main advantage of using proton beams in radiotherapy lies in the physical characteristic of protons, linked with the dose distribution pattern defined by the so-called Bragg plot. Considering these benefits, there has been a significant expansion of centers worldwide in recent years, with currently 108 proton therapy centers in operation, 33 under construction, and 38 in the planning stage (PTCOG, 2022).

Based on International Basic Safety Standards and Regulatory Princi-

ples (IAEA, 2020), main radiological risks in proton centers have been widely stated and summarized (Yonekura et al., 2016):

1. External exposure to secondary radiation (neutrons and photons) from beamline.
2. External exposure from activated equipment, materials of the facility, water and air.
3. Internal exposure for inhalation of radioisotopes in activated air.

As other radioactive facilities where neutrons are presents, in proton therapy centers there is activation of air inside the bunker, mainly in the accelerator room, and minor, in the treatment rooms, being negligible in other spaces. The main source of air activation are the fields of secondary neutrons yielded by the beam of primary protons beam, and additionally, direct reactions of protons (IAEA, 2020).

Consequently, the main goal of this work was the study and evaluation of inhalation dose due to radioisotopes generated by air activation during irradiation in proton therapy centers. The study was carried in the proton center planned at Marques de Valdecilla University Hospital (*HUMV*), currently under develop in the city of Santander (Consejería de Sanidad del Gobierno de Cantabria, 2022). This facility will be the first public proton therapy center

in Spain. The work has been developed through three main activities:

- Development of a methodology to get inputs for Monte Carlo Codes, from CAD (Navarro Hernández, 2023).
- Application to the proton therapy center with a compact isocyclotron similar to that planned at *HUMV*, developing its model in Monte Carlo code PHITS (Sato et al., 2018).
- Calculation of neutron activation of the air in the center, by using the code PHITS.

This work is framed into the project *Contributions to operational radiation protection and neutron dosimetry in compact proton therapy centers (CPTC)*, focused on assessing the operational radiation protection of compact proton facilities.

## Material and Methods

### ***Compact proton therapy center (CPTC) developed in the work***

Currently there are two proton centers operating in Spain, both private. The first one, working from December 2019, has a cyclotron accelerator with extraction energy at 230 MeV and a footprint close to 360 m<sup>2</sup>. The second one, working from May 2020, has a synchrotron accelerator, with extraction energy adjustable between 70 and 230 MeV and a footprint near 800 m<sup>2</sup> (García-Fernández et al., 2019).

The CPTC considered in this work are the standard version of the first pu-

blic center planned in Spain at *HUMV*, in Santander, at the north of Spain. In July 2022, the award of the public tender for the technology of the center was announced (Boletín Oficial de Cantabria, 2020), initially a compact system with a single gantry, and a superconducting isocyclotron-type accelerator, ProBeam360® system, from American firm Varian (Varian, 2023).

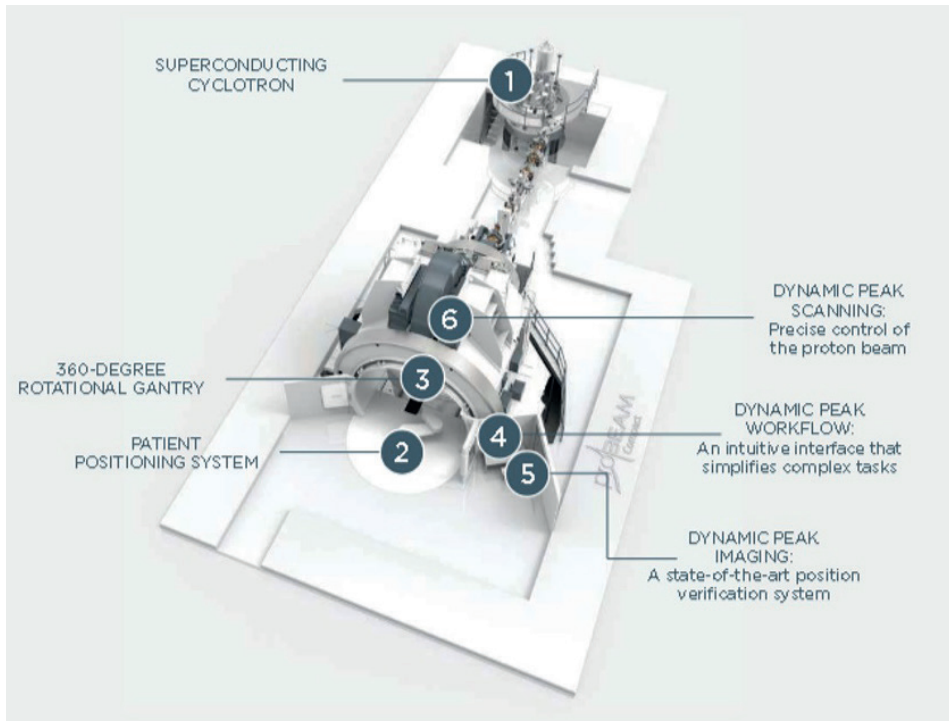
In this case, the protons are accelerated through a superconducting isocyclotron, with fixed output energies up to 230 MeV, so it is also necessary to have an energy selection system ESS (Energy Selection System) at the output of the

accelerator. The roughly dimensions of a standard center of these characteristics are 17 m wide and 32 m long, therefore the footprint is approximate 544 m<sup>2</sup>, and the height is around 14 m in the area of the rotating gantry (Varian, 2023).

HUMV facility is scheduled to start operating in 2025, after two years of construction and testing. The 3D geometry of a proton therapy center similar to the one planned for the HUMV is shown in the following Figure 1.

**Figure 1**

*Main elements of CPTC with isocyclotron at HUMV, from (Varian, 2023)*



Its main elements are: 1) isochronous superconducting cyclotron-type accelerator, 2) patient positioning system, 3) 360° rotating gantry, 4) and 5) auxiliary systems for patient positioning and treatment verification, and 6) control system of the proton line.

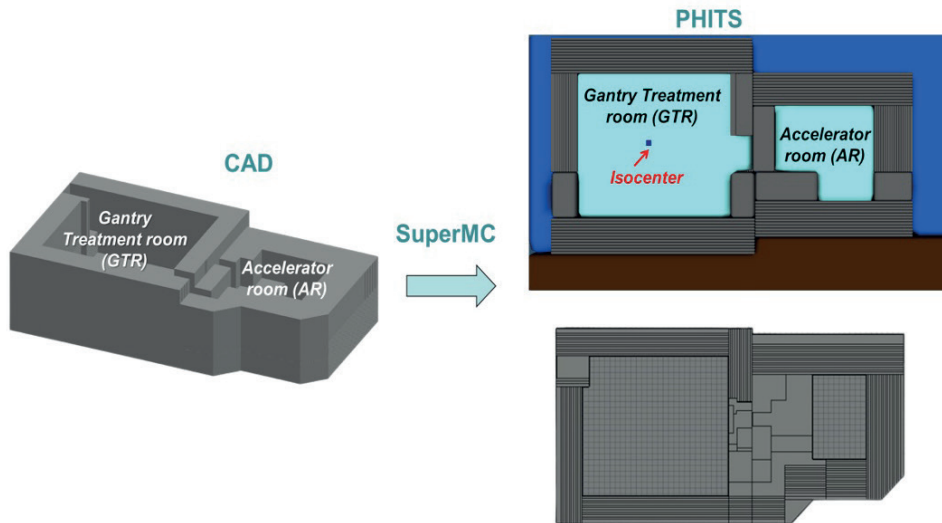
### *Monte Carlo codes and settings*

**Facility design, equipment, and materials.** SuperMC is a CAD-based

automatic geometry and physics modeling software with high efficiency and precision that has been used to convert CAD files into PHITS files (OECD-NEA, 2019). The software transforms geometry files in .sat format, into .txt files, as shown in Figure 2, with cells and surfaces required in the input model, and additionally, the definition of materials, compatible with PHITS.

**Figure 2**

Conversion process for CAD to PHITS with SuperMC



#### ***PHITS settings and calculations.***

Simulations were carried out considering 20 energy groups (from 10-9 to 230 MeV), with a number of histories quite enough to achieve statistical uncertainties under 3 %, verifying the ten statistical checks in Monte Carlo codes (Sato et al., 2018), and using the general nuclear data libraries of PHITS, JENDL-4.0 (Shibata et al., 2011).

Six different simulations were performed using the output file from SuperMC, corresponding to the simulation of different energies of the proton beam. These models were created using the output file from SuperMC as the input

file, and the geometry was completed by manually including the cell definition for the ground, external air, internal air, and the air cube in which air activation will be measured. The air cube was placed 1m away from the phantom in x, y and z direction, so the air activation has been measured in the treatment room. It has been modeled that the proton beam directly impacts the phantom, which is not physically possible in the actual installation, but it has no impact on the calculation of air activation, allowing the simplification of the model.

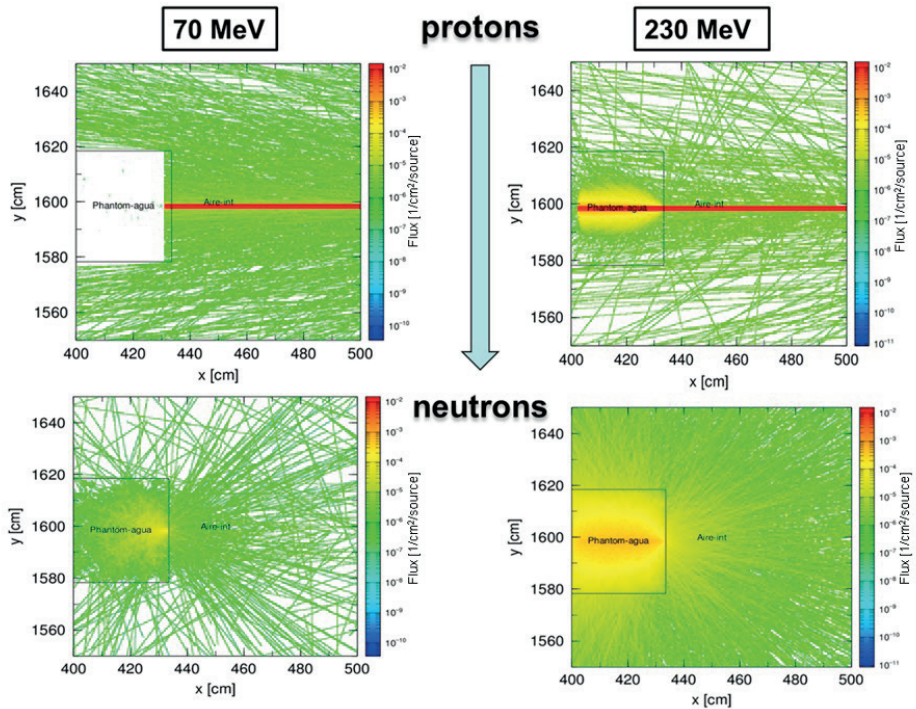
Data of *workload* at the *isocenter* are shown in Table 1.

**Table 1**  
*Workload of CPTC considered in this work*

Energy (MeV)	Workload at <i>isocenter</i> (nA·h·year <sup>-1</sup> )	Intensity (nA)
70	21.12	2.41E-03
86	25.29	2.89E-03
116	29.55	3.37E-03
160	38.01	4.34E-03
200	46.44	5.30E-03
230	50.67	5.78E-03

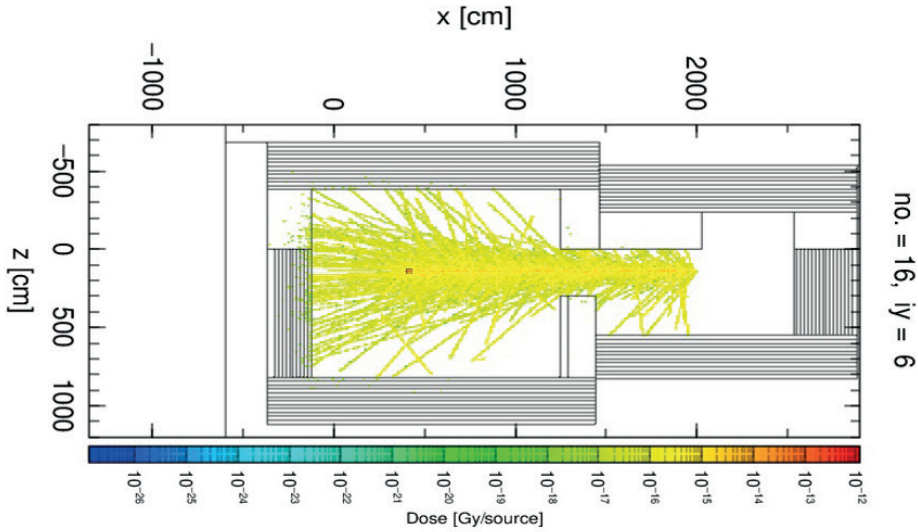
Figure 3 shows the interaction of the proton beam with the water *phantom* placed at *isocenter*, and the neutron generation, at 70 MeV and 230 MeV, respectively. Protons, and mainly neutrons, are responsible for the activation of the air.

**Figure 3**  
*Proton interactions and neutron yielded in the water phantom*



As a consequence of those interactions, fields of stray neutron radiation are yielded across the air of the facility, as collected in the next Figure 4.

**Figure 4**  
Main features of CPTC with synchrocyclotron (SC)



The irradiation conditions considered were continuous irradiation for 1 hour, calculating the activity of the isotopes at the end of the irradiation. This moment represents the  $A_{\text{sat}}$  (saturation activity), which is the balance between produced and consumed isotopes. It corresponds to the point when the inhaled dose reaches its highest peak, representing the worst-case scenario.

Once the saturation activity for each isotope at different energies and the total contribution of the isotope (sum of the activities from all contributing energies) have been determined, the compromised dose factor  $e_{50}$  and a recommended breathing rate of  $R = 1.2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  are applied. The daily dose is calculated as the product of these three values, as shown in Equation 1):

$$\text{Dose} \left( \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} \right) = A_{\text{sat}} \left( \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right) \cdot e_{50} \left( \frac{\text{Sv}}{\text{Bq}} \right) \cdot R \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) \cdot 10^6 \quad (\text{Eq. 1})$$

After determining the relevant hourly doses, the calculations were redone considering ventilation of the room for two cases: a)  $r_1 = 6$  air renovations per

hour (rph) and b)  $r_2 = 10$  rph. For this purpose, a ventilation coefficient (VF) was applied to the saturation activity, calculated as:

$$VF = \frac{\lambda}{\lambda+r} \quad (\text{Eq. 2})$$

where  $T_{1/2}$  is the half-life,  $\lambda$  is the decay constant, and  $r$  is the number of air changes per hour.

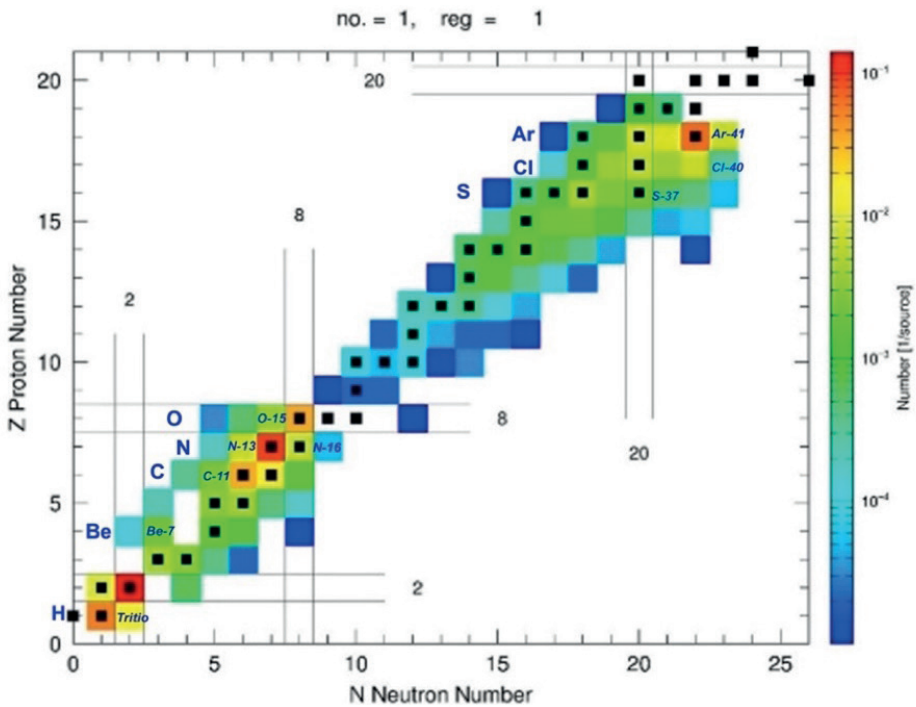
## Results

### Radioisotopes yielded in air by neutrons and protons

The main isotopes yielded in air of the gantry treatment room of the HUMV

proton therapy center, during irradiation (beam-on), calculated with PHITS, are shown in Figure 5.

**Figure 5**  
Radioisotopes yielded in air by proton and neutron interactions



The inventory agrees with the main radionuclides found in experimental measurements in centers of proton therapy and radiopharmaceutical production facilities with cyclotrons, such

as N-13, N-16, C-11, S-37, Cl-40 and Ar-41 (Herault, 2018), along with H-3, Be-7, O-15, reported in other works (Infantino, 2015).



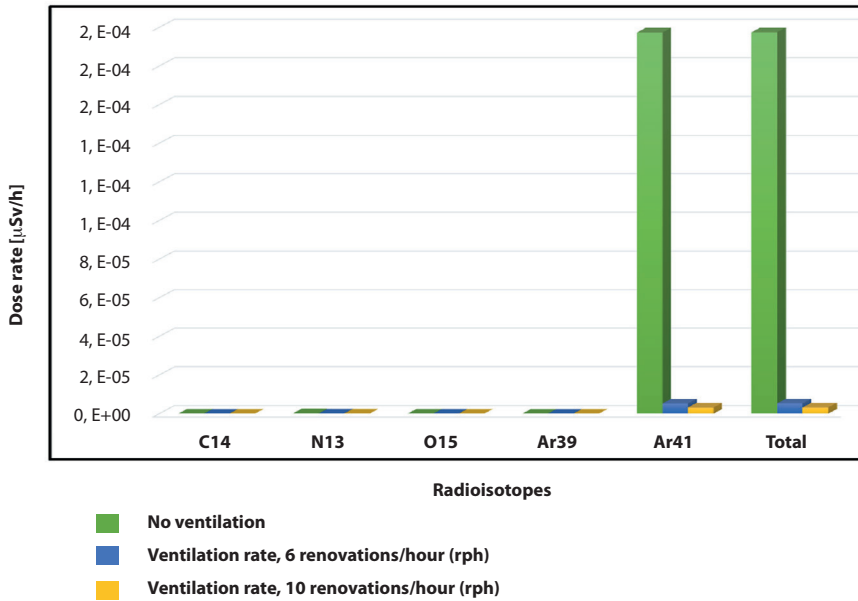
### *Doses from main radioisotopes generated*

In Figure 6, the emitted dose for each isotope is shown. This was reached

by summing up the dose contributions from each energy of workload, with the result of the total dose rate by isotope.

**Figure 6**

*Dose rate from main radioisotopes*



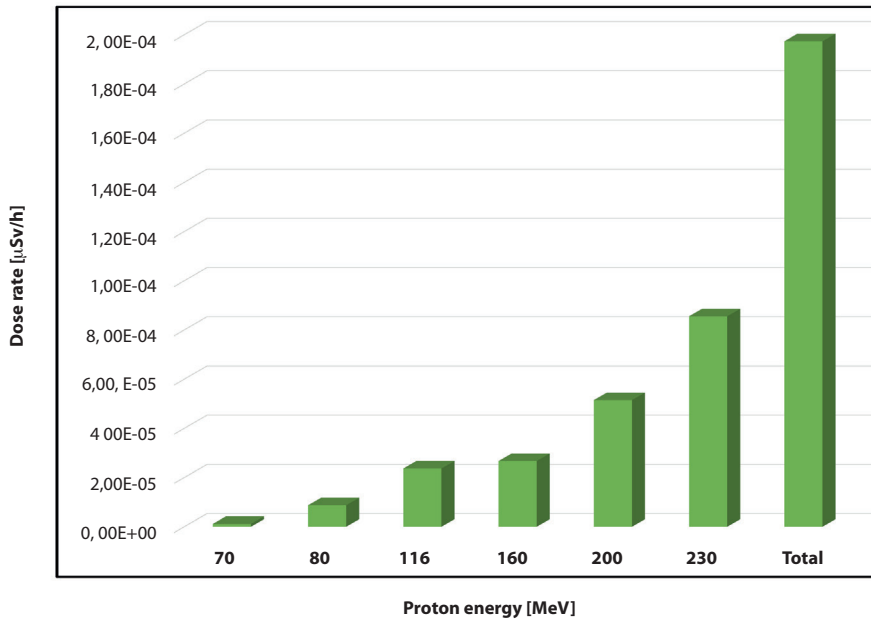
As shown in the Figure 6, in the treatment room, the isotope with the highest saturation activity is Ar-41, followed by O-15,  $\beta^+$  emitter, with half-life of 2.05 minutes, so their contribution to the saturation activity and annual dose will be practically insignificant. In summary, Ar-41,  $T_{1/2}=1.82$  hours, is the isotope with the greatest contribution to the effective dose.

The most relevant radioisotope in terms of dose is Ar-41, which represents 99.92 % of total contribution to the inhaled dose. Isotopes have committed

dose factors, in Sv/Bq, which differ in some cases by several orders of magnitude, as will be seen later, so the isotope that provides the highest dose will be the one whose saturation activity, multiplied by the dose coefficient is, overall, higher.

### *Production of Ar-41 based on proton energy*

Finally, the contribution from Ar-41 to the dose rate was evaluated based on the energy of the primary protons, and shown in Figure 7.

**Figure 7***Generation of Ar-41 based on energy of proton beam*

High-energy protons, from 200 MeV to 230 MeV, are the main contributors to the generation of Ar-41, roughly a 70 %, while at medium energies, 116 MeV to 160 MeV) the contribution is

nearly 12 %. Table 2 shows the calculated values for emitted dose rate by Ar-41 in the treatment room, in [ $\mu\text{Sv/h}$ ], considering the three scenarios described above.

**Table 2***Dose rate by Ar-41 for the three scenarios*

	No ventilation	Ventilation rate, r=6 rph	Ventilation rate, r=10 rph
70 MeV	1,14E-06	3,07E-08	1,86E-08
86 MeV	8,74E-06	2,34E-07	1,42E-07
116 MeV	2,37E-05	6,36E-07	3,86E-07
160 MeV	2,67E-05	7,17E-07	4,35E-07
200 MeV	5,15E-05	1,38E-06	8,38E-07
230 MeV	8,56E-05	2,30E-06	1,39E-06
Total	1,97E-04	5,29E-06	3,21E-06

Based on the obtained doses for Ar-41 in the three considered scenarios, it is evident that implementing ventilation measures drastically reduces the emitted dose, decreasing from a total of  $1.97\text{E-}04 \mu\text{Sv/hour}$  to  $5.29\text{E-}06$  for

a ventilation rate of 6 air changes per hour, representing a 97,2 % reduction in dose. With 10 air changes per hour, a reduction of 98.4 % in dose emission is achieved compared to the scenario without ventilation.

## Discussion and conclusions

Despite of the large and exhaustive studies developed in the implementation of radiological protection measures in proton therapy facilities, some of them mentioned in this project, proton-therapy discipline is constantly evolving and incorporating new developments that pose a great challenge for radiation protection for patients, medical staff, exposed workers, and the general public.

1. A methodology has been developed to achieve inputs from Monte Carlo Codes, PHITS, from the information in CAD and materials.
2. The inhaled dose is drastically reduced with a correct ventilation, -97.2 % with 6 rph, and -98.37 % with 10 rph, therefore, with the minimum renewal rate (6 rph) it would be enough to efficiently mitigate the dose by activation from air.
3. Qualitatively, ventilation should be maximum at the post-irradiation moment, thus reducing exposure to a minimum.

Although as shown, air activation is not a problem under current operating conditions, there are certain strategies and measures that could reduce exposure, with virtually no cost.

4. Ventilation system: Decentralized ventilation circuits are recommended depending on the installation area.
5. Air flow: System in depression, sucking from the accelerator area, never outwards or towards the iso-center area. Control air renewals independently in each zone:
6. Cyclotron area (AR), 10 renewals/hour, permanently
7. Gantry of the treatment area (GTR) 10 renewals/hour. A recommendable option would be to completely renew the air just before starting the treatment, and just after irradiation.
8. Gantry technical part (gantry pitch), 6 renewals/hour.
9. Control of the pressure with the aim of avoiding a flow of air from the inside to the outside of the bunker, with continuous reading and checking of the pressures.

## References

- Consejería de Sanidad del Gobierno de Cantabria. (2022). *Resolución de adjudicación del contrato de suministro de un equipo de protonterapia para el Hospital Universitario Marqués de Valdecilla (HUMV) PA SCS 2022/3*.
- García-Fernández, G. F., Gallego, E., & Núñez, L. (2019). Los nuevos centros de protonterapia en España. *Radioprotección, Publication SEPR*, 94, 19-28.
- Herault, J., & Carnicer, A. (2018). Radiation protection in protontherapy (Nice CALT-IMPT experience). *First International course in protontherapy*, Institute Curie, Paris. Oral presentation.
- IAEA. (2020). International Atomic Energy Agency. *Regulatory control of the safety of ion radiotherapy facilities*. IAEA-TECDOC-1891. IAEA, Vienna, 2020.
- Infantino, A. (2015). *Advanced aspects of radiation protection in the use of particle accelerators in the medical field*. TD. Università Degli Studi di Bologna.
- Navarro Hernández, D. (2023). *Desarrollo del modelo de un centro de protonterapia con sincrotrón compacto para estudios de protección radiológica con métodos de Monte Carlo*. TFM, ETSII-UPM.
- PTCOG. *Proton Therapy Facilities*. (2022). Homepage of Particle Therapy Co-Operative Group. <https://www.ptcog.ch>.
- Sato, T, Iwamoto, Y., Hashimoto, S., Ogawa, T., Furuta, T., Abe, S., Kai, T., Tsai, P. Matsuda, N., Iwase, H., Shigyo, N., Sihver, L. & Niita, K. (2018). Features of Particle and Heavy Ion Transport Code System PHITS Version 3.02. *J. Nucl. Sci. Technol.*, 55, 684-690. <https://n9.cl/jwgncl/>
- Shibata, K., Iwamoto, O., Nakagawa, T., Iwamoto, N., Ichihara, A., Kunieda, S., Chiba, S., Kazuyoshi Furutuka, K., Otuka, N., Ohsawa, T., Murata, T., Matsunobu, H. Zukeran, A., Kamada, S., & Katakura, J. (2011). JENDL-4.0: A *Journal of Nuclear Science and Technology*, 48(1), 1-30. <https://n9.cl/4ld18/>
- SuperMC (2023). <https://n9.cl/4ytzq/>
- Varian. (2023). *Proton Therapy*. <https://n9.cl/9jrmw/>
- Yonekura Y., Tsujii H., Hopewell J. W., Ortiz López P., Cosset J. M., Paganetti H., Montelius A., Schardt D., Jones B., & Nakamura T. (2016). Radiological protection in ion beam radiotherapy: practical guidance for clinical use of new technology. *Ann. ICRP*; 45 (1\_suppl): 138-147. <https://n9.cl/2wpuy/>

## Acknowledgements

Author Cristina Ratero Talavera thanks the Federico Goded Nuclear Safety Chair, CSN/UPM, for granting

a grant to carry out the course on Radiological Protection in Proton Therapy Facilities.

# Design and Construction of a Water Generator System from Air Humidity in the City of Guayaquil

---

Luis Caamaño-Gordillo

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8728-8195>

Angie Mojarrango Rodríguez

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

Edgar Xavier Salazar-Ojeda

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3711-2634>

## Introduction

This work focused on the design and construction of a water generator system from air humidity that can be implemented in areas where access to this basic life service is difficult.

The World Health Organization (WHO) estimates that 80 % of all diseases in the developing world are due to the lack of clean water and necessary filtration (World Health Organization, 2011). In Ecuador, while it is true that 70 % of the population has access to safe water, 30 % still do not and therefore are exposed to consuming contaminated water (Unicef, 2018).

In addition to this, pollution in general, climate change, and inefficient management by different entities have exponentially aggravated the ecosys-

tems that allow for water generation, regulation, and storage, decreasing their production capacity over time (Uribe, 2015). This affects everyone, especially the most vulnerable populations located in the outskirts of the city of Guayaquil - people with limited resources who do not have a potable water supply network.

This device captures water vapor from the air and then extracts the water through a drying process. The liquid is obtained in a pure state, but not yet suitable for use, so it must be treated to make it potable.

The functionality of the device will depend on environmental conditions such as humidity and temperature, as well as access to an electrical power source.

To carry out this project, before building the prototype and making the necessary improvements for its correct functionality, it was necessary to simulate the water generation process using simulation software (MATLAB-Simulink) (Matworks, 2023).

This initiative arose from the need to supply communities where a constant source of water is nonexistent or scarce. It is also important to address these types of issues that affect our environment by designing a device that generates water that meets quality require-

ments and is environmentally friendly at the same time.

The following sections of the article describe the materials and methods used for the design and construction of the air moisture-based water generator system in the city of Guayaquil. This is outlined in six phases. Subsequently, the simulation of the system using MATLAB-Simulink and PC SIMU is analyzed in the results section. Finally, the relevant conclusions of the study are presented.

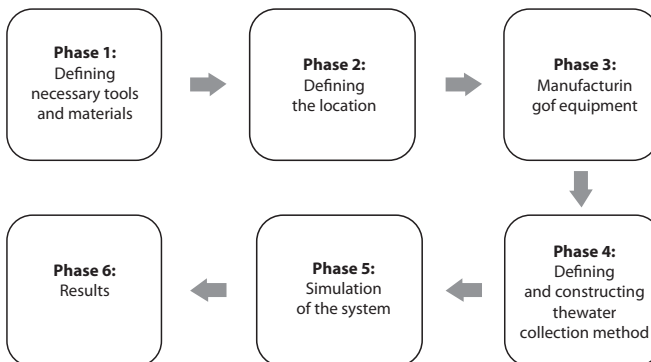
## Materials and Methods

The following is the methodology used for the simulation (Figure 1), design, and construction of the water generator system. To do this, it was necessary to resort to the thermodyna-

mic cycle with mechanical refrigeration technology and electronic control, which was carried out according to the following methodology:

**Figure 1**

*Phases of simulation, design, and construction of the water generator system*



### ***Phase 1: Defining necessary tools and materials***

Defining necessary tools, materials, and resources for the development of the water generator equipment. The materials necessary for the construction of the water generator device are explained below:

- **Evaporator:** it is a device with an operation divided into two parts, its main function is to absorb the heat from a space to be cooled and its secondary function is to remove the moisture from the refrigerated area (Bravo, 2022).
- **Condenser:** The condenser is the mechanism responsible for heat exchange, where the superheated vapor enters to be condensed into a liquid state thanks to the cooling of the system.
- **Capillary tube:** It is a throttling device that reduces the pressure of the refrigerant, its process begins from the condenser that leads the high-pressure fluid to the evaporator system by decreasing the pressure (Goncalves, 2021).

- **Compressor:** It is a machine that aims to displace compressible fluids such as compressed gases or vapors, driven by the compression generated by the kinetic energy exchange of the device (Ortiz et al., 2023).
- **Fan:** A device that pushes and pulls air, its specific function is to cool the motor or evaporator by circulating cooling throughout the system (Pucujji, 2022).
- **Metallic structure:** 1.2 mm galvanized, 1 ½ inch casters, 3-inch metal latch, 6011 welding electrodes, glossy white paint and cutting and folding.

### ***Phase 2: Defining the location considering humidity and altitude factors***

Define the location considering the factors of humidity and altitude at which the device is located with respect to the ground in relation to the water collection. In this case, the location for the respective tests of the device will be in the city of Guayaquil (Figure 2), which is at an altitude of 4 meters above sea level and has an average humidity of 70 %.

**Figure 2**  
*Map of Guayaquil city*



### ***Phase 3: Manufacturing of equipment considering AWG method***

Manufacturing a functional device capable of creating water through

the AWG (Atmospheric Water Harvesting) method (Wang, 2018), see Figure 3.

**Figure 3**

*Manufacturing of equipment*



### ***Phase 4: Defining and constructing the water collection method***

Choose one of the methodological models to be used with respect to the AWG method (artificial rainwater collection, fog water collection, and dew water collection) (Nahum et al., 2022), in this case, the dew water collection method was considered.

### ***Phase 5: Simulation of the system to verify the functionality of the equipment***

The implementation of a simulation model that represents the water generation process and allows for the verification of the equipment's functionality. This will be carried out using the variables and data obtained and then applied



to a simulation using MATLAB- Simulink software.

Next, the model is presented according to the dynamics of the system's

### Equations

$$W = \dot{m} (h_2 - h_1) \quad (1)$$

$$Q_L = \dot{m} (h_1 - h_4) \quad (2)$$

$$Q_H = \dot{m} (h_3 - h_2) \quad (3)$$

$$Q = \dot{m} v \quad (4)$$

$$h_3 = h_4 \quad (5)$$

Where  $w$  is power that must be applied from the compressor or fan.  $Q_L$  is Rate of heat extracted from the environment by the evaporator.  $Q_H$  is the rate of heat dissipated by the condenser, that is, the heat loss of the sub-

stance for its cooling.  $Q$  is Volumetric flow rate that will be obtained from the condenser when cooled.  $h_3 = h_4$  represents the equality of enthalpies through a connection from the evaporator to the condenser.

**Table 1**

*Libraries where the model elements can be found*

Element	Example
PID controller	Continuous
constant	Commonly used blocks
Scope	Sinks
Display	Sinks
Sum	Commonly used blocks
Gain	Commonly used blocks
Product	Math Operations

When implementing the model, an experimental procedure of a refrigerator is used as a basis, which has a cooling system consisting of a compressor

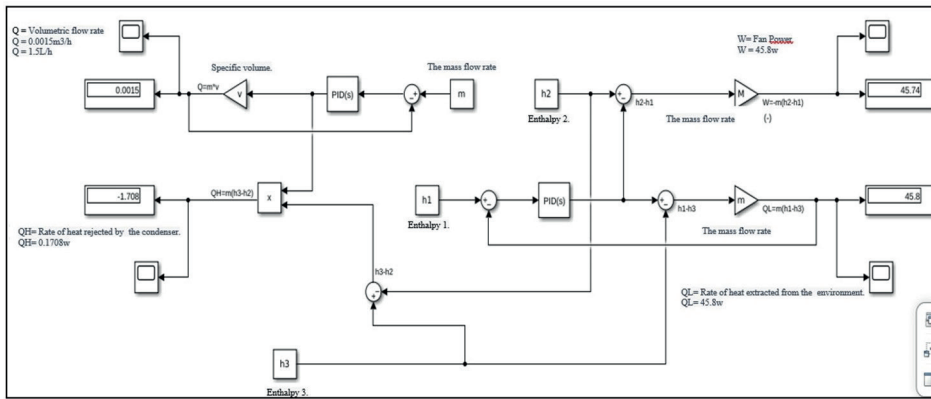
or fan, an evaporator, and a condenser, which are the most important components of the prototype (Cattani et al., 2021). A system is generated with res-

pect to heat transfer and fluid mechanics equations.

In the MATLAB-Simulink platform, a closed-loop simulation is created based on heat transfer and fluid mechanics equations. Four “constant” blocks are chosen for the enthalpies of the equipment and one for the mass flow rate that interacts with the desired flow rate.

**Figure 4**

*The model is implemented in MATLAB*



To avoid possible disturbances, a closed-loop system was established, meaning that PID controllers and an error from a “Summation” block are included in devices such as the condenser and fan, because the operation of a refrigerator has moments where it rests, reaches a state where it needs to stop, and then resume the process. For the flow rate, a “Product” block is added that generates the equation pro-

A gain block is added to the process, which represents the decomposition constant, named “k”. It is connected to a summing block with a positive and a negative input. The chain of “|++” is replaced by “|+-” to indicate that the first one is a positive input and the second one is an inverting input (Torres, 2018); see Figure 4.

cedure for obtaining volumetric flow (Abraham, 2019).

As a final implementation, a “Scope” block will be selected to analyze the behavior of the devices over the working time and a final “Display” block that generates a specific numerical result.

In the MATLAB command window, the variables of the model are declared with their values. This can be visualized in Figure 5.

**Figure 5***Declaration of model variables*

```

>> h1=46.01
h1 =
    46.0100          v =
>> h2=101.01          0.0360
h2 =                >> m=0.0015
    101.0100          m =
>> h3=60.01          0.0015
h3 =                >> M=-0.0015
    60.0100          M =
>> v=0.036          -0.0015

```

For the variables designated as enthalpies, mass flow rate, and specific volume, predefined data tables for the

equipment specifications and technical thermodynamics tables are used to delimit them, as illustrated in Table 2.

### Implementation of axial fan

Based on the geometric design, the axial fan was integrated to move the air which is at an average temperature of

25,6 °C. There are many factors that can be altered in the condensation process, such as temperature and air velocity.

**Table 2***Equipment specifications*

Capillary Length in mm	R 134a charge in grams	Enthalpy at evaporator inlet	Enthalpy at evaporator outlet	Mass flow rate of R134a	Thermal power in BTU/h
2100	80	46.01	101.48	4.01	222.66
2100	120	46.38	100.30	4.12	222.37
2100	160	49.55	102.25	6.53	343.94
2500	80	46.38	101.59	3.99	220.28
2500	120	47.00	100.30	4.10	218.52
2500	160	49.80	102.05	6.25	326.56
3300	80	46.71	101.82	3.81	209.98
3300	120	46.35	100.40	3.88	209.73
3300	160	50.13	101.80	5.50	284.21

### ***Simulation process***

The CAD technology software CADe SIMU was used, which allows controlling any required process through a diagram or circuit, in this case in the water generation process.

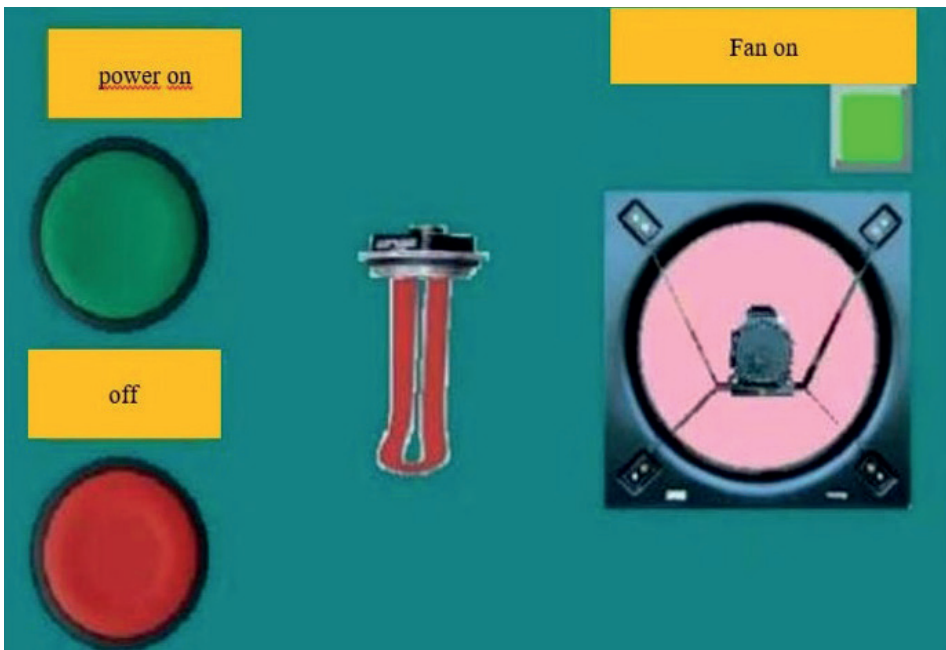
The PC SIMU software was also used to control the water generation process in a more didactic and visual way. For representation purposes, a motor and a heating resistor were used, which, through a push button

and a timer for connection/disconnection, allow the control of the temperature stabilization process in the device (Figure 6).

In the PC SIMU software, two buttons were placed, one for start and the other for stop, which allow to start or end the process. Two indicator lights were also placed to announce the correct operation of the fan and the heating resistance.

**Figure 6**

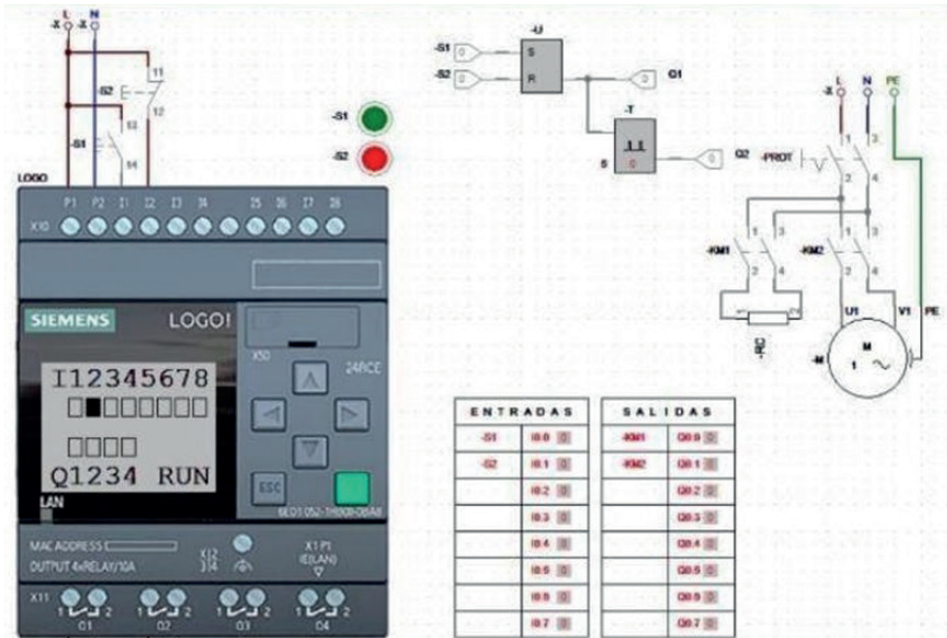
*The fan turned on in PC SIMU*



A PLC was used to command the process (Figure 7) in such a way that it can be implemented in practice. This

PLC helps to control what is desired to execute through programming.

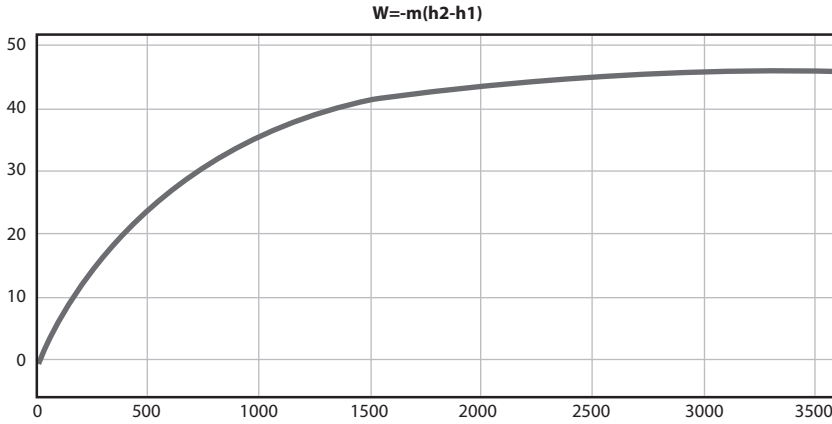
**Figure 7**  
*PLC was used to command the process*



### Results

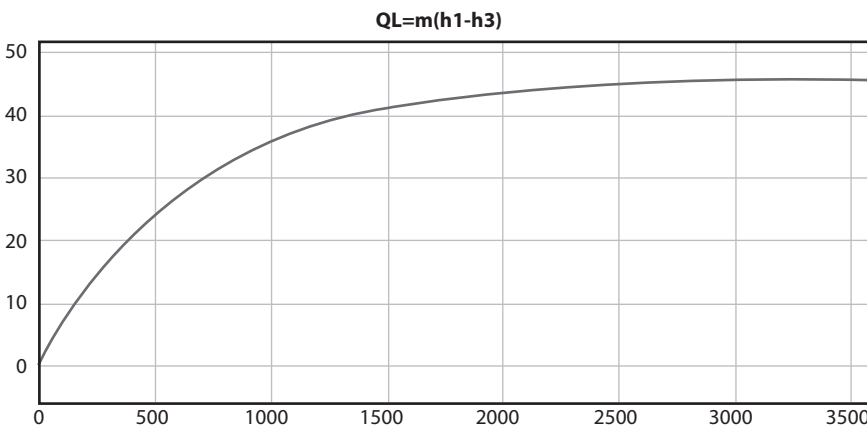
Once the relevant tests were carried out in the prototype design and the analysis and interpretation of the system behavior were conducted, the objectives were fulfilled and the respective parameters for the water extraction process were found. The obtained results are detailed below.

In terms of the power required by the compressor for an hour of operation, the process reaches a state where it must stop, enters a steady state, and the cycle repeats. During the operating time, it uses 45.74 watts of power. Refer to Figure 8 for observation.

**Figure 8***Behavior of the power supplied to the fan*

In the case of the evaporator process, it can be observed that its progress is very similar, this is because the amount of forced air it receives to overheat and drive it towards the condenser is the same. Therefore, the

process occurs in the same way until the compressor reaches the resting state, with the same measures of 45.8 watts that the evaporator manages to extract in its working hour, as shown in Figure 9.

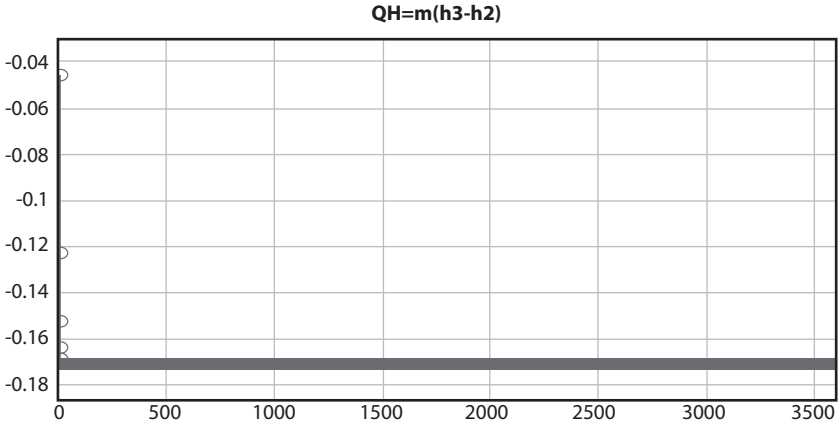
**Figure 9***Evaporator process involves forced air extraction*

In the condenser, the temperature exchange occurs to cool down the over-

heated fluid during the estimated one-hour working time, where there will

be a mass flow depreciation or loss of  $-0.1708$  watt, while the rest will condense into liquid as illustrated in Figure 10.

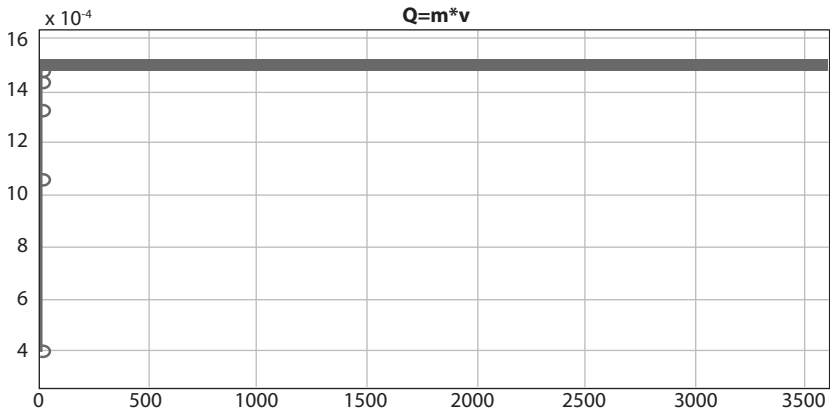
**Figure 10**  
*Temperature exchange and mass flow loss in the condenser*



As the system will extract the condensed liquid to be stored, the volumetric flow rate that can be stored during the condenser's operating time is calculated, which in its procedure is equal to

the loss, except that it is the extraction amount, obtaining  $0.0015 \text{ m}^3/\text{h}$  and this equals to  $1.5 \text{ L/h}$ . These values represent the amount of water obtained in an hour, as shown in Figure 11.

**Figure 11**  
*Extraction of flow rate and storage of condensed liquid*



## Conclusions

The dynamic behavior of the atmospheric generator was evaluated through a simulation model on the MATLAB-Simulink platform, using heat transfer equations and fluid mechanics with basic control actions to which two clo-

sed-loop controllers were added. Through feedback, disturbances were rejected, and errors were eliminated in less time, so that the system is not affected in the heat exchanger process, ensuring correct system behavior.

## References

- Abraham, C., Peralta, A., Prokofiev, S., Luis, L. L., González, H., Brayan, O., & Ibarra, R. (2019). *Device for generating water from the air*.
- Bravo, I. U. P., & de Ingeniería, F. (2022). *Design and Implementation of a Data Acquisition and Control System with a Human-Machine Interface for the Operation of an Air Conditioning System from a Virtual Platform*. Juan Camilo Muñoz Arboleda.
- Cattani, L., Cattani, P., & Magrini, A. (2021). Air to water generator integrated systems: The proposal of a global evaluation index—GEI formulation and application examples. *Energies*, 14(24).
- Goncalves de Oliveira, A. (2021). *Federal University of Minas Gerais Graduate Program in Engineering of a solar heat pump with propane for water heating equipped with a double capillary tube*.
- Nahum, E., González, R., & Espinosa Bautista, A. (2022). *Atmospheric water generator with thermosolar electricity production presented at National Autonomous University of Mexico, Faculty of Engineering*.
- Ortiz-Domínguez, M., Cruz, A., Juárez-López, Y., García-Hernández, O. V., & Mendoza-Castañeda, J. J. (2023). Compressor power. *Ingenio y Conciencia Scientific Bulletin of Ciudad Sahagun Higher School*.
- Pucujji, D. (2022). *Design and construction of a didactic module for the air conditioning system as a learning resource for Automotive Mechanics student's*.
- The MathWorks, Inc. (2023). *MATLAB*.
- Tripathi, A., Tushar, S., Pal, S., Lodh, S., Tiwari, S., Desai, R. (2019). Atmospheric Water Generator. *International Journal of Enhanced Research in Science Technology & Engineering*, 5(4), 69-72.
- Unicef. (2018). *Water, a pending human right for children in Ecuador*.
- Uribe, E. (2015). *Climate change and its effects on biodiversity in Latin America. Studies of climate change in Latin America*. <https://n9.cl/5zfam5/>
- World Health Organization. (2011). *Fourth edition incorporating the first addendum Guidelines for drinking-water quality*.



# Analyze Characteristic Curves of People Biomechanical Conditions with Knee Osteoarthritis using Inertial Sensors on Flat Surfaces

Eduardo C3ndor

Universidad Polit3cnica Salesiana, Ecuador

Jos3 Condolo

Universidad Polit3cnica Salesiana, Ecuador

V3ctor H. Cabrera–Moreta

Universidad Polit3cnica Salesiana, Ecuador

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9482-5705>

## Introduction

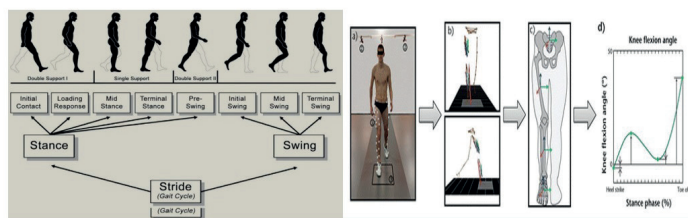
In the past few years, there has been a rise in the utilization of inertial sensors for gait analysis. The most notable research in this field is summarized in Table 1. These studies demonstrate the effective implementation of inertial sensor systems for measuring knee osteoarthritis in patients, which has sparked even greater interest in utilizing such

systems for clinical research. Patient-reported outcome measures (PROMs) and gait analysis are commonly employed methods for assessing functionality.

PROMs, although practical and widely available, suffer from substantial limitations in terms of function measurements (Renata *et al.*, 2012).

**Figure 1**

*Complete gait cycle (Mart3nez et al., 2018). Standard analysis of gait (Calder3n, 2016)*



There is ample evidence of differences in spatiotemporal parameters between patients with severe knee osteoarthritis and healthy controls (for a review, see Straw *et al.* (2010) and Calderón (2016)). However, the time requirements and the need for specialized personnel and dedicated gait laboratories with camera systems make laboratory-based gait analysis very expensive (Calderón, 2016).

According to the figure, it can be shown that the: (a) Subject with reflective markers walks in a gait laboratory equipped with a camera network, (b) camera signals are processed, (c) biomechanical modeling is performed, (d) descriptive modeling is performed to quantify joint kinetics and kinematics (Calderon, 2016).

Gait analysis establishes movement patterns that identify pathologies and events that can predict falls. To establish a real-time measurement system, a FPGA (Field-Programmable Gate Array) and four inertial sensors were employed. Each lower limb was equipped with an accelerometer positioned on the thigh to estimate the hip angle, while another accelerometer was placed on the leg to estimate the knee angle.

The firmware and software design allowed a maximum delay time, between readings, of 724  $\mu$ s, achieving a sampling rate of 250 Hz. The computational systems help us to improve the studies, which are pivotal when defining behaviors since it is very helpful in the cause-effect relationships as in

this study (Panebianco *et al.*, 2020; Carmenate Milián, 2014).

According to the figure, the most relevant inertial sensors are the gyroscope, accelerometer, and magnetometer, which are used to carry out a suitable study on the behavior and restrictions that may occur in the movement of the object of study. The lightweight portable nature makes inertial sensors an effective tool to be implemented for clinical fall risk assessment and continuous unsupervised home monitoring in addition to outdoor testing (Góngora García, 2003; Aranda Varela, 2018). The error distributions for various gait events and temporal parameters during water walking were influenced by the positioning of the sensor, the target variable, and the computational approach employed. Wearable inertial sensors have been developed lately, based on a set of sensors that are housed in a small device in which a 3D gyroscope, a 3D accelerometer, and a 3D magnetometer are wireless (INEC, 2010).

The methods applied for measuring and evaluating body posture do not manipulate any tissue to be analyzed, so an analysis of body posture is performed in vivo, nuclear magnetic resonance (NMR), computed axial tomography (CAT), dual X-ray absorptiometry (DXA) and plethimography methods because they are used in research and clinical settings (Moreta *et al.*, 2023). Carmenate Milián *et al.* (2014) measured the length of the knee of the individual in a seated position taking distance from the vertical to the anterior part of

the knee using an anthropometer, where the person is in a forward-facing position with a right angle at the ankles and knees.

**Table 1**  
*Relevant Research*

Authors	Analysis	Type of Patients
Broche <i>et al.</i> (Aranda Varela, 2018)	Gait asymmetry in biomechanical behavior of hip joints.	Handicapped Patients
Antwi–Afari and Li (Costa, 2015)	Fall risk assessment of construction workers based on biomechanical stability parameter.	Healthy patients.
Tse <i>et al.</i> (Carmenate Milián <i>et al.</i> , 2014)	Biomechanics of gait in the influence of foot posture when designing lateral wedge insole with variable stiffness support.	Healthy patients aged 23–34 years
Romero and Barrios (Góngora García <i>et al.</i> , 2003)	Gait biomechanics.	Patients with motor disability

## Method

### *Protocol and parameters*

**Figure 2**  
*Inertial sensors' location*



(Calderón, 2018)

The recruited individuals will perform the 10-meter walk test (10MWT), in a straight line at their own pace and barefoot, a test used by Cleland *et al.* (2019) and Nikaido *et al.* (2019). For the analysis, 7 inertial sensors will be used in the area of the pelvis, quadriceps, anterior tibialis, and feet, as shown in Figure 2. Three tests per participant will be performed on a flat tile surface, to rule out possible errors at the time of averaging the characteristic curves obtained from the sensors. Data transfer from each sensor was done via wireless connection to the Awinda station unit which includes a USB cable to be connected to a laptop to store all the collected data in the Xsens MT Manager software.

### Data Analysis

The beginning of the measurement on the march is arranged in the first step performed by which there is a contact of the foot with the starting surface and culminates with the forced foot on the final line of the section. All tests were taken into account since they were necessary to have an optimal result.

The sensors have the incremental orientational programming to perform measurements and storage in Euler angles specifically in the rotation in the x, y, and z axis with the names of Roll  $\phi$ , Pitch  $\theta$ , and Yaw  $\Psi$ , respectively (Jouybari *et al.*, 2019). The erroneous data generated by the sensors before and after the tests were eliminated to avoid curve deviations, once the data of quadriceps, tibialis, pelvis, and feet were collated to obtain the kinematic

angles of the knee in which we resort to Equation 1 implemented by Garza-Ulloa (2018).

$$\theta_{knee} = \theta_{shank} + (180 - \theta_{thigh}) \quad (1)$$

Where  $\theta_{knee}$  corresponds to the knee angle,  $\theta_{shank}$  to the tibialis anterior angle, and  $\theta_{thigh}$  to the quadriceps angle.

For the refinement of the data obtained, the method of polynomial linear regression by least squares was used, which provides a polynomial function of degree n, with a biomechanical sequence generated that is similar to each of the tests performed on the individuals in the study. To demonstrate how effective polynomial regression can be, it is performed using an analysis of the square root of the quadratic error as shown in equation 2.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2} \quad (2)$$

To infer in the study, a comparative analysis of the graphs obtained by Calderón-Ulloa (Costa *et al.*, 2015; Armas *et al.*, 2023; Moreta *et al.*, 2023) and the graphs generated by the data obtained through Xsens MTw Awinda sensors was performed.

### Participants

It is estimated that approximately 25 % of people over 55 years of age manifest knee pain due to osteoarthritis, so there is a population of 2,239,191 inhabitants of which 25 % are 559,797 people according to the 2010 census (Di, 2020).

The tests were performed on 3 individuals (2 women and 1 man) living in the Metropolitan District of Quito, Pichincha, Ecuador who were previously diagnosed with osteoarthritis of the knee. The parameters es-

tablished for each subject were weight, height, age, and body mass index (BMI), data specified in Table 1. Due to the anthropometry of each participant, the characteristic curves obtained were different.

**Table 2**  
*Participants*

P	Gender M/F	Weight [kg]	Height [m]	Age [years]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
1	F	78	1.68	68	27.6
2	F	78.95	1.51	66	34.6
3	M	65.04	1.50	67	28.9

## Results

The data obtained by the IMMUs in the measurement of the gait of the elderly, after the location in the pelvis in the L5 vertebra, tibial quadriceps, and feet, presented several curves which had specific patterns and could be superimposed and compared. However, some of them presented alterations due to noises present at the beginning and end of the tests, so those values were eliminated and not taken into account, even so, when proceeding with the tests, two more tests were performed to each one of the study subjects to ensure that the data being obtained were adequate to solve the noises present at the beginning and end of each test performed.

The people who underwent the study are older adults whose age ranges from 65 years and older, which is the age with the highest rate of problems with osteoarthritis in knees which directly in-

fluences their gait cycle. There are considerable differences in the rotation and pelvic obliquity in which can be seen the pattern of a person without osteoarthritis in knees compared to one that does, considering that there is a pattern of similarity with the same. Each person in the study had from 9 to 18 samples, considering each limb in which the sensor is located, i.e., feet, quadriceps, tibial, pelvis, and knees, the latter have fewer samples due to the calculation for obtaining its angle, thus reducing the number of samples.

The patterns obtained are compared with the study subject P3 for being the person who has a not-so-advanced level of knee osteoarthritis and the subject P2 who has osteoarthritis in the advanced stage determined. The data of P2 vary more to P1 and P3. Using MATLAB software, the data obtained

during the tests performed on the study subjects are outlined, and each person was assigned a color for its distinction, thus generating average curves to perform the polynomial regression.

The number of similar samples obtained are from 10 to 16 samples for the flexion–extension of the right quadriceps in the sagittal plane. The maximum value was established at  $3.59^\circ$  and  $6.01^\circ$ , respectively in P1 and P3 while P2 has a value of  $20^\circ$  as maximum and a minimum of  $-103, 30^\circ$ . The flexion and extension of the left quadriceps in the sagittal plane were determined from 15 to 18 samples as well as the right quadriceps, the maximum angle obtained is  $13^\circ$  for P3 and the minimum  $-130, 6^\circ$  for P2.

There are 10 to 12 samples in the pelvic obliquity for P1 and P3 which have a global pattern. P2 by not having enough samples due to the elimination of a test which had many erroneous data was not considered, even so, we can determine the maximum and minimum angle that P1 has with  $59.6^\circ$  and  $-177.9^\circ$ , respectively.

For the internal and external rotation that occurs in the pelvis during gait activity, 4 to 10 samples were obtained. There were two different patterns in which we have P1, P3, and P2, which present positive and negative ranges P1, P2, and P3 establishing a wide variation between their maximum and minimum, considering P1 as the general range that includes P2 and P3 with a maximum angle of  $34.24^\circ$  and a minimum angle of  $-67.37^\circ$ . The flexion and extension angles of the right tibialis during gait were obtained between 12 to 13 similar

samples in the sagittal plane, the maximum angle value is  $31.85^\circ$  for P1 and the minimum value is  $-168.3^\circ, -176.3^\circ$  for P1 and P2, respectively.

In left tibial flexion and extension, 12 to 18 similar samples were obtained for each subject, and the maximum angle value is  $22.05^\circ$  for P1 and the minimum value is  $-179.6^\circ$  for P2.

The number of samples obtained for quadriceps and tibialis determines the number of samples that can be obtained for knees. By using Equation 1, the samples for right knee flexion and extension are in the range of 10 for P1, P2, and P3, the maximum value of the angle is in  $206.3^\circ$  and the minimum value set is  $-41.41^\circ$  for P1 and P2, P3 has a maximum angle of  $91.46^\circ$  and a minimum angle of  $-37.94^\circ$ . As for left knee flexion and extension these were determined from 12 samples, the maximum angle value is  $155.8^\circ$  for P2 and the minimum value is  $-55.23^\circ$ , for P1 and P2. P3 has a maximum angular value of  $91, 46^\circ$  and a minimum value of  $-37.94^\circ$ .

For the angular displacement of the right foot, there are 12 to 14 samples, in which a maximum angle of  $27.39^\circ$  is obtained in P2 and a minimum angle of  $-69.59^\circ$  for P1, establishing a clear pattern. For the angular displacement of the left foot, there are 9 to 18 samples, in which a maximum angle of  $25.58^\circ$  is obtained in P2 and a minimum angle of  $-64^\circ$  for P1, P2, and P3, establishing a clear pattern.

The value “n” underwent a polynomial regression using the least squares

method with the average values of the samples. The regression analysis was conducted in MATLAB software, utilizing polyfit (x, y, n) command to determine the coefficients of the regression polynomial. Additionally, polyval (p, x) command was utilized to evaluate the polynomial  $p(x)$  with a degree of  $n$  (determined by polyfit) at each point of  $x$ .

Figure 4 shows the graphs resulting from the polynomial regression and the confidence interval established at 95 % for each of the regressions performed on the samples of pelvic rotation and obliquity, flexion, and extension of the quadriceps, tibialis, knees, and feet. The acronyms in the legends in each of the graphs are BC for confidence band and AP for least squares approximation.

The polynomial regressions performed have  $n$  ranges from the minimum value of 5 for Pelvic obliquity in the sagittal plane for senior P2 and 8 for the angular displacement of the right knee for senior P1, P2, and P3, to a maximum  $n$  equal to 16 for the angular displacement of the left ankle for senior P1. The regressions carried out must have a higher  $n$  in the tibial and knee to be able to be coupled to the original values obtained using the Xsens MTw Awinda sensors. To evaluate the performance of the polynomial regression, RMSE was performed between the data provided by the sensors and the data yielded by the command polyval(p, x) for the polynomial  $p(x)$  of the regression in MATLAB. Table 3 presents the values of the older adults.

**Table 3**

*Root value of root mean square error of polynomial curve fitting*

	P1	P2	P3
Pelvic obliquity	1.58E-08	7.98E-09	2.59E-08
Pelvic rotation	5.99E-08	5.95E-10	2.27E-09
Flex/Ext right quadriceps	4.32E-08	1.59E-06	6.93E-07
Flex/Ext left quadriceps	1.80E-06	8.06E-08	8.04E-06
Flex/Ext right tibialis anterior right	6.60E-09	3.36E-09	7.73E-10
Flex/Ext tibialis anterior left	3.03E-10	7.68E-12	8.54E-10
Flex/Ext right knee	4.98E-10	7.21E-10	4.99E-10
Flex/Ext left knee	7.63E-11	5.87E-10	4.06E-10
Flex/Ext left foot	1.18E-05	1.67E-10	5.45E-10
Right foot	1.69E-08	6.36E-10	2.05E-09

When comparing the data adjusted by least squares provided by the sensors with the data of Calderón and Ulloa (2016), the results are different from

the expected, since people with different stages of the disease intervened in the study; however, what is sought is to denote the link that exists between the

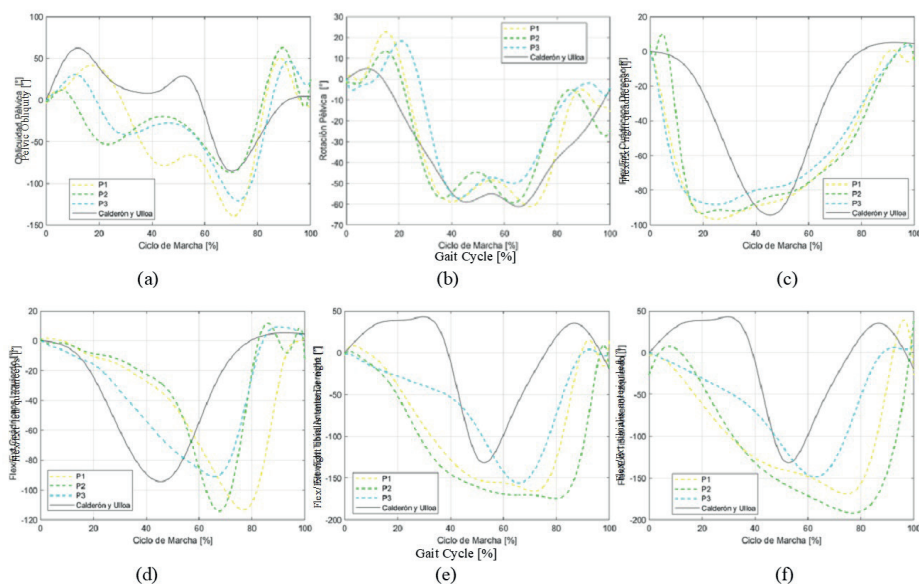
studies. For this reason, an assessment is made, thus determining the relationship that exists between the databases by applying the Pearson R. correlation coefficient, as seen in Table 3.

The values in Table 4 determine that there is a direct relationship with the group of data evaluated, which is not perfect considering that the people in the study have a disease that makes walking difficult, even so, obtaining values different from zero makes it difficult to state that there is a correlation, with minimum values of 0.07 for pelvic obliquity and 0.09 for flexion and extension of the right anterior tibialis anterior be-

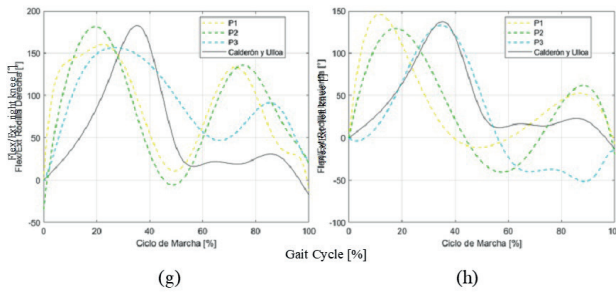
longing to the older adult P2, who has a more advanced pathology than the rest of the subjects. 0.07 for pelvic obliquity and 0.09 for flexion and extension of the right tibialis anterior belonging to the older adult P2 who has a more advanced pathology than the rest of the study subjects, the maximum values are 0.55 in pelvic obliquity of the older adult P3 and 0.53 in flexion and extension of the left quadriceps of the older adult P1. To reaffirm the similarity granted by the Pearson's relationship coefficient, a statistical distinction of the determination coefficient is performed, and the data are detailed in Table 4.

**Figure 3**

Comparison of the patterns evaluated in the gait cycle: (a) pelvic obliquity, (b) pelvic rotation, (c) flexion and extension of right quadriceps, (d) flexion and extension of left quadriceps, (e) flexion and extension of right anterior tibialis, (f) flexion and extension of left anterior tibialis, (g) flexion and extension of the right knee and (h) flexion and extension of the left knee







**Table 3**  
*Coefficient*

	Pearson's correlation coefficient, R			Coefficient of determination, R2 [%]		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Pelvic obliquity	-0.32	0.07	-0.55	10.52	0.49	30.55
Pelvic rotation	0.43	0.37	0.33	18.67	14.03	11.35
Flex/Ext right quadriceps	-0.28	0.46	-0.25	7.91	21.53	6.51
Flex/Ext left quadriceps	-0.53	0.20	-0.16	28.67	4.18	2.82
Flex/Ext right tibialis anterior right	-0.32	0.09	0.16	10.81	0.84	2.78
Flex/Ext tibialis anterior left	0.05	-0.29	0.21	0.31	8.77	4.44
Flex/Ext right knee	-0.25	-0.27	-0.26	6.66	7.57	7.01
Flex/Ext left knee	-0.18	-0.30	0.11	3.45	9.32	1.25

The data obtained show that the percentage of 11.35 to 18.67 is the one that presents the greatest similarity found in the pelvic rotation, followed by the pelvic obliquity that has a little similar value of the older adult P2 who has a more advanced stage of the disease, followed by the older adult P1 who has a percentage of 0.31, showing that his left anterior tibial affects the gait in an important way as well as with a percentage of 0.84 of the older

adult P2 in the right anterior tibial. The polynomial statistical analysis corroborates the similarity in different parts of the limbs and not in all since the study tends to have a pattern, but not to be equal since the study subjects have a disease which hinders their gait, so the measurements taken by using the Xsens MTw Awinda inertial sensors optimally validate the people involved, as seen in Table 4.

## Conclusions

The usefulness of inertial sensors allows recording data of human movements in real-time, thus helping research to be carried out in a laboratory or in a large area outside the facilities.

People suffering from knee osteoarthritis may present different values at the time of being studied, since this is because the disease in each person is at a different stage, which was diagnosed by a health professional as mild for the older adult P3, severe for the older adult P2 and moderate for the older adult P1, obtaining error values ranging from  $6.36E-10^\circ$  to  $1.18E-05^\circ$  and correlation coefficients ranging from  $-0.27$  to  $0.11$ , in comparison with data performed by Calderón and Ulloa (2016).

The values obtained in the evaluation determine that older adults comprise a similar pattern which can be distinctive for knee osteoarthritis disease, whereby the angular displacement of the right quadriceps has a maximum angle of  $20^\circ$  and a minimum angle of  $-103.30^\circ$ . The angular displacement of the left quadriceps has a maximum angle of  $13^\circ$  and a minimum angle of  $-130.6^\circ$ . In pelvic obliquity, there is a maximum angle of  $59.6^\circ$  and a minimum angle of  $-177.9^\circ$ . In pelvic rotation, there is a maximum angle of  $34.24^\circ$  and a minimum angle of  $-67.37^\circ$ . In the angular displacement of the right tibial, there is a maximum angle of  $31.85^\circ$  and a minimum angle of  $-176.3^\circ$ . The angular displacement of the

left tibial has a maximum angle of  $22.05^\circ$  and a minimum angle of  $-179.6^\circ$ . The angular displacement of the right knee has a maximum angle of  $206.3^\circ$  and a minimum angle of  $-41.41^\circ$ . The angular displacement of the left knee has a maximum angle of  $155.8^\circ$  and a minimum angle of  $-55.23^\circ$ . The angular displacement of the right ankle has a maximum angle of  $27.39^\circ$  and a minimum angle of  $-69.59^\circ$ . The angular displacement of the left ankle has a maximum angle of  $25.58^\circ$  and a minimum angle of  $-64^\circ$ .

The gait pattern, in addition to being affected by knee osteoarthritis, can be altered by causes such as overweight, size, footwear, hormonal pathologies and fractures, and trauma, taking as a reference the older adult P2 who in addition to having severe knee osteoarthritis suffers from hormonal pathologies such as hyperthyroidism involving overweight, resulting in a determination coefficient of  $0.49\%$  in pelvic obliquity,  $0.84\%$  in knee flexion and extension for the older adult P1 who has a history of fractures and trauma, overweight having a value of  $0.31\%$  in flexion and extension of the left anterior tibialis anterior.

The comparison made with the Calderón and Ulloa (2016) database does not have the data for the determination of characteristic curves about the left and right foot, for which reason it is not possible to determine the values for the left and right foot.

## References

- Aranda Valera, I. C., Mata Perdigón, F.J., Martínez Sánchez, I., González Navas, C., Collantes Estévez, E., & Garrido Castro, J. L. (2018). Utilización de sensores inerciales para la evaluación de la movilidad espinal en pacientes con espondiloartritis axial. *Rehabilitación*, 52(2), 100-106.
- Armas, Y. M., Cabrera, V. H., & López, A. (2023). Evaluation of Biomechanical Conditions in Infants from 20 to 48 Months of Age in Gait. In *Intelligent Technologies: Design and Applications for Society, Proceedings of CITIS 2022*, LNNS 607 (pp. 3-12). <https://n9.cl/zqb9i0/>
- Calderón, M., & Ulloa, R. (2016). Cambios asociados al envejecimiento normal en los parámetros angulares de la marcha a una velocidad controlada. *Revista Médica Chile*, 144(1).
- Carmenate Milián, L., Moncada Chévez, F. A., & Borjas Leiva, E. W. (2014). *Manual de medidas antropométricas*, 1.ª ed. SALTRA.
- Cleland, B. T., Arshad, H., & Madhavan, S. (2019). Concurrent validity of the GAITRite electronic walkway and the 10-m walk test for measurement of walking speed after stroke. *Gait and Posture*, 68, 458-460.
- Costa, O., Aubin, A., Oliviera, C., Paz, J., & Luján, C. (2015). Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. *Archivos de Medicina del Deporte*, 32(6), 387-394.
- Di, G. T. (2020, 7 marzo). *Plexofisioterapia*, [www.plexofisioterapia.es](http://www.plexofisioterapia.es). Accedido el 18 de diciembre de 2023.
- Garza-Ulloa, J. (2018). Diseño de experimentos, adquisición de datos y procesamiento de señales. *Researchgate*, 1(4), 179-237.
- Góngora García, L., Rosales García, C., González Fuentes, I., & Pujals Victoria, N. (2003). *Articulación de la rodilla y su mecánica articular*. Medisan.
- INEC. (2010, 12 septiembre). *Proyección por provincias, sexo y áreas 2012-2020*. <https://n9.cl/i1x8/>
- Jouybari, A., Amiri, H., Ardalan, A., & Zahraee, N. (2019). Comparación de métodos para la determinación de la actitud de una boya ligera mediante datos brutos de IMU. *SAO*, 135, 348-354.
- Martínez, S., Vergara, L., Ramírez, B., & Olmoz, L. (2018). Aplicación de sensores inerciales para análisis de marcha humana. *Revista de Ingeniería Tecnológica*, pp. 23-31.
- Moreta, G., Ortega, D., & Cabrera, V. H. (2023). Evaluation of Biomechanical Conditions in Infants from 20 to 48 Months of Age in Gait. In *Intelligent Technologies: Design and Applications for Society, Proceedings of CITIS 2022*, LNNS 607 (pp. 13-23). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-24327-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24327-1_2)
- Nikaido Y, Urakami H, Akisue T, Okada Y, Katsuta N, Kawami Y, Ikeji T, Kuroda K, Hinoshita T, Ohno H, Kajimoto Y, Saura R. (2019). Associations among falls, gait variability, and balance function in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 183. <https://n9.cl/gvj2y/>
- Panbianco, G. P., Bisi, M. C., Stagni, R., & Fantozzi, S. (2020). Timing estimation for gait in water from inertial sensor measurements: Analysis of the performance of 17 algorithms. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 197.
- Renata, D. S., Fabrice, D. C., Pierre, S., Arnaud, C., Jonathan, C., Sylvie, G., & Jean, C. (2012). Computerized video analysis of social interactions in mice. *Pulmed.gob*, pp. 410-7.
- Straw, A., Branson, K., Neumann, T., & Dickinson, M. (2010, 14 July). *Multi-camera real-time three-dimensional tracking of multiple flying animals*. The Royal Society.

# Design of Scada System for Zeolite Purified Water using Labview

---

Isaac Simbaña

Instituto Superior Universitario Tecnológico Sucre, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3324-3071>

Leonidas Ramírez

Grupo de Investigación en Ingeniería, Productividad y Simulación Industrial (GIIPSI),  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3324-3071>

Alexander Buitrón

Instituto Superior Universitario Tecnológico Sucre, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-8405-4734>

David Saquina

Instituto Superior Universitario Tecnológico Sucre, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8353-1621>

## Introduction

Water is an essential resource for life, however, due to the constant worldwide population growth, this consumption also increases every time (García-Loor *et al.*, 2020). Previously, civilizations used water from natural sources, such as rivers or lakes, but the pollution generated by globalization has caused the presence of physical, chemical, and microbiological agents in these sources. Water is used in agriculture, industry, and consumption by 70, 19, and 11 %, respectively (Bernabé-Crespo *et al.*, 2021). An alternative to this problem was to provide drinking water, organizing storage and distribution systems for this resource. Guarantee

the quality of water for human intake has become a challenge, because it is exposed to harmful substances and microorganisms that affect the health of people if they consume it directly (Simbaña *et al.*, 2022). There are several scenarios related to this problem, such as the discontinuity of the service, and the conditions of the domestic distribution lines, among others.

South American countries have abundant water resources, but more than 30 % of the population does not have drinking water, particularly in rural sectors (Cuenca *et al.*, 2021). In Ecuador, there is a consumption of 249 liters of water for each inhabitant per day and

the National Institute of Statistics and Censuses (INEC) affirms that 79.3 % of the water is not contaminated and the remaining percentage is exposed to polluting agents (Castro-Vázquez and Tenesaca-Quishpe, 2022). Cadme-Arévalo *et al.* (2021) indicate that 36.5 and 16.7 % of households in the urban sector have received drinking water with a bad taste and odor, respectively. Also, more than 55 % of people who have directly consumed water have had gastric diseases, mainly diarrhea. Arellano and Lindao (2019) affirm that there is distrust in the population to drink drinking water, due to the related possible diseases, therefore, more than 87 % of people prefer to consume bottled water.

According to the World Health Organization (WHO), in the Water Quality Guidelines, drinking water must be protected to avoid microbiological contamination, especially from fecal agents. Due to economic activities in rural sectors, such as agriculture and livestock, this resource has a greater probability of containing harmful microorganisms and being exposed to environmental contamination. More than 90 % of the analyzed samples contained bacteria, *Escherichia coli* being the most present, which affects the gastrointestinal system and can cause stomach upset, nausea, vomiting, and diarrhea. This problem is caused by the lack of water treatment and filtration systems, besides to the fact that rivers have been treated as wastewater receptacles. *Cryptosporidium* is another microorganism of fecal origin that causes diseases, either by direct consumption of water or indirectly, by ingesting food irrigated with

contaminated water (Hernández-Gallo *et al.*, 2019).

A constant technological advance is necessary to satisfy the population's requirements, however, it generates pollution that has caused climatic changes and effects on the atmosphere. This contamination has changed the natural distribution of water and the natural filtration systems towards the sources utilized (Ruiz-Martínez *et al.*, 2021). However, there are still several elements that contribute to water filtration, the capture of contaminants, and moisture absorption, such as zeolite. Zeolite is a type of microporous mineral 70 % used worldwide for water treatment systems and which works through an ion exchange (Gallo-González & Vásquez-Rodríguez, 2021). Water that comes from underground sources contain certain heavy metals and alkalis that can be harmful to the health. Something similar occurs with water distribution pipes, that due to wear and tear can contaminate the water. The granulated zeolite reaches to contain up to 66 % of the Arsenic that is present in water (Rubio-Arias *et al.*, 2021). This water quality management process in Ecuador is controlled by the National Water Secretariat (SENAGUA), for the analysis of organic matter and metal content that may cause an unpleasant taste or odor in water for human intake (Ramírez-Palma *et al.*, 2019).

The purpose of a SCADA system is based in remote terminals for input of operational information, that is recorded and sent to a control station. Hence, labor in operation and maintenance is

reduced by requiring only an operator to supervise and generate command actions remotely. The way to operate the control station must be simple, therefore, it is necessary to present a visual interface that is easy to understand. Babu *et al.* (2021) define the importance of a human-computer interface (HMI), which consists of displaying the information collected by the sensors through a screen. Then, the operator knows the instantaneous values of water flow from the pump, the water level that is contained in the tank, and other parameters. Even though a filling process is already supervised and controlled, it continues to have productive effects due to human interaction. For this reason, technological advance is related to the development of more efficient microprocessors and programming methods that allow working at a higher pace. A constantly advancing software is Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (LabVIEW), an instrumentation tool that works in multi-node processes with numerical analysis of measurement devices for a friendly visual interface presentation. The mechatronic intelligence in the measurement, identification, and control of water level control systems was analyzed by Olejnik & Awrejcewicz (2022). Literature about intelligent machines and mathematical methods for industrial water control systems with SCADA was reviewed. The validity of an analytical and predictive result using LabVIEW considered the analysis of obtained results experimentally, emphasizing that a hybrid system is an appropriate alternative if economic resources are available.

Nanda *et al.* (2021) presented the design and real-time implementation of smart water management using LabVIEW and the Internet of Things (IoT). With IoT, people interact with machines, devices, sensors, and other ones, through network communications to transmit and receive information. Electronic sensors connected to a 34-pin processor linked to a computer that also works with Wi-Fi were used. All operation data is sent directly to LabVIEW to be pre-processed and display results in the interface of an IoT center. A system for level supervision and control was proposed using a web application, where management activities can be carried out. Another monitoring system for bottled water using IoT and LabVIEW was presented by Devan *et al.* (2019). The wireless connectivity from the sensors to applications for the control of a SCADA system was proposed. The conservation of natural resources and the reduction of water waste were mentioned as important, identifying those various daily used devices that contribute to automated processes, making it possible to present alternatives towards sustainable development with modern technologies.

Water supply systems for human intake will necessarily adhere to the regulation of good manufacturing practices of the Ministry of Public Health. There are requirements to consider the water consumable, based on the INEN 1108:2014 standard (2014). In addition, the Constitution of Ecuador in article 60 indicates that the human right to water implies free access and use of surface or groundwater for human consumption. This is as long

as this consumption does not divert from their channel or discharge discharges or produce an alteration in their quality or a significant decrease in their quantity, nor affect the rights of third parties and under the established limits and parameters (Asamblea Constitucional del Ecuador, 2008). The objective of this work is to present a data acquisition and control system using LabVIEW during the filling process in a tank that contains water

for human intake that has been purified with zeolite filtration. The document is distributed as follows: the methodology presents the characteristics of the elements used and the configuration in the software. The results describe the obtained information during the simulation, which is discussed in Conclusions, indicating whether the investigation is correctly planned.

## Methodology

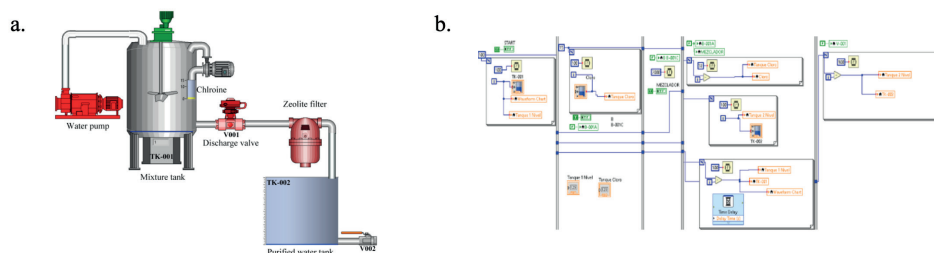
### System description

Zeolite has a better solids retention capacity, besides this type of filter can retain particles of up to  $5\ \mu\text{m}$  (Burgos & Agudo, 2015). Figure 1a presents the disposition of the required components for the water distribution and filtration system. There is a water pump that leads the water to the tank, where chlorine is added in the first stage of purification and it is mixed with paddles. At this stage, there is a sensor for water control and chlorine level. Previously treated water is conducted through an outlet line to a discharge valve, that regulates

the required pressure. In the final stage, the water flows through the zeolite filter where impurities are retained, guaranteeing the human intake. Block diagram constitutes the source code, it allows the implementation of the program to control the water flow. It also executes any processing of the inputs and outputs that were created in the panel *front*. Figure 1b presents the diagram with a wide variety of blocks for the water filtration and distribution system for human intake. It is important to mention that these elements perform an important role within the block diagram.

**Figure 1**

*Components for the water distribution and filtration system a) disposition, b) block diagram*



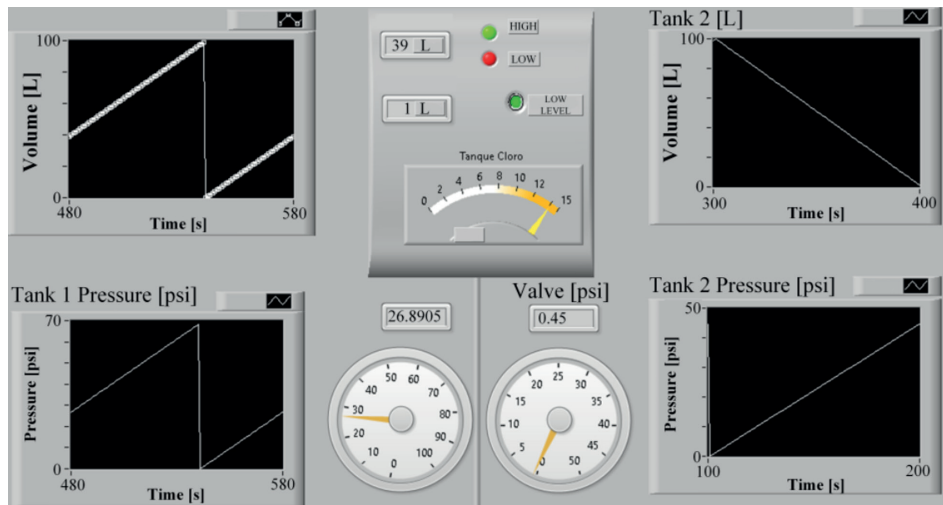
## Results

To start, a dynamic interface but at the same time simple was made, where the process and control to select data to be analyzed are observed with simulation options and flow charts. Configuration presents the Start Menu to access the simulation or the data graph. When accessing the first simulation option, an interface can be seen where the water SCADA system is simulated. The Data Graphic Option leads to the interface, visualizing if there are losses within the system, as well as the tanks filling. The analysis of results is developed according to the programming, linked to each tank. Figure 2 presents the general indicator since there are

two graphs per tank and the process is monitored with a simple interface for reading the operating parameters to be considered. It shows the volume filling graph in the mixing tank, as a function of time and a graph with the fluid pressure variation inside the mixing tank, measured by a manometer. This analysis considered the programming that reflects whether the filling of the tank is correct or if there are leaks within it. In this way, it is verified that the filling process of this tank is carried out normally. It has also been verified that the system is operating correctly, without the presence of unexpected pressure drops due to leaks.

**Figure 2**

*General Indicator for plot results*





## Conclusions

During this investigation, the information from different scientific databases was reviewed to know the operation and programming of SCADA systems. The different water filtration systems were also reviewed, determining that the zeolite filter is the one with the highest purification. This filter contains activated zeolite that guarantees filtering and disinfection of water for human consumption. LabVIEW software was used to execute the block diagram according to the main components of the system. From the results obtained when carrying out the simulation, it was defined that the volume of water belongs to the capacity of the tank, corresponding to the geometry of  $510 \times 510 \times 830$  mm, with a pressure of 10 bar. A pressurized system inside the tank was analyzed, therefore, the simulation allowed obtaining a maximum pressure value of 4.75 bar (68.96 psi), in an adequate working range for liquids.

The pressure change at the time of discharge has been considered to complete the filtering process, as well as other elements that provide characteristics, such as the valve that is implemented due to the greater mechanical resistance to hydraulic pressure. During the simulation, the measured pressure reached 3.10 bar (45 psi) as the maximum value. When analyzing the pressure difference in the distribution system, it was defined that, in operation, when the system unloads the first tank and empties, the pressure drops completely due to the absence of liquid. When a new load is started, the values return statically and behave in the same way before a new process. The presentation of this work has raised the design of the water distribution and filtration system for human consumption so that its future implementation is viable.

## References

- Arellano, A., & Lindao, V. (2019). Effects of water quality and management on bottled water consumption. *Novasinerгия*, 2(1), 15-23. <https://n9.cl/jp7ksq/>
- Asamblea Constitucional del Ecuador. (2008). Artículo 318. En *Constitución del Ecuador* (p. 95).
- Babu, C., Jayakar, S., Rajesh, T., Saran, G., Thyaniti, C., & Kumar, A. (2021). An Investigation of HMI-based PLC-PID for Automatic Quality Water Distribution System. *Smart Technologies, Communication and Robotics*, 1, 1-7. <https://n9.cl/k5ota/>
- Bernabé-Crespo, M., Tudela-Serrano, M., & Gómez-Espín, J. (2021). Water supply management in a semi-arid region: analysis of potable water consumption in Campo de Cartagena – Mar Menor, Southeastern Spain (2010-2019). *Boletín de la Asociación de Geógrafos*, 88, 1-34. <https://n9.cl/ljd3v/>
- Burgos, E., & Agudo, D. (2015). *Análisis de la eficiencia de filtros a base de zeolita para la remoción de contaminantes en el agua proveniente de dos pozos de abastecimiento público en el recinto Tres postes, cantón Alfredo Baquerizo Moreno*. ESPOL-FICT.
- Cadme-Arévalo, M., Rojas-Urbe, L., Arreaga-Cadme, T., Cedeño-Moreira, A., González-Ororio, B., & Saltos-Vásquez, L. (2021). Servicios de agua potable, saneamiento básico y problemas

- de salud asociados al consumo hídrico en el cantón Quevedo, Ecuador. *Ciencia Latina*, 5(5), 10301. <https://n9.cl/go5wl/>
- Castro-Vázquez, R., & Tenesaca-Quishpe, P. (2022). Microbiological, physical and chemical quality impact the quality of drinking water. *Revista Electrónica Multidisciplinaria de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura*, 4(1), 317-342.
- Cuenca, J., Gallardo, K., & Domínguez-Gaibor, I. (2021). Ecuador Social perception of the quality and service of drinking water in El Coca City. *Green World Journal*, 4(1), 1-16.
- Devan, P., Poovethan, K., Kumar, C., & Kumar, R. (2019). IoT Based Water Usage Monitoring System Using LabVIEW. *Smart Technologies and Innovation for a Sustainable Future*, 205-212. <https://n9.cl/6cihg/>
- Gallo-González, A., & Vásquez-Rodríguez, G. (2021). Use of zeolites to controlling nonpoint sources of water pollution: a review. *Ingeniería del Agua*, 25(4), 241-246.
- García-Loor, E., Chávez-Wilson, J., Loor-Zambrano, H., & Córdova-Mosquera, R. (2020). Purifying plants: Reality of bottled water in Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 692-705. <https://n9.cl/p6327/>
- Hernández-Gallo, N., Hernández-Flórez, L., & Crotés-Vecino, J. (2019). Application of the Driving Forces Methodology and the OMS model of Social Determinants of Health taking Cryptosporidiosis in Colombia as an example. *Salud Pública*, 21(6), 1-8. <https://n9.cl/ggph0/>
- INEN. (2014). *Norma Técnica Ecuatoriana: INEN 1108*. Retrieved Agosto 23, 2022, <https://acortar.link/YPpQpP/>
- Nanda, I., Shukla, V., Dhaneakula, V., Gadipudi, M., Penugonda, V., & Maloji, S. (2021). Design and Real Time Implementation of SmartWater Management using LabVIEW and IoT. *International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy*, 1, 524-528. <https://n9.cl/4da1g/>
- Olejnik, P., & Awrejcewicz, J. (2022). Intelligent Mechatronics in the Measurement, Identification and Control of Water Level Systems: A Review and Experiment. *Machines*, 10(960), 1-31.
- Ramírez-Palma, R., Véliz-Aguayo, A., Garcés-Vargas, J., Moreno-Alcívar, L., Herrera-Brunett, G., & Salvatierra-Barzola, M. (2019). Reducción de trazas de materia orgánica en agua potable mediante la adsorción con zeolita. *Ciencia UNEMI*, 12(29), 51-62. <https://n9.cl/heioo3/>
- Rubio-Arias, H., Ochoa-Rivero, J., Villalba, M., Barrientos-Suárez, E., De la Mora, C., & Rocha-Gutiérrez, B. (2021). Eliminating heavy metals from water with filters packed with natural zeolite of varying sizes. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 4, 1-47. <https://n9.cl/73cj8x/>
- Ruiz-Martínez, J., Ovando-Chacón, G., Gómez-Rodríguez, J., Ovando-Chacón, S., & Rodríguez-León, A. (2021). Simulación de la separación de una mezcla bioetanol-agua con zeolita natural en lecho fijo. *Congreso Internacional Anual de la SOMIM*, 27, 1-9.
- Simbaña, I., Quitiaquez, W., Ramírez, L., & Saquina, D. (2022). Feasibility study of a rainwater harvesting system at Guamani – Quito. *Unanchay*, 1(1), 47-63.

# Transgenic seeds in Ecuador: Technological innovation or destruction of agriculture in Ecuador? A bioethical perspective

---

Ronnie Xavier Lizano Acevedo  
Grupo de Investigación de Ciencias Ambientales (GRICAM)  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9490-8882>

Jessica Michelle Guamán Pozo  
Grupo de Investigación de Ciencias Ambientales (GRICAM)  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8591-3030>  
[jguamanp@ups.edu.ec](mailto:jguamanp@ups.edu.ec)

## Introduction

Ecuador is one of the most megadiverse countries in the world, has almost 18 million inhabitants, 20 % of the population in Ecuador is focused on the agricultural sector and it is estimated that 54 % is carrying out agricultural activities (INEC, 2020). For decades, the green revolution has been putting forward the discourse of ending hunger in the world, giving rise to the genetic revolution, which aims, through transgenic crops, to continue the trend of blind productivism that does not see the social and environmental impact.

This study aims to question the cognitive capitalism that is behind the seed patents obtained as supposed innovations and that, at the rural level, usurp peasant

biodiversity, causing land dispossession, migration, and in some cases, a farmer class subordinated to capital and condemned to destructive processes for the health of the communities. This analysis shows that bioethics is an essential tool for evaluating and regulating the use of genetically modified organisms and ensuring that technological advances are developed responsibly and ethically.

Bioethics is a discipline that relates human behavior to the development of life (Rodríguez, 2010). Ecuador is considered a transgenic-free country, prohibiting the introduction of modified organisms harmful to the ecosystem, society, economy, and agrobiodiversity (Bravo & León, 2013). According

to Nicolas (Cuvi, 2013) science and technology should be promoted in a sovereign and sustainable manner to not depend on corporations that con-

rol markets. This study questions the cognitive capitalism behind the seeds created with technological innovation from bioethics principles.

## Body

This research is qualitative, conducting critical analysis and a review of updated scientific literature of scientific research through the Google Scholar search engine using keywords such as (Bioethics, Transgenics, Ecuador, and biotechnology) from 1991 to 2021.

The advance of science and technology has allowed the development of different techniques for food production for humanity (Hurtado, 2017). However, there is a controversy between technology and its relationship with industry, the market, and the human, social and natural balance (Larach, 2001).

Bioethics is a discipline that analyzes and evaluates scientific, economic, technological, social, legal, cultural, and religious aspects, considering humanity's values and moral principles (Jumbo, 2021). Bioethics seeks to establish ethical standards and guidelines for researching, developing, and applying GMOs. Bioethics is essential in evaluating the potential risks and benefits of its use and in regulation and application.

In Ecuador there are critical issues that need to be analyzed from bioethics such as transgenics. According to Bravo (2017) mentions in Table 1 the following.

**Table 1**  
*Tensions and visions on transgenics in Ecuador*

Topic	Problem	Visions pro GMO	Visions anti GMO
<b>Legal and Constitutional Framework</b>	Although the Constitution of Ecuador prohibits GMO crops and seeds, there have been proposals to amend it.	GMOs need to be regulated as is the case in other countries.	Ecuador should remain GMO-free.
<b>Role of Scientists and the Population in the GMO Debate</b>	There is very little understanding about GMOs and their dangers in Ecuador	Scientific groups are the ones called to influence decisions on the topic.	Decision-making on GMOs is influenced by power dynamics and inherently political.
<b>Scientific Uncertainty about GMOs</b>	There is no scientific certainty about the impacts of GMOs.	GMOs are becoming increasingly safe.	There is an increasing number of studies showing the impacts of GMOs.
<b>GMOs and Biodiversity</b>	Ecuador is a country rich in agrobiodiversity.	We should exploit biotechnology based on our biodiversity.	The introduction of GMOs could put Ecuador's rich biodiversity at risk.

<b>GMOs and agriculture</b>	Agricultural productivity in Ecuador is very low, especially in the inter-Andean region.	GMO crops can solve many of the country's agronomic problems.	Support should be given to research on agroecological practices and peasant production
<b>GMOs and human health</b>	Biotechnological developments in the field of health will save millions of lives.	The state should invest in science and technology in the field of health biotechnology.	Both GMOs and the associated technological package are risky for health.

Note: Adapted Table by Bravo (2017)

Bioethics introduces four principles: beneficence, non-maleficence, autonomy, and justice. These principles are essential to value the discourses of agricultural development and encourage the different actors of Ecuadorian society to make wise and intelligent decisions

about agri-food systems to create a balanced society-nature metabolism.

According to Freire (2002), Bioethics demands that agricultural activities comply with the following principles or moral values as shown in Table 2.

**Table 2**  
*Bioethical Definition*

<b>Principle:</b>	<b>Description by Moorthy (2021)</b>	<b>Description by Freire (2002)</b>
<b>The Principle for Autonomy</b>	Moral decision-making assumes that rational agents are involved in making informed and voluntary decisions.	Respecting people's right to make decisions regarding their life and environment
<b>The Principle of Non-maleficence</b>	The principle of nonmaleficence requires of us that we not intentionally create harm or injury, either through acts of commission or omission.	Internalizing the principle of 'not harm' to others.
<b>The Principle of Beneficence</b>	Those involved should take positive actions to enhance the well-being of both people and the environment.	The benefit life, contributing to well-being, health, and better quality of life.
<b>The Principle of Justice</b>	Justice is usually defined as a form of fairness, or as Aristotle once said, "giving to each that which is his due".	Equitable access to well-being.

Note: Adapted Table by Moorthy (2021) & Freire (2002).

According to these Table 2, a critical retrospective can be made on the green and current genetic revolutions. This refers to the dialectical transition from industrial capitalism to cognitive capita-

lism, with its devastating consequences for sustainable and human development.

Beneficence is the first principle violated by genetically modified organisms (GMOs) since their hidden intention is

to foster processes of capital accumulation through accumulated intellectual knowledge or cognitive capitalism, an issue manifested in the production of transgenic seeds. Vercellone (2006) suggests the need for a cognitive division of labor that differs substantially from industrial capitalism, the basis of which is the transition from industrial capitalism to a new type of capitalism, cognitive capitalism, characterized by valuing knowledge more than labor power.

Cognitive work is the exclusive use of intelligence, an action of cognition that excludes the direct physical manipulation of matter. In work processes and value chains, cognitive labor is the hegemony of work with a high intellectual content that conditions the application of traditional labor and thus gives rise to novel forms of capital valorization (Miguez, 2016). The cognitive labor manifested in obtaining a genetically modified seed demonstrates that capitalism in agriculture seeks its expansion at the expense of people's food sovereignty.

Capital seeks strategies to circumvent the obstacles in agriculture, concentrating on providing supplies and transforming agricultural products to be more highly valued. Nature was excluded from being patented in constitutions worldwide, but several companies have succeeded in patenting living organisms in the United States. This has set a legal precedent, causing some multinational companies to patent thousands of varieties from germplasm banks. With the expansion of biotechnologies applied to

agriculture, there have been significant changes in the privatization of knowledge, use, and reproduction of seeds, giving rise to new capital accumulation mechanisms (Bianco, 2015). Thus, all the accumulated knowledge of the development of science and technology around obtaining improved seeds and their supposed intellectual property rights is verified.

It is also questionable that through the patent system, benefits are not appropriately shared; modern science only recognizes as valid knowledge the knowledge generated in laboratories by the patent system. The populations that use the original organisms do not receive any compensation, and their knowledge is exploited for the benefit of third parties (Rodríguez, 2010). Due to advances in science, technology, and law, there are new forms of domination, capital accumulation, decapitalization of farmers, and dispossession of their traditional practices of saving their seed, aggravating the migratory crisis of farmers.

The principle of non-maleficence seeks not to cause harm while producing or consuming and to protect the society-nature metabolism relationship. This principle relates to the duty to respect all living beings, including humans, that may be harmed by human actions (Rodríguez, 2010). It is essential to analyze the potential risks of genetically modified organisms before they are released for commercial use, such as toxicity or allergenicity assessment.

In the last fifty years, and at an accelerated pace since the 1970s, the world

has experienced an increasing concentration of the whole agricultural chain from production to marketing, processing, and production of chemical inputs, and increasing dependence on a limited number of foods (Houtart & Michel, 2016). This is why the green revolution model and the genetic revolution have been allowed to open new frontiers of capital (Guaman, 2020), triggering destructive processes in rural spaces around the world, such as the decapitalization of small farmers, land dispossession, and shock. Grain (2012) has reported 400 land-grabbing cases over almost 35 million hectares in 66 countries.

The causes of these processes are strongly related to the capitalist crisis and the strategy of domination of developed countries through the expansion of vanguard capital. The North loses competitiveness and seeks spatial solutions to its decadence in the South (Rubio, 2015).

Bioethical reflection on GMOs can help to point out areas that need to be regulated. There are many gaps in the legislation of Latin American countries regarding the use of and research on transgenics. Some GMOs are introduced without adequately evaluating their safety, possible health risks, and the possibility of gene transfer to wild populations (Rodríguez, 2010). It is essential to apply the precautionary principle, which states that when there is a danger of severe or irreversible damage, a lack of absolute scientific certainty should not be used to postpone cost-effective measures to prevent environmental degradation.

The principle of autonomy, which means respecting the right of people to make decisions regarding their lives and their environment, can be applied within the agri-food system in the areas of production and consumption. The processes associated with patenting biological and genetic diversity are related to economic and power issues, leaving aside the autonomy that native peoples have concerning their natural environment (Rodríguez, 2010). Transgenesis technologies in production areas are functional to capitalism, forgetting the understanding of the reality of farmers, causing an increasing dependence on these supposed “innovations” and bringing social and environmental consequences.

The strategies of dominance within the green revolution and the genetic revolution emerged as an idea of technical progress and innovation in the agricultural sector, with the promise of improving productivity, increasing efficiency, and the welfare and progress of farmers. The source of ideological power is amalgamated with the source of *economic power* since this model is designed to homogenize and standardize largescale agricultural and livestock production systems and seek the longed-for productive efficiency of specific segments of producers (Lizano, 2017).

The green and genetic revolutions have positioned their technological package at an ideological level and sold it to the global agricultural sector as the entrance to “agricultural modernity” and “agricultural competitiveness.” These phrases have been used to convince at

the political level to “feed the world,” arguing that the problem is not the food supply on the planet but the lack of money to buy food for the inhabitants. However, if it is not a problem of supply, and considering that productivity was an imperative concept according to the green revolution, why do we persist in that paradigm of productivism and efficiency? Regarding world agriculture in the 2015/2030 horizon, the FAO recognizes that:

...the problems of world agriculture will not be caused by productivity needs but by access to the already available factors and means of production. Solving the problem of world hunger is not a matter of food production but of access and distribution (Mann, 1991).

The productivism paradigm is highly questionable, both the one that promulgated the green revolution and the one that attempts to perpetuate the genetic revolution with promises of innovation and progress. This vision threatens environmental balance, security, food sovereignty, and public health. Unfortunately, these externalities remain hidden from public opinion, making them part of the Central American and South American reality, where we can see how the dominant capital-holding classes have assimilated this homogenizing model of the global North in agriculture and livestock, extending their ideological, economic, political and even, in some places, military power.

This model is functional for the owners of the means of production, distribution, and exchange and not for those

who only control their labor; in most agricultural societies, an extensively organized ruling class cages the subordinate latent classes within their segmental organizations of power (FAO, 2001). This chain of subordination to capitalism in agriculture and the interests of the national and transnational bourgeoisie have maintained a primary export model that violates our territories, culture, and people. The Brazilian case shows how the rural areas of the states of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul have been more open to expanding the current forms of capitalism than the cities, making agricultural regions more vulnerable than urban areas (Santos, 2004). The reality of these areas in Brazil represents the reality of many other rural areas in Latin America, where the promises of growth and progress from the political sphere have brought disease, dispossession, and migration to their populations.

Regarding consumption, the principle of autonomy questions the right of food consumers to know whether what they are consuming is GMO or not and its risks, promoting public labeling policies because it is the right of a society to be well informed to make decisions.

Finally, the principle of justice seeks to protect vulnerable populations and promote equity in using these technologies. GMOs violate this principle since only advanced technology companies can patent organisms with agricultural and livestock utility. In contrast, those who do not have the technology cannot do so. This is another injustice resulting



from the lack of technology transfer, demonstrating that the objective of GMO production seems to be the profit motive of companies rather than the sustainable development of countries (Gómez, 2020). It is also questionable that private entities can appropriate nature. The philosophy behind GMO production is to maximize economic benefits, which does not benefit society and even less so the poorest populations. On the contrary, it increases their vulnerability because it increases the cost of production for farmers, making these more expensive foods unavailable to the people. GMOs provoke greater dependence on farmers, i.e., they destructure local economies since they do not generate employment or economic growth sources. On the contrary, there are many hidden risks within their environmental and social consequences.

In conclusion, transgenic seeds violate all bioethics principles in agriculture, demonstrating that capitalism seeks to commodify a genetic material that should remain a heritage of humanity and a common good in the hands of farmers. It is considered that transgenic seeds do not follow the logic of the 4 S's proposed by Jaime Breilh: sustainability, solidarity, security, and sovereignty. On the contrary, they follow the logic of accelerated capitalism that wants to appropriate our rural areas. It is necessary and urgent that the different actors of society, especially from academia, expose these pernicious technologies to propose alternatives to promote sustainable rural development and achieve more equity for farmers who contribute so much to the world.

## References

- Bianco, M., (2015). El valor de la semilla: Propiedad intelectual y acumulación capitalista. *Revista de Ciencias Sociales*, 37-54.
- Bravo, E., & León X., (2013). Monitoreo participativo del maíz ecuatoriano para detectar la presencia de proteínas transgénicas. *La Granja*, 17(1), 16-24.
- Bravo, E. (2017). Visiones y tensiones sobre el debate de los transgénicos en el Ecuador. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 15(30). <https://n9.cl/xf88ch/>
- Cuvi, N.,(2013). *Hegemonías culturales e impertinencias tecnológicas: reflexiones en torno a la potencial introducción de transgénicos en el agro ecuatoriano*.
- FAO. (2001). La agricultura mundial en el horizonte de 2015/2030. En *Documento de análisis* aprobado por el Comité de Seguridad Alimentaria de la FAO en su sesión de marzo de 2000.
- Freire, E. (2002). Bioética: Si de agricultura sostenible se trata. *Agricultura orgánica*, 16-18.
- Gómez, V. H. (2020). La técnica: "El umbral entre la cultura material y el materialismo de consumo". Por un debate social sobre la tecnociencia. <https://n9.cl/mx9jq/>
- Grain. (2012) *¿Inversión responsable en tierras agrícolas? Los actuales esfuerzos para regular el acaparamiento de tierras agravarán la situación*.
- Guamán-Pozo, J., (2020). *Índices de cambio climático y su afectación a la agricultura, caso de estudio cantón Ambato*. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana.
- Houtart, F., and Michel L., (2016). *Manifiesto para la agricultura familiar campesina e indígena en Ecuador*. Primera ed. IAEN.
- Hurtado, M. (2017). Alimentos transgénicos, una mirada social. *EN-Clave Social* 5.2

- INEC. (2020). *Programa Nacional de Estadística 2021-2025*. Instituto Nacional de Estadística y Censos, Quito-Ecuador.
- Jumbo González, W. *Filosofía, tecnociencia e industria 4.0: una mirada desde el medioambiente*. (2021). Editorial Abya-Yala.
- Larach, M. A. (2001). *El comercio de los productos transgénicos: el estado del debate internacional*. CEPAL.
- Lizano R., (2017). *De la revolución verde a la revolución genética: aceleración del capital y más despojo a nuestros campesinos*.
- Mann, M., (1991). Las sociedades como redes organizadas de poder. *En Las fuentes del poder social*, 1.ª ed., 1:13-58. Alianza.
- Miguez, P. (2016). Cognitive labor: genealogy and contributions of a debate to think. *Revista da ABET* 15(2), 7-25.
- Rodríguez, E. (2010). Reflexión bioética sobre el uso de organismos genéticamente modificados. *Bioethikos* 4(2), 222-227. <https://n9.cl/mt2q8/>
- Rubio, B. (2015). *El dominio del hambre: crisis de hegemonía y alimentos*. Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Santos, M. (2004). *Por otra globalización: del pensamiento único a la conciencia universal*. 1.ª edición. Convenio Andrés Bello.
- Vercellone, C., (2006). Elementi per una lettura marxiana dell'ipotesi del capitalismo cognitivo. *Capitalismo cognitivo, Manifestolibri*. pp. 39-54.

# Proposal of an Insulated System for Recharging Electric Vehicles and Lighting

---

Jonathan Villarreal Berrones  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-6817-0698>

Cristian Cuji Cuji  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9324-6290>

This document presents the results of a highly efficient standalone system implementation proposal with multi-purpose applications along the road. It involves an isolated photovoltaic system that requires a comprehensive analysis of the energy resource in the study area using the Glover and McCulloch method. The lighting poles are deployed according to specific standards and parameters for each type of road, and it is verified using DiaLux software to ensure proper lighting parameters. A photovoltaic design is performed based on the irradiation data obtained from the energy resource analysis, followed by a load analysis and battery bank behavior.

This study proposes the implementation of an isolated photovoltaic system to address the challenges related to electric vehicle charging, lighting, and telecommunications (Romano, 2015). The lack of electrical supply and absence of lighting in different sectors of the

country due to sudden blackouts pose a challenge to user safety (Fonseca, 2011). Additionally, the lack of phone signal in many areas is a problem as it is considered an essential basic service in today's society (Patiño *et al.*, 2018; Escobar *et al.*, 2010).

The proposed system aims to primarily fulfill the need for lighting in various types of roadways. To achieve this, an analysis will be conducted using DiaLux software to ensure appropriate lighting parameters. Furthermore, there is a goal to reduce the carbon dioxide emissions produced by fossil fuel vehicles, which constitute the main source of pollution in the country (Nasser & Chehade, 2016; Parra, 2017).

Electric vehicle charging is a crucial service that will be integrated into the multipurpose system. Since electric vehicles have limited range, the lack of charging stations along the roads hinders their usage for long trips (Ormaechea & Serna, 2009). Therefore, one of

the key issues to address is the availability of distributed charging points along the roadways, which would enable more reliable use of electric vehicles (Cuji & Mediavilla, 2022). To design an optimal system, it is necessary to conduct an analysis of the energy resource using a method that provides accurate irradiation data. This will ensure that the system meets the diverse demands of

the applications required by the users (Friedman, 2017) (Tévar Arcos, 2020).

Finally, a comprehensive analysis of the system's characteristics, including power losses, voltage drops, and energy production, is conducted. The system is conceived as a solution to enhance the safety and reliability of lighting systems on roads, as well as to enhance communications and serve as a future option for electric vehicle charging.

### Case Study

The main road connecting the Coast and the Sierra, especially Guayaquil and Riobamba, faces issues of truck robberies and frequent accidents due to nighttime fog. While some communities along the road have electricity, others lack of it,

especially in the Navag paramo. Implementing a photovoltaic system along this road would benefit the isolated communities that currently lack access to electrical power, while also enhancing safety and reducing accidents overall Figure 1.

**Figure 1**

*Unlit road section of the E487 highway taken from Google Map*



#### ***Evaluation of the energy resource using the glover & mcculloch method***

Global radiation plays a crucial role in the optimal implementation of pho-

tovoltaic solar systems, as it is used in calculations to determine panel generation (Sheu *et al.*, 2016). The NASA database is used to obtain this data, which provides information on global

radiation in kWh/m<sup>2</sup> over a year, as shown in Table 1. This table displays

the global radiation of the various studied locations.

**Table 1**  
*Global Radiation of the different study locations*

Months	E45 (kWh/m <sup>2</sup> )	E487 (kWh/m <sup>2</sup> )	E28 (kWh/m <sup>2</sup> )
January	4.17	4.33	3.91
February	3.97	4.21	3.87
March	4.17	4.58	4.29
April	4.06	4.40	4.12
May	4.01	4.21	3.87
June	3.98	4.18	3.75
July	3.90	4.29	3.97
August	4.20	4.60	4.01
September	4.41	4.59	3.83
October	4.56	4.55	3.81
November	4.77	4.65	3.7
December	4.41	4.38	3.63

The evaluation of the energy resource is a monthly assessment, using the values shown in the following Table 2

(Shukla *et al.*, 2020). Display the values for the Glover & McCulloch method (Álvarez, 2017; Salamanca, 2017).

**Table 2**  
*Global Radiation of the different study locations*

Delta	Ws	H RADIAN	Ho	N	n	Global radiation (kWh/m <sup>2</sup> )	H/Ho	n/N
-22.930	90.811	1.5849	35.386	12.10	4.57674	4.33	0.1223	0.3779876
-17.245	90.595	1.5811	36.479	12.07	5.31333	4.21	0.1154	0.4398658
-7.9149	90.266	1.5754	37.494	12.03	4.08133	4.58	0.12219	0.3391057
4.4139	89.851	1.5682	37.315	11.98	3.77366	4.4	0.11796	0.3149907
15.210	89.478	1.5616	35.746	11.93	4.583	4.21	0.11777	0.3841440
22.174	89.217	1.5571	34.059	11.89	4.641	4.18	0.12272	0.3901410
23.049	89.183	1.5565	33.811	11.89	4.726	4.29	0.12687	0.3974398
17.650	89.389	1.5601	35.214	11.91	6.075	4.6	0.13062	0.5097086
7.3423	89.752	1.5664	37.018	11.96	5.8356	4.59	0.12399	0.4876455
-4.611	90.154	1.5734	37.616	12.02	4.35233	4.55	0.12095	0.3620715
-15.363	90.527	1.5800	36.762	12.07	4.6713	4.65	0.12648	0.3870100
-22.23	90.7	1.5844	35.538	12.14	5.50333	4.38	0.12324	0.4550596

Table 2 presents the fit of the linear regression using the values on the X-axis, representing the Hours of the Sun divided by the Photoperiod, and the values on the Y-axis representing the Global Radiation divided by the Extraterrestrial Radiation (Shukla *et al.*, 2020). The linear regression provides

the values of a and b, which are essential for calculating irradiation using the Glover & McCulloch method, as shown in Table 3 (Shukla *et al.*, 2020). These results are significant for evaluating and analyzing the available energy resource.

## Methodology

**Table 3**

*Irradiation values by the Glover & McCulloch method*

Months	a	b	Glover & McCulloch (KWh/m <sup>2</sup> )
January	0.0336	0.109	4.30441489
February	0.0336	0.109	4.51319667
March	0.0336	0.109	4.51176309
April	0.0336	0.109	4.46004918
May	0.0336	0.109	4.3555989
June	0.0336	0.109	4.15691534
July	0.0336	0.109	4.13492711
August	0.0336	0.109	4.43931525
September	0.0336	0.109	4.63933282
October	0.0336	0.109	4.55552896
November	0.0336	0.109	4.48296791
December	0.0336	0.109	4.41490018

Table 3 displays the regression coefficients a and b for each month, obtained from the Glover & McCulloch method, which are used to calculate the irradiation values (Shukla *et al.*, 2020).

Based on these values, Figure 2 is generated, comparing the data from the NASA database with the results of the method proposed by Glover & McCulloch (Auquilla & Tapia, 2019).

**Figure 2**  
*G & M Model vs NASA Data vs PVSYST Data*

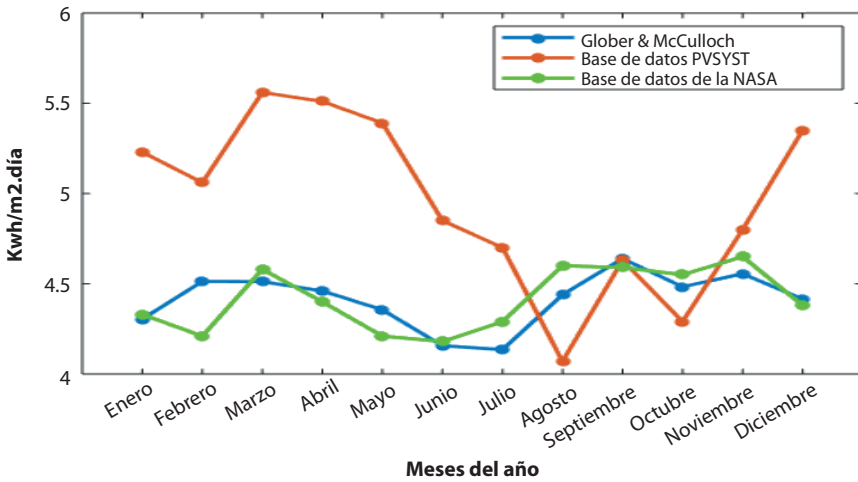


Figure 2 illustrates a comparison between the irradiation recorded in the NASA, PVSYST, and Glover & McCulloch databases (Córdor & Águila, 2018). It can be observed that the PVSYST database shows favorable irradiation for the specific case study, making it a viable option for the installation of a photovoltaic system (Cuasapaz, 2004). PVSYST is a widely used commercial program, further supporting its suitability in this context (Carbo & Mendoza, 2017; Panimboza & Ormeño, 2020).

**Multipurpose system design**

The sizing of the system is carried out considering half of the road, as the same system is planned to be replicated on the other half. In terms of solar panel sizing, it is necessary to determine the consumption of each component present in the poles, such as lamps and signal repeaters for telecommunications, as well as the consumption of electric vehicle charging stations (Alvarado & Carvajal, 2014; Flores & García, 2016).

$$E_{pole} = (822 \times 90W \times 12h) + (1 \times 10W \times 24h) = 888 \text{ kWh/day}$$

$$StationChargingElectric = (3 \times 7.3 \text{ kW} \times 20h) + 7.376 \text{ kW} = 445.376 \text{ Kwh/day}$$

$$Total \text{ Load} = \frac{888 \text{ kWh}}{\text{day}} + \frac{445.376 \text{ Kwh}}{\text{day}} = 1333.376 \text{ Kwh/day}$$

The technical specifications of the solar panel necessary to calculate the quantity required in the system, are detailed in Table 4. This table presents the

specific technical characteristics of the solar panel intended for electric vehicle charging stations.

**Table 4***Technical specifications of the solar panel*

400 W Monocrystalline Panel		
Power	405	Wp
Vmax	176.87	V
Vnom	150	V
Imax	2.287	A
Voc	216.8	V
Isc	2.520	A
Efficiency	17.86	%

Note: Parra, 2017

### *Simulation and results of the multipurpose system*

Once the calculations are obtained, the simulation is performed using

Etap software. First, the batteries, charge controller, and inverter are configured for each pole, as illustrated in Figure 3.

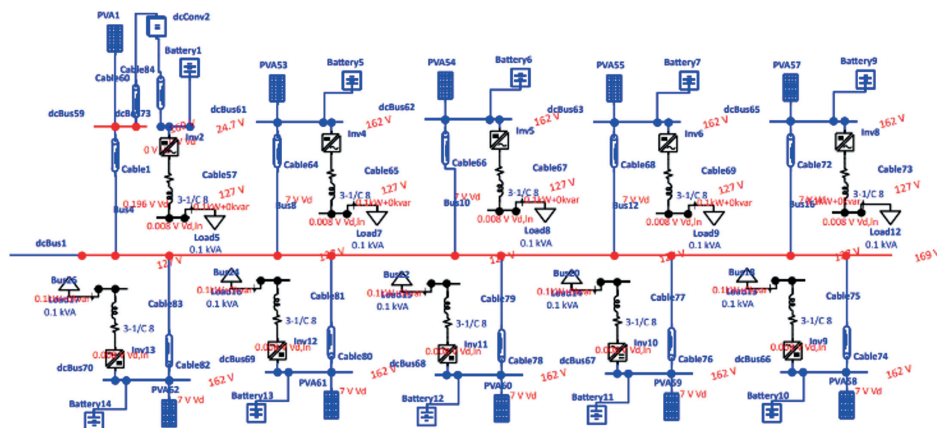
**Figure 3***Design of the array for every 10 poles*

Figure 3 illustrates a set of 10 poles, each equipped with independent systems for communications and lighting. The excess generated energy is directed towards

the electric charging stations through a collection bus, represented in Figure 3. It is important to note that due to the distances involved, voltage losses occur. Table



5 provides information on the amount of energy contributed by each pole to the

bus, as well as the corresponding voltage losses in the array of the 10 poles.

**Table 5**

*Voltage drops of the array of 10 poles*

Distance (m)	Voltaje (V)	Voltage loss (V)	Total voltage (V)
39	160.8	1.93	158.90
78	160.8	3.87	156.96
117	160.8	5.80	155.03
156	160.8	7.74	153.09
195	160.8	9.67	151.16
234	160.8	11.61	149.22
273	160.8	13.54	147.29
312	160.8	15.47	145.36
351	160.8	17.41	143.42
390	160.8	19.34	141.49

The Table 5 presents the voltage loss values in the conductors based on the distances between each pole. These values are expressed in volts, and the nominal voltage of the panel is used as a reference to obtain the total voltage in the conductors. It can be observed that the loss in the last pole is 19.34 V.

Based on this, a new configuration in the connections is required. Therefore, the 10 poles are connected in series to increase the voltage, especially due to the greater distances involved. This new configuration allows for a higher voltage that can reach the charging stations.

## Results

Figure 4 represents the complete system for half of the E485 road, which

is replicated to cover the entire length of the road.

**Figure 4**  
*Multi-purpose Photovoltaic System*

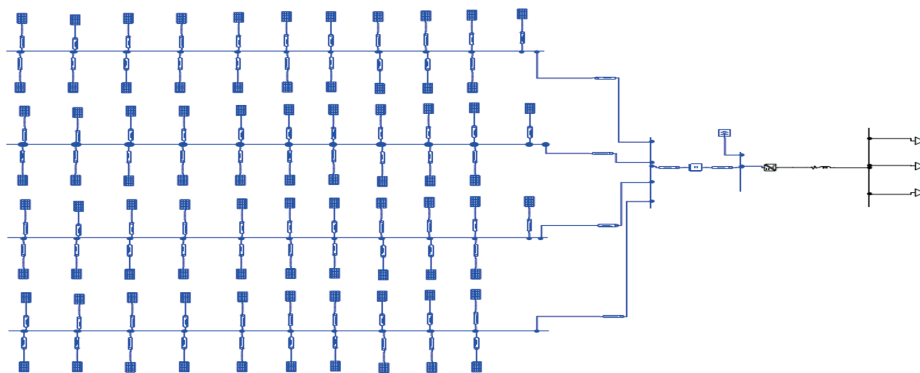


Figure 4 illustrates the complete system, where each panel represents a set of 10 posts. This allows the simulation of a total of 822 posts covering half of the road, each with its respective electric charging station. Table 5 pre-

sents the voltage losses in the system due to distances.

Using the values obtained in the simulation, Figure 5 shows the total power losses in the system due to distances.

**Figure 5**  
*Power Losses in the System*



**Technical summary of the multipurpose system**

The system extending along the road to supply 2 electric vehicle charging stations will require a panel area of 13,160 m<sup>2</sup>, which is approximately one and a half hectares. Table 6 pre-

sents the specifications of the isolated photovoltaic system.

Due to power losses in the conductors, it is necessary to add more panels to meet the demand. The existing losses highlight the need to increase the number of panels to meet the power

demand without issues. It is important to note that this system is replicated on the other half of the road to have 2 electric vehicle charging stations along the

entire road. Each post array includes a DC/DC converter due to the high voltage of the panels, which requires the use of converters.

**Table 6**  
*Characteristics of the standalone photovoltaic system*

Description	Value	Units
Nominal Power	666225	W
Installed power	158295.875	W
Panel area	13160	m <sup>2</sup>
Daily energy production	1608822.96	Wh
Annual energy production	587220380	Wh
Installed modules	1645	u

## Conclusions

- When implementing a photovoltaic system along a road, the available space is efficiently utilized, as these systems do not require additional land areas. In the case study, the system occupied an area of 13,160 m<sup>2</sup>, allowing for optimal use of space.
- The installed power of the system is considerably lower than the nominal power, approximately 4.2 times lower. This is due to losses caused by distances and the irradiation of the area, even considering that the temperature does not exceed 25 °C.
- The average irradiation in the study area is 4.5 kWh, which is low compared to the irradiation used by commercial programs such as PVSYST, which tend to consider more favorable conditions. However, when compared to methods like Glover & McCulloch, a significant difference in the area's irradiation is evident. Therefore, for a photovoltaic design, it is recommended to use the scenario with lower irradiation.
- Out of the energy generated by the panels in their primary bus, a loss of 42 % was recorded, meaning that only 58% of the energy reaches the use in the charging stations. Although the demand is met, the losses are too high, despite the adjustments made to increase the voltage and reduce losses.
- Photovoltaic solar concentrators have higher efficiency compared to conventional panels. While conventional panels have an average

efficiency of 17 %, photovoltaic solar concentrators achieve an efficiency of 170 %, approximately 10

times higher than conventional panels. This helps overcome the low efficiency of conventional panels.

## References

- Alvarado, A., & Carvajal, H. (2014). Diseño, simulación y análisis de sistema solar FV para suministro eléctrico en zonas rurales. *Avances en Ingeniería*, 11(1), 92-99.
- Álvarez, A. (2017). *Evaluación de la orientación y el ángulo de inclinación óptimo de una superficie plana para maximizar la captación de irradiación solar en Cuenca-Ecuador*. [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana. <https://n9.cl/m9hns/>
- Auquilla, P. & Tapia, J. (2019). *Optimización de paneles solares aplicados a un tipo de alumbrado público específico, mediante una aplicación diseñada en Matlab*. [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana. <https://n9.cl/rtb6j/>
- Carbo, J. L., & Mendoza, S. O. (2017). *Diseño de construcción y análisis de emplazamiento de electrolíneras en Guayaquil y Samborondón*. [Tesis de pregrado]. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://n9.cl/e4p8q/>
- Cóndor, J., & Águila, A. (2018). *Selección y dimensionamiento óptimo de los sistemas de alumbrado público basado en múltiples criterios*. [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana. <https://n9.cl/1o2w0/>
- Cuasapaz, L. A. (2004). *Cálculo del sistema de electrificación solar para cubrir la demanda de iluminación en un barco turístico en el archipiélago de Galápagos*. [Tesis de pregrado]. Espol. <https://n9.cl/5dtma/>
- Cuji, C., & Mediavilla, E. (2022). Controlador difuso para gestión de la energía en un proceso de transición de central de generación térmica a renovables. *Revista Técnica energía* (18), 61-73. <https://n9.cl/o5n68/>
- Tévar Arcos, D. (2020). *Instalación de Alumbrado Público mediante Energía Solar Fotovoltaica (Proyecto de fin de grado)*. Universitat Politècnica de València. Departamento de Ingeniería Eléctrica - Departament d'Enginyeria Elèctrica.
- Escobar, A., Holguín, M., & Osorio J. (2010). Diseño e implementación de un seguidor solar para la optimización de un sistema fotovoltaico. *Scientia Et Technica*, XVI(44),245-250. <https://n9.cl/t2x04/>
- Flores, G., & García, E. (2016). *Factibilidad del sistema de alumbrado público empleando luminarias led y alimentación solar fotovoltaica*. [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana. <https://n9.cl/78wlg/>
- Fonseca, J. (2011). Cells, Batteries And Lithium-Ion Batteries for an Alternative.....?, *Journal Bolivariano de Ciencias*, 8(22), 40-47. <https://n9.cl/oogeil/>
- Friedman, D. (2017). *Sistema de concentración solar Fresnel para aplicaciones solares a escala comunitaria*. [Tesis de pregrado]. Universidad de Chile. <https://n9.cl/o8nci/>
- Nasser, A., & Chehade, I. H. (2016). *Estimation model for global solar radiation in Lebanon*, 2-6. <https://n9.cl/9kpn0/>
- Ormachea, O. & Serna, D. (2009). Optimización de la eficiencia de sistemas fotovoltaicos a través de recolección solar, basada en lentes de Fresnel. *Revista Investigación: Desarrollo*, (9), 66-75. <https://n9.cl/trwgr/>
- Panimboza, A., & Ormeño, E. (2020). *Modelado y análisis de la planta fotovoltaica de Salinas ubicada en la provincia de Imbabura*. [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica del Norte.
- Parra, E. (2017). *Sistemas fotovoltaicos*. [Tesis de Master en Energías Renovables y Mercado Energético]. Escuela de Organización Industrial. <https://n9.cl/26ivwz/>

- Patiño, J., Tello, J., & Hernández, J. (2018). Desarrollo de un regulador de carga para sistemas fotovoltaicos aplicando instrumentación virtual. *Revista Ingeniería, 14*(2), 13–18. <https://n9.cl/m3tlmw/>
- Bañeres Sorinas, M. (2003). Estudio de alternativas en el reciclaje de baterías de plomo fuera de uso (Projecte/Treball Final de Carrera). UPC, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, Departament d'Enginyeria Química. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2099.1/3095>
- Salamanca, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Revista Científica, 30*(3), 263–277. <https://n9.cl/svclz1/>
- Sheu, M. H., Chang, L. H., Hsia, S. C., & Sun, C. (2016). *Intelligent System Design for Variable Color Temperature LED Street Light*, pp. 7–8.
- Shukla, A., Di Pai, A. D., Skific, A., & Paulo, S. (2020). Angstrom-Prescott model based Regression Coefficient Calculation for the Region of Botucatu, Brazil. *International Journal of Engineering and Technical Research, 9*(4), 335–339. <https://n9.cl/sm0h6/>

# Enhancing Autonomous Vehicle Safety: using Convolutional Neural Networks for Police Detection

---

Denys A. Dután

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0716-3799>

Juan D. Valladolid

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3506-2522>

Juan P. Ortiz

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9185-6044>

Fabricio Espinoza

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4559-4474>

## Abstract

According to the World Health Organization, Ecuador experiences a significant number of road accidents, resulting in numerous deaths, both among vehicle occupants and pedestrians. To address this issue and reduce fatalities, the country is actively working on implementing Autonomous Vehicles (AVs) on its streets. Unfortunately, this technology is far from perfect such is the case of Waymo in which it's vehicle's failed to respond to a law enforcement officer's command to yield, highlighting the need for improvement in AV technology. To tackle this challenge, we have applied computer vision and artificial

intelligence model to accurately identify traffic officers. The methodology consists of using web crawling to collect an image dataset of traffic officers in Cuenca, Ecuador. Then proceed to prepare the data set to apply to the models, in this case we used three variants of the YOLO (You Only Look Once) model, specifically YOLOv3s, YOLOv5s, and YOLOv8s and evaluated their behavior. Through experimentation, the YOLOv8s model demonstrated excellent detection capabilities, achieving its an F1 score of 0.78 at a confidence threshold of 0.907. The objective of this model is to enhance AVs' ability to accurately recognize

traffic officers, thus improving road safety. As a future enhancement for this project, the researchers plan to create a larger dataset using different images of

law enforcement authorities involved in vehicular traffic management in Ecuador. This expansion aims to further improve the model's accuracy and performance.

## Introduction

The World Health Organization (WHO) has published a comprehensive global status report on road safety. According to the report (World Health Organization, 2018), approximately 34 % of road traffic deaths in the region involve drivers or passengers of four-wheeled vehicles. A specific analysis focused on Ecuador, conducted by the WHO, sheds further light on the situation. The study indicates that Ecuador experiences approximately 1.1 thousand fatalities among car users and 4.2 thousand fatalities among pedestrians (World Health Organization, 2023). For this reason, Ecuador is looking for the implementation of AV's since it is gaining popularity and acceptance within society (Moody, 2020). Unfortunately, this technology is far from being perfect and still needs perfection as is the case of WAYMO (Kay, n.d.) in which a vehicle fails to detect and yield to a traffic officer thus not knowing what decision to take.

AVs' are a groundbreaking advancement in transportation technology that operate and navigate without direct human input. These vehicles integrate an array of sophisticated technologies such as multiple sensors to perceive their environment, and make informed decisions, and autonomously control their

movements. The transformative potential of AVs extends beyond individual convenience, as they hold the promise of reshaping the transportation system, urban planning, and society at large (Milakis, 2019). However, it is essential to recognize that the successful integration of AVs into society requires the simultaneous development of smart cities that can support their efficient functioning and seamless integration within the urban landscape.

Deep learning, as a prominent subfield of machine learning, has garnered substantial interest and demonstrated remarkable efficacy across diverse domains. This sophisticated approach revolves around training artificial neural networks to acquire knowledge and make intelligent decisions by autonomously uncovering and extracting patterns. Notably, a defining characteristic of deep learning lies in its capacity to automatically derive meaningful representations of features from raw data (Idrovo-Berrezueta et al, 2022).

Computer vision focuses on enabling machines to comprehend and interpret visual information from digital images or videos, emulating the capabilities of human vision. One of its primary objectives is to develop algorithms that facilitate the classification of objects, object

detection, image segmentation, and pose estimation. Key techniques employed in this field include feature extraction, pattern recognition, machine learning, and deep neural networks, which play pivotal roles in enhancing the understanding and analysis of visual content (Szeliski, 2022). These advancements in computer vision have wide-ranging applications and hold great potential for further advancements, paving the way for a new era of visual perception and intelligent systems.

This study focuses on the application of YOLO for traffic officer detection, an essential task for the development of intelligent transportation systems. The task to distinguish pedestrians from traffic officer would allow the vehicle to take different decision

and avoid incidents such as the WAY-MO case. To approach this problematic this research is divided into several sections, beginning with a review of related works in the field of object detection and recognition. The methodology section outlines the approach employed to train and fine-tune the YOLO model for accurate detection of traffic officers. The experiment and preliminary results section presents the dataset used, evaluation metrics, and performance analysis of the developed model. Finally, the conclusion summarizes the key findings, discusses the limitations of the approach, and suggests potential areas for future research, highlighting the significance of traffic officer detection in enhancing road safety and intelligent transportation systems.

## Related Work

In (Rafique et al., 2023) the authors discuss the topic of traffic congestion. From this research, they determined that around 40 % of the traffic congestion is caused by cars that are cursing looking around for parking spaces. As a solution to this problem, they propose the implementation of Deep learning and they do so by using YOLO detection model. This model helps detect empty parking spaces and helps reduce time in search for parking lots, as a result of this research they compared different models such as YOLOv3, AlexNet, SVM, and YOLOv5, from which the model YOLOv5 gave them the best result with a precision of 99.5 %.

Another research that used YOLO was (Fazri & Candradewi, 2023) in which the authors proposed the use of this deep learning technique to decrease the number of road traffic accidents. To do so they trained their model to detect three different traffic violations: running through a red light, helmet violation, and wrong way. They used a video game simulation from GTA V to train their model and used a total of 25197 images and 2825 for validation. As a result of this research, they created a model with different F1-scores for each traffic violation. They obtained an 0.92 F1-score for running a red light, an 0.88 F1-score for helmet violation, and finally, they



obtained 1.00 for the detection of a vehicle that is going in the wrong way.

This research (Chen et al., 2023) proposes the use of YOLOv5 for the detection of Welding Helmet Use (WHU). This research focuses on detecting that welders have appropriate equipment when welding to prevent welders from suffering occupational diseases such as respiratory problems. To approach this problem, first they detected human faces to detect when a welding helmet is not used appropriately. They also detected helmets when used correctly, ignoring any helmet that may not be in use. To experiment they used a variety of YOLO versions: YOLOv5s, YOLOv5m, YOLOv5l, YOLOv5x, YOLOv3, YOLOv3-tiny, WHU-YOLO. In the end, they concluded a better performance of the WHU-YOLO when applying a face-assisted training method to reduce the false positives.

The research (Allebosch, Van Hamme, Veelaert, & Philips, 2023) presents a method for detecting crossing pedestrians and other objects moving perpendicular to the direction of a vehicle. The approach involves combining video snapshots from multiple cameras arranged in a linear configuration and capturing different time instances. The proposed method achieves an F1 detection score of 83.66 % and a mean average precision (MAP) of 84.79 % on an overlap test. When combined with the Yolo V4 object detector in a cooperative fusion approach, the method significantly improves the maximal F1 scores of the detector on the same da-

taset from 87.86 % to 92.68 % and the MAP from 90.85 % to 94.30 %. Additionally, when combined with the lower power Yolo-Tiny V4 detector using the same approach, it leads to F1 and MAP increases from 68.57 % to 81.16 % and 72.32 % to 85.25 %, respectively.

The research (Dewi et al., 2023) focuses on convolutional neural network (CNN)-based object detection algorithms, specifically Yolo V2, Yolo V3, Yolo V4, and Yolo V4-tiny. To support the experiments, the researchers have developed the Taiwan Road Marking Sign Dataset (TRMSD) and made it publicly available for other researchers to utilize. Notably, the “No Flip” setting proves beneficial for the results obtained with Yolo V4 and Yolo V4-tiny. The best-performing model in the experiments is Yolo V4 (No Flip), achieving a test accuracy of 95.43 % and an Intersection over Union (IoU) of 66.12 %. Specifically, on the TRMSD dataset, Yolo V4 (No Flip) outperforms state-of-the-art approaches, achieving a training accuracy of 81.22 % and a testing accuracy of 95.34 %.

Here is a related work that talks about new applications for AVs and how to improve their automated driving.

Wiederer et al. (2020) the authors discuss the concept of human gestures and how traffic officers indicate certain traffic rules to drivers given certain situations. To approach this problem, they propose the use of computer vision and the use of LiDAR, and radar for the recognition of hand detection, hand tracking, and hand gesture

recognition. They tested a variety of convolutional neural networks among the best were: Bi-GRU with an accuracy of 82.70 in cross-subject scenarios,

Bi-LSTM with an accuracy of 84.27 in Cross-view scenarios, and finally LSTM with an accuracy of 75.62 in Real-World scenarios.

## Methodology

This section presents the tools that were used including the parameters that were configured for the experiments.

### *Web Crawling*

Web crawling, also known as web scraping, is a fundamental tool for systematically extracting data from websites on the internet. It operates by initiating visits to a predefined list of seed URLs or a specific webpage, followed by the extraction of relevant data such as text, images, and links. The web crawling process is designed to explore interconnected pages, creating a network that allows for comprehensive data retrieval. The crawling can be instructed to continue until a certain depth is reached or a specific number of pages has been extracted, providing flexibility and control over the scope of data collection. Web crawling plays a crucial role in various applications, including data mining, content aggregation, market research, and information retrieval. By automating the data extraction process, web crawling enables researchers to gather large volumes of data efficiently and analyze it for valuable insights.

### *Scrapy*

This tool, Scrapy, serves as a powerful web crawling solution that plays a fundamental role in this research by significantly reducing the time required for dataset collection. Specifically, it was crucial to create a dataset of images featuring traffic officers in the region of Cuenca in the country of Ecuador. Scrapy proves to be user-friendly and facilitates seamless navigation through websites, including popular social media platforms such as Facebook. By harnessing the capabilities of Scrapy, researchers and developers can construct robust and efficient image extraction systems tailored for social media environments. Nonetheless, it is essential to emphasize the importance of adhering to the terms of service, privacy policies, and any limitations imposed by social media platforms to ensure the ethical and legal utilization of the extracted data. Table 1 gives a summary of how the images were divided for its training and validation process.

**Table 1**

*Dataset of images collected using scrapy and divided into subsets*

Category	Train	Valid	Test
Traffic Officers (EMOV)	39	5	5

**You Only Look Once (YOLO)**

The YOLO (You Only Look Once) algorithm is a widely recognized object detection technique that has garnered significant attention due to its real-time and efficient capabilities in identifying and categorizing objects within images or videos. Unlike other object detection algorithms, YOLO processes the entire image in a single pass. It achieves this by dividing the input into a grid and predicting bounding boxes and class probabilities for each grid cell. The neural network architecture of YOLO consists of a single convolutional layer. Further-

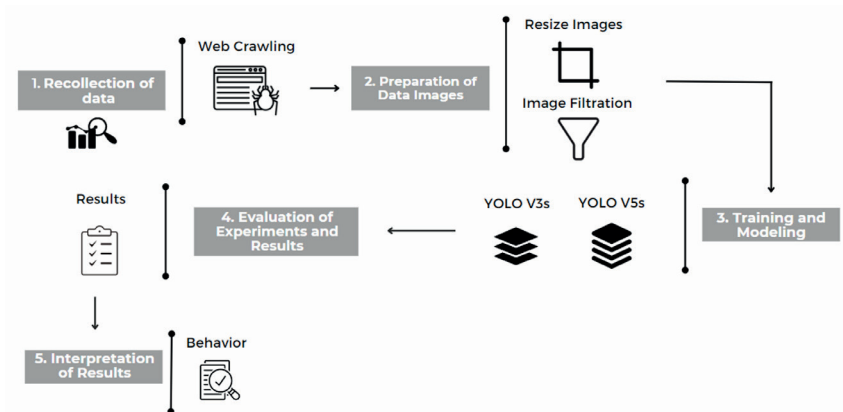
more, YOLO offers different variations and sizes, including Tiny, S, M, L, and X, where the variation lies in the number of neurons within the convolutional layer. In this research, multiple versions of YOLO were implemented, all with the same size of S and an RGB image input of 840x840.

**Experiment and Preliminary results**

In our experimental and results phase, we will be referring to a designated diagram Figure. 1, which serves as a comprehensive framework for our research.

**Figure 1**

*Training Graph*



**Recollection of Data**

The initial step outlined in the diagram involves the collection of data through web crawling, specifically

from a public platform like Facebook, due to the scarcity of existing image datasets pertaining to traffic officers. To address this limitation, we con-

ducted a targeted search for images of traffic officers in a specific region of Ecuador. In order to expedite the process and minimize manual effort, we employed a keyword-based approach, focusing on images with descriptions containing the term “EMOV.” This enabled us to gather relevant images more efficiently. After gathering the images, we proceeded to filter out irrelevant ones and retained only those depicting traffic officers. This filtering process resulted in a dataset comprising 49 images. For the purpose of training a YOLO model to accurately distinguish traffic officers from pedestrians, we assigned a single class, namely “EMOV,” to the dataset.

### *Preparation of Data Images*

Moving on to the second step, we utilized a third-party application ca-

lled “roboflow” to mark the regions of interest within each image using rectangular bounding boxes and assign corresponding class labels. Since our research primarily focused on detecting traffic officer uniforms, we deemed it unnecessary for the YOLO model to learn facial recognition as seen in Figure. 2. Additionally, within the same application, we resized the images to dimensions of 840 x 840 and divided the dataset accordingly. The emphasis on detecting traffic officer uniforms in this research stems from the objective of enabling AV’s navigating the streets to discern these uniforms and differentiate law enforcement authorities from pedestrians. By doing so, the AV’s can make informed decisions and take appropriate actions, rather than simply avoiding or waiting for the obstacle to clear.

**Figure 2**

*Use of Roboflow to mark the areas of interest in an image*



## Training and Modeling

In this section, we have chosen two distinct YOLO models: YOLO v3 and YOLO v5. Both models are characterized by their small size, indicating their

low weight. For a more comprehensive overview of the applied parameters for each model, please refer to Table 2.

**Table 2**

*Dataset of images collected using scrapy and divided into subsets*

Model	Input Size	Batch Size	Epochs	Learning Rate	Momentum	Weight Decay
YOLO v3s	480 x 480	64	200	0.001	0.9	0.0005
YOLO v5s	480 x 480	16	200	0.01	0.937	0.005

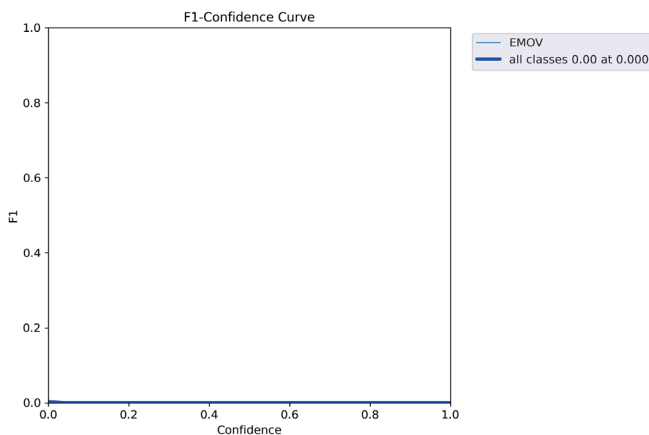
### *Evaluation of Experiments and Results*

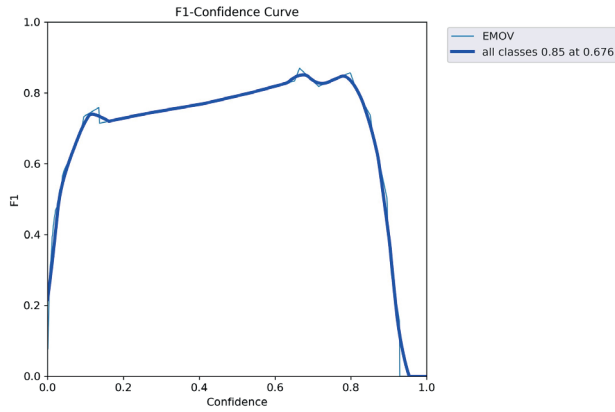
Through training our YOLO models using the parameters outlined in Table 2, we generated a graph illustrating the F1 confidence curve. This graph demonstrates the interaction between the F1 score and the confidence coefficient as they increase. Comparing Figure 3 and Figure 4, it is evident that the YOLO v5s model

achieves a higher F1 score compared to the YOLO v3s model, which yields a lower F1 score. It is important to note that a higher F1 score corresponds to a reduced number of false positives and false negatives, thus enhancing detection accuracy. The confidence coefficient plays a role in filtering predictions, allowing only objects with a certain confidence level to be visualized.

**Figure 3**

*F1 Confidence curve from YOLO v3s*



**Figure 4***F1 Confidence curve from YOLO v5s*

### Interpretation of Results

After conducting a thorough evaluation and analysis of our models, it becomes evident that the YOLO v5s model exhibits superior accuracy. It achieves an impressive peak F1 score of 0.85 at a confidence coefficient of 0.676. An example of the behavior of our model can be seen in Figure 5, here we can visualize how the model has a variety of confidence coefficient and determine how accurately it is detecting traffic officers. To further contextualize this finding, we have prepared a comparative analysis with the model discussed in the related works, which is presented in Table 3. It is important to consider that although our achieved F1 score may appear relatively lower compared to other models, it should be noted that this research involved the creation of a custom dataset comprising a smaller number of images. In contrast, other models examined in the related works benefited from larger datasets, which likely contributed to their higher precision and F1 scores.

**Table 3**

*Comparative table of F1-scores of various models, Comparing the results of this research with three notable articles [1], [3], and [4], listed from top to bottom order*

Model	Dataset Size	F1-Score
YOLO v5s	49	0.85
YOLO v4	NA	0.8525
YOLO v4	6009	0.89
YOLO	25197	0.92

### Conclusion

Based on the insights gathered from Table 3, we can draw meaningful interpretations regarding the reasonable F1 score achieved considering the size of our dataset. An exemplary demonstration of our model’s detection capabilities can be observed in Fig. 5. This image highlights the model’s precision levels and the varying confidence coefficients across different scenarios. Despite the limited size of our dataset, our model exhibits immense potential for future implementation in AVs. It underscores the significance of computer vision in AVs, particularly its ability to effectively detect and differentiate pedestrians. This research aims to contribute to the advancement of AV technology, and we propose future investigations that involve expanding the dataset to include encounters with various law enforcement entities. By considering not only traffic officers but also police officers and military personnel, we can further enhance the comprehensiveness and applicability of our research.

**Figure 5**  
*Result detection of YOLO V5s*



## Reference

- Chen, W., Li, C., & Guo, H. (2023). A lightweight face-assisted object detection model for welding helmet use. *Expert Systems with Applications*, 221.
- Dewi, C., Chen, R., Zhuang, Y., Jiang, X., & Yu, H. (2023). Recognizing road surface traffic signs based on yolo models considering image flips. *Big Data and Cognitive Computing*, 7 (1). <https://n9.cl/ljgf2/>
- Fazri, I., & Candradewi, I. (2023). “Integrated traffic violation type detection and recognition system using video processing based convolutional neural network”. *ICIC Express Letters*, 17(5), 595-604.
- Idrovo-Berrezueta, P., Dután-Sánchez, D., Hurtado-Ortiz, R., & Robles-Bykbaev, V. (2022, November). “Data Analysis Architecture using Techniques of Machine Learning for the Prediction of the Quality of Blood Fonations against the Hepatitis C Virus”. In *2022 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)* 6, pp. 1-7. <https://n9.cl/q82hs/>
- Kay, G. (n.d.). *Video shows passengers in driverless car reacting to police officer gesturing to pull over: “We’re sorry, this car won’t let us move!”*. <https://n9.cl/9xs2d>
- Milakis, D. (2019, January). “Long-term implications of automated vehicles: an introduction. *Transport Reviews*”, 39(1), 1–8. <https://n9.cl/vsfd4/>
- Moody, J., Bailey, N., & Zhao, J. (2020, January). “Public perceptions of autonomous vehicle safety: An international comparison. *Safety Science*, 121, 634–650. <https://n9.cl/nuc34/>
- Rafique, S., Gul, S., Jan, K., & Khan, G. M. (2023). “Optimized real-time parking management framework using deep learning. *Expert Systems with Applications*”, 220.
- Szeliski, R. (2022). “Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer Nature”. <https://n9.cl/vlenu/>
- Wiederer, J., Bouazizi, A., Kressel, U., & Belagiannis, V. (2020). “Traffic control gesture recognition for autonomous vehicles”. <https://n9.cl/rfxvy/>
- World Health Organization. (2018). “Global status report on road safety 2018”. <https://n9.cl/t634d0/>
- World Health Organization. (2023). “Death on the roads”. <https://extranet.who.int/roadsafety/death-on-the-roads/countryorarea/ECU>



# Effect of Post-Heating on SMAW-Welded A-42 Grade Steel Rods

---

Cristian Leiva-González

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8255-1337>

Jorge Muñoz-Paredes

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-2453-1943>

Steven Celi-Jiménez

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-9233-6532>

William Quitiaquez-Sarzosa

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9430-2082>

## Introduction

Within the construction field, several methods are used for joining structural steel rods, one of them is welding, this study AWS D1.4 standard is use. The problems in welding A-42 rods are cracks in the area affected by heat, the structural rods have a low carbon content and the presence of elements such as Manganese, Silicon, Molybdenum, Chromium, Vanadium, Nickel, and Copper in their chemical composition. Low carbon steels have a percentage lower or equal to 0.41 % of Carbon Equivalent affecting the rod weldability since the carbon content is inversely proportional to the weldability of a material due to the fact that a martensitic structure

was generate since when developing the weld bead, heat treatment temperatures are reached, which changes its microstructure (Niebles et al., 2014), (Rabiey et al., 2022). The austenite will transform into martensite, increasing the cracking in the weld bead, which occurs due to the hydrogen introduction, the martensitic structure will increase the hardness of the material at the expense of a reduction of its ductility, it which is detrimental to a structural application.

The present study seeks to avoid the formation of the martensitic microstructure by post-heating after welding, and at the same time to relax the residual stresses caused by the high temperatu-

res of the welding process. This hydrogen cracking occurs due to thermal contractions during the cooling of the weld since it is cooled to temperatures below 200 °C, producing high rates of stresses in the weld area this originates since some zones are at different temperatures generating compressions and tension in the weld bead (Messler, 1999 Huang, B. et al., 2020). The post-heating process consists of cooling the welded joint to a specific temperature and time higher than the beginning of the martensitic transformation, these values was obtained from Temperature-Time-Transformation Diagrams, these diagrams are also known as S-Curve (Batista-Suárez et al., 2018).

Olabi y Hashmi (1995) investigated the effect of post welding by analyzing the mechanical properties and residual stresses of welded sections of type I structural steel beams. A 70 % reduction in residual stresses and a 15 % improvement in toughness were obtained, generating a decrease in tensile strength. (Zhang et al., 2018) used instrumented indentation test and finite element analysis based on microstructure to study the post weld effect and mechanical properties of weld metal. The author found that Post Weld Heat Treatment (PWHT) significantly influences in the weld metal mechanical properties, weld metal strength decreases after PWHT; the critical fracture toughness of weld metal significantly decreases after treating at 400 and 600 °C and slightly decreases after treating at 700 °C.

Krishnan (2002) conducted a study of Post Weld Heat Treatment of friction stir welds was carried out at solubilization temperatures of 520, 540 and 560 °C, followed by aging at 175 or 200 °C. The weld region exhibited very coarse grains after PWHT, and the hardness was evenly present on the surface. The naturally aged weld joining efficiency reached 72 % after 14 days. (L. Wang et al., 2018) studied the influence of laser welding parameters on the microstructure and mechanical properties of welded joints of 2A14-T6 alloy. It was showing that the tensile strength and elongation of the laser disk welded joint firstly increase and then decrease with increasing heat input. The fracture type in all specimens is define as ductile fracture. When the heat input is 75 kJ/m, the maximum tensile strength of the weld is 261.7 MPa, approximately 61.2 % of the base metal. (Joshi et al., 2023) studied the effect of post-weld heat treatment on the mechanical properties of friction stir welded 7075-T651 Aluminum alloy. A marginal reduction in ductility of about 17-20 % after post heat treatment in the welded specimens found. No reduction in the modulus of elasticity was observed in the base and welded metals.

This paper is divided as follows. Section 1 covers the Introduction where hydrogen cracking in welding is analyzed in addition, a state-of-the-art analysis has been placed. The second section shows the Materials and Methods used in the research, which developed through tests, standards,

and mathematical models for the data characterization. Section 3 analyzes the results obtained quantitatively and comparative graphs. The conclusions

section analyzes the results obtained to establish the behavior of post-heating in welding.

## Materials and Methods

The NTE INEN 2167 standard presents the percentages of carbon equivalent of the rebars, which is between 0.50 - 0.55 % (INEN NTE 2635, 2012). To obtain accurate data on the chemical composition of the rods, the spectrometry test was performing to obtain the equivalent carbon of the rods; this equivalent carbon value is a measure of the weldability of the steel. On the other hand, through the equivalent carbon, the TTT diagram suitable for post-heating is obtained.

### *Preparation of the Specimens*

To know the chemical composition of the A-42 rods, spectrophotometry was developing, starting with the cutting of the rod at a length of 30 mm, since the length must be greater than 10 mm so that there is no error in the test. Once the cut is made, the surface face of the rod is sanded with abrasive sandpaper. Three sanding sequences are performed with sandpaper # 180, 200, 800 and 1200 in that order, to obtain flat and polished faces. The study was carried out with a sam-

ple of 5 specimens of each brand, since according to INEN 2635:2012, a tensile study should carry out several specimens greater than or equal to 5 (Kalpakjian & Schmid, 2014).

### *Spectrophotometric Test*

Once the specimens had their faces completely flat, the spectrophotometry test was performing in the optical emission spectrophotometer of the Salesian Polytechnic University, which has a spectral range of 130-180 nanometers. It should be considered that the initial values given by the spectrophotometer may have errors in the range of 0.1-0.2 %, this reason, several burnings should carry out until the measurement was stabilized (Maigua et al., 2020).

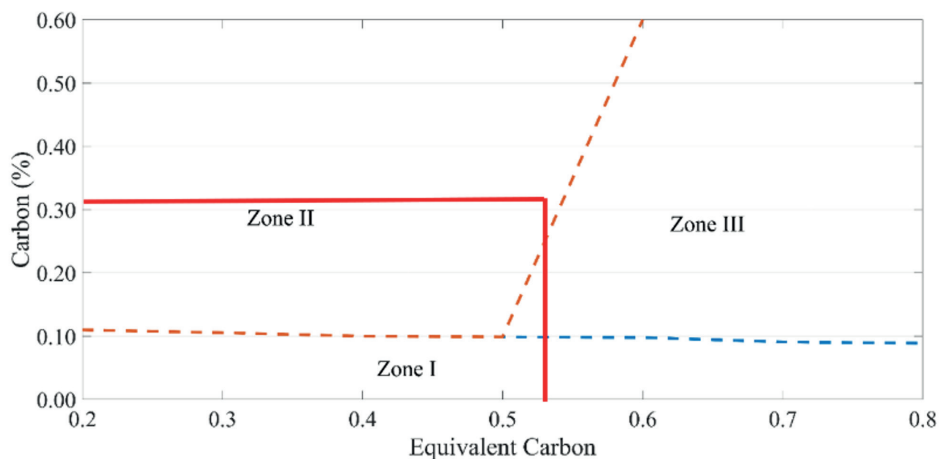
The chemical composition was obtaining by spectrophotometry, the results are show in Table 1, where each rod that was examining complies with the Carbon Equivalent (CE) standard proposed by the standard INEN 2197 Ecuadorian, which should be between 0.50-0.55 % of CE.

**Table 1***Chemical composition and EC for each brand of rod*

Chemical Element	Rod A (%)	Rod B (%)	Rod C (%)
Carbon	0.286	0.30	0.275
Manganese	1.35	1.2	1.37
Silicon	0.0989	0.0832	0.0950
Chromium	0.0730	0.0781	0.0736
Molybdenum	0.0061	0.0052	0.0060
Vanadium	0.0011	0.0016	0.0005
Nickel	0.0390	0.031	0.0388
% CE	0.55	0.53	0.54

Obtaining the amount of EC presented by the rods and the carbon percentage of each one of them, the weldability was found by drawing a perpendicular line from the axis of X (EC) and Y

(Carbon Percentage), where the lines coincide will be the weldability zone in Figure 1, the weldability of the rods can be observed (Phillips, 2016).

**Figure 1***Weldability zone of rebars*

Note. Phillips, 2016

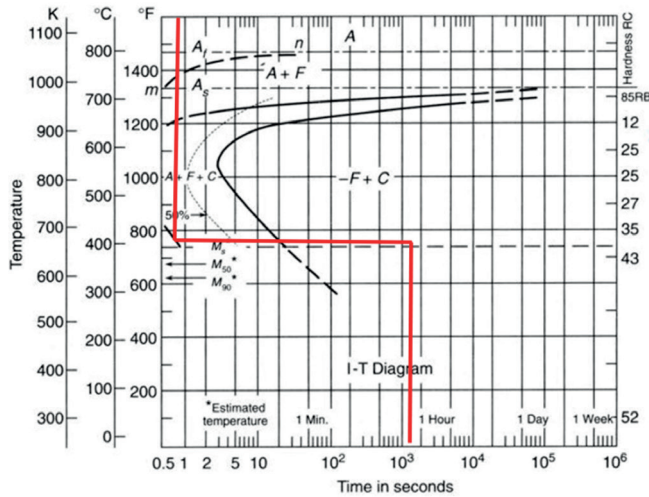
The weldability of the rods was finding in zone II, where there are cracks in the HAZ. The TTT diagram is selected based on the equivalent carbon content of the rod. Through spectroscopy

test, and carbon average value of 0.55 % was obtained, for each rod brand (Singh, 2012). TTT diagram was used to perform the post-heating is shown in Figure 2 (Huang, X. et al., 2020). Likewise, the

post-heating cycle can observe, for this study the cooling from the solidification temperature of the weld bead to a temperature of 420 °C is performed, this to

prevent the formation of martensite and to know the results for a maintenance temperature of 420 °C during a time of 30 min.

**Figure 2**  
*TTT diagram for 0.3 % carbon steel*



Note. Vander Voort, 1991

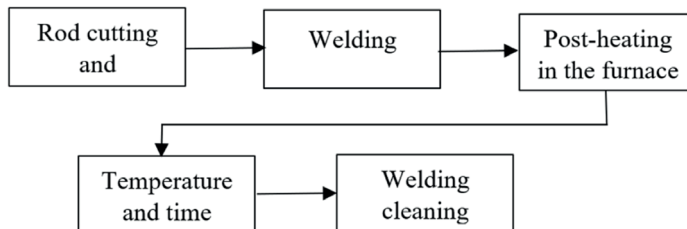
Obtained the rods chemical composition, the EC was calculate using Equa-

tion 1 of AWS D1.1 2020 (American Welding Society et al., 2020).

$$CE = C + \frac{Mn + Si}{6} + \frac{Cr + Mo + Cb + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \tag{1}$$

Figure 3 shows the post-heating process to is performed on the rods.

**Figure 3**  
*Post-heating process*



Equation 2 (Messler, 2008) was considering for the calculation of solidification time

$$S_t = \frac{L_f H_{net}}{2\pi K \rho C_p (T_m - T_o)} \quad (2)$$

Where  $S_t$  solidification time,  $L_f$  is the latent heat of fusion per unit volume,  $S_b$  the standard deviation,  $n$  the number of degrees of freedom,  $K$  the thermal conductivity of the base metal,  $\rho$  the density of the base metal,  $C_p$  the specific heat,  $T_m$  the melting tempera-

ture and  $T_o$  the initial temperature. The parameters used to determine the post heating cycle are voltage, current intensity and welding speed, values of 75 V, 120 A and 10mm/s, respectively. The steel physical properties with medium carbon content are specifying in Table 2.

**Table 2**  
*Physical properties of low carbon steel*

Physical properties of low carbon steel at 20 °C	
Density [ $\rho$ ]	7833 kg/m <sup>3</sup>
Specific Heat [ $C_p$ ]	465 J/kg·K
Diffusivity [ $\times 10^{-5}$ ]	1.474 m <sup>2</sup> /s
Thermal Conductivity [ $k$ ]	54 W/m·K

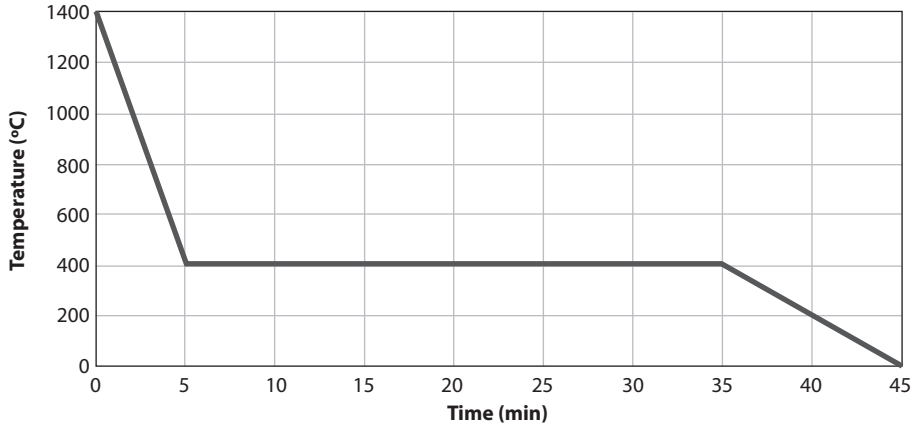
The amount of heat ( $L_f$ ) required to melt a given metal of volume is determined using Equation 3.

$$L_f = \frac{(T_m + 273)^2}{300000} \quad (3)$$

Obtaining a solidification time of 3 seconds, the time in which the solder solidifies, the solder well temperature reaches 1650 °C or more (Groover, 2014). Therefore, since the solder so-

lidifies in 3 seconds, it is considered to enter the melting temperature. Figure 4 details the post-heating process that the corrugated rods will undergo.

**Figure 4**  
Post-heating cycle



Subsequently, the t-student statistical analysis was applying for the tensile and hardness tests, which allows examining if there is a significant variation between the averages of two groups by hypothe-

sis, which in this case has a group with post heating and another without post heating, to affirm or deny the hypothesis Equation 4 is used (Bravo, 2017), (Wang et al., 2021).

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}} \quad (4)$$

Where  $\bar{d}$  is the differences Mean,  $S_b$  is the differences deviation and  $n$  the degrees of freedom number. To find

the differences average equation 5 is applied (Bravo, 2017).

$$\bar{d} = \frac{\sum (d_{\text{without post}} - d_{\text{with post}})}{n} \quad (5)$$

Where  $\bar{d}$  is the differences average, with post is the samples average without post-heating, and without post is the

samples average with post-heating. The standard deviation of the differences is found by Equation 6 (Bravo, 2017).

$$S_b = \sqrt{\frac{(d_i - \bar{d})^2}{n-1}} \quad (6)$$

The freedom degrees ( $\nu$ ) were founding using Equation 7.

$$\nu = n - 1 \quad (7)$$

As a result, it was founding that the critical value for two-tailed is 2.776.

## Results and discussion

In this section the results obtained in the tensile and hardness tests are presented, which help to identify the changes in the weld mechanical properties.

### Results of A-rods

Figure 5 presents the results of the ultimate strength obtained in the ten-

sile tests. There is a reduction in the breaking strength of the A rods with post-heating with a maximum value of 420.15 MPa and a minimum of 300 MPa with respect to the maximum value, reduction was 6.08 %, and for the minimum value 55.44 %.

**Figure 5**

*Dispersion of ultimate stress results for rod A*

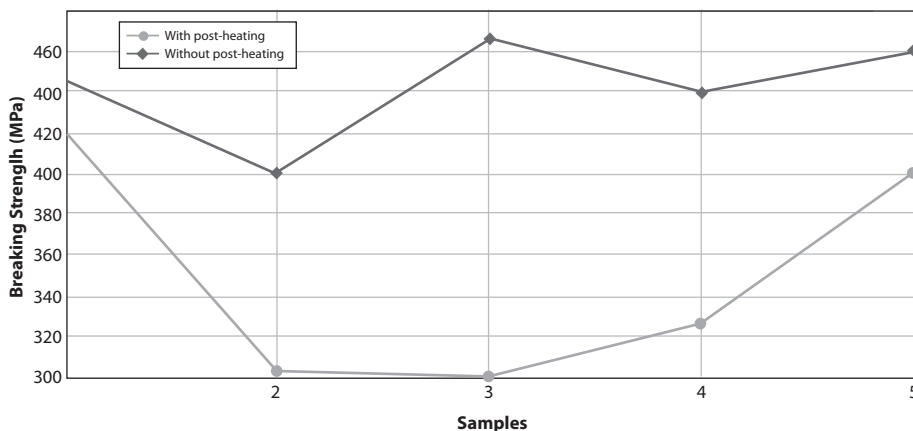


Figure 6 shows the results of the yield strength obtained in the tensile tests of the rods A. It can be observed in Figure 7. that there is a decrease in the yield strength of the rods A with post-heating,

a maximum value of 393.5587 MPa and a minimum of 339.989 MPa is obtained, with respect to the maximum value the decrease was 1.64 % and for the minimum value it is 5.94 %.



**Figure 6**  
Dispersion of yield strength results for rod A

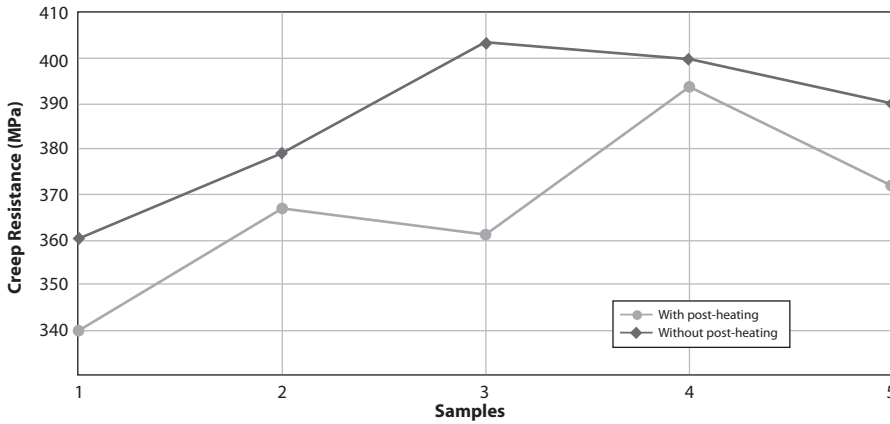


Figure 7 shows the dispersion of the results of the ultimate strength obtained in the tensile tests of the rods welded A, it is show in Figure 7. there is a reduction in the of the rods A ultimate strength

with post-heating with a maximum and minimum value of 493.76 and 395.47 MPa, respectively. Relative to the maximum value the decrease was 5.69 %, and for the minimum value was 27.51 %.

**Figure 7**  
Dispersion of ultimate strength results of rod A

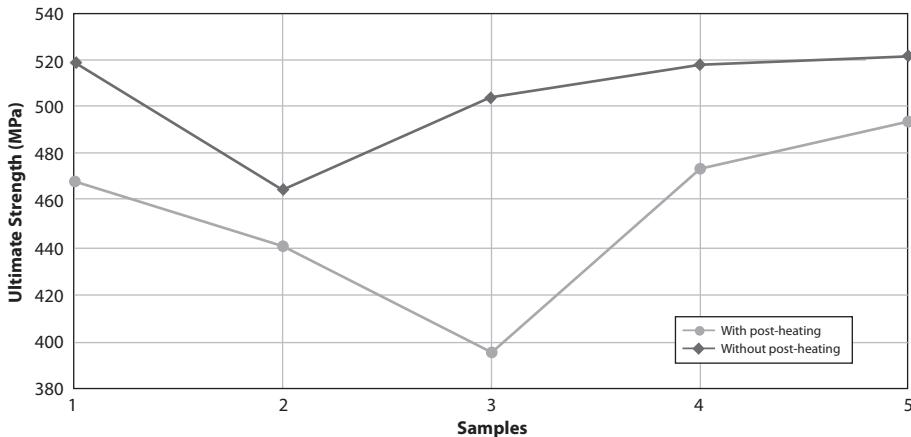


Figure 8 shows the hardness results at different positions of the polished surface of the A-rods. There is a decrease in the hardness of the rods A with post-heating

with a maximum value of 78.7 MPa and minimum of 78 MPa with respect to the maximum and minimum value decrease was 1.65 and 1.67 %, respectively.

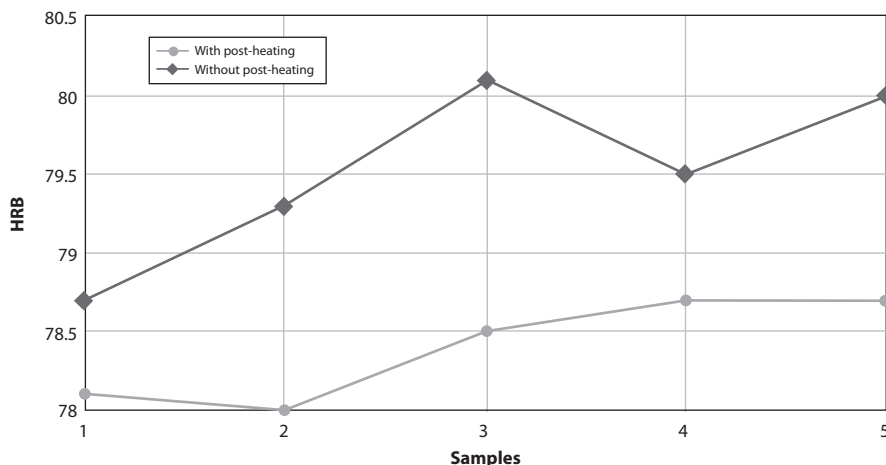
**Figure 8***Dispersion of hardness results of A-rods*

Table 3 shows the results of welded rods A ductility. There is an increase in the hardness of the A rods with post-heating with a maximum and mi-

nimum value of 25.35 and 17.85 %, respectively, with respect to the maximum value the increase was 53.54 % and for the minimum value was 2.94 %.

**Table 3***Ductility results for rod A*

ID Samples	With Post-heating Ductility (%)	Without Post-heating Ductility (%)
A 1	17.85	17.34
A 2	22.56	17.33
A 3	21.92	15.17
A 4	25.35	16.51
A 5	23.01	19.39

### **Results of B-rods**

Table 4 shows the breaking strength results obtained in the tensile tests of welded rods type B for two groups, one with post-heating and the other without post-heating. There is an increase in the

breaking strength of the B rods with post-heating with a maximum value of 500.01 MPa and a minimum of 432.55 MPa the increase the maximum value was 1.05 %, and for the minimum value, it was 1.67 %.

**Table 4**  
Results of breaking strength of rod B

ID Samples	Rupture strength with post-heating (MPa)	Rupture strength without post heating (MPa)
B 1	468.96	486.35
B 2	479.75	458.12
B 3	495.82	494.18
B 4	432.55	380.09
B 5	500.01	450.25

Figure 9 shows the dispersion of the results of the yield strength with post-heating and without post-heating. There is an increase in the yield strength of rod B with post-heating with a

maximum value of 458.95 MPa and a minimum of 415.67 MPa the increase the maximum value was 1.16%, and for the minimum value present a decrease of 4.74 %.

**Figure 9**  
Dispersion of yield strength results for rod

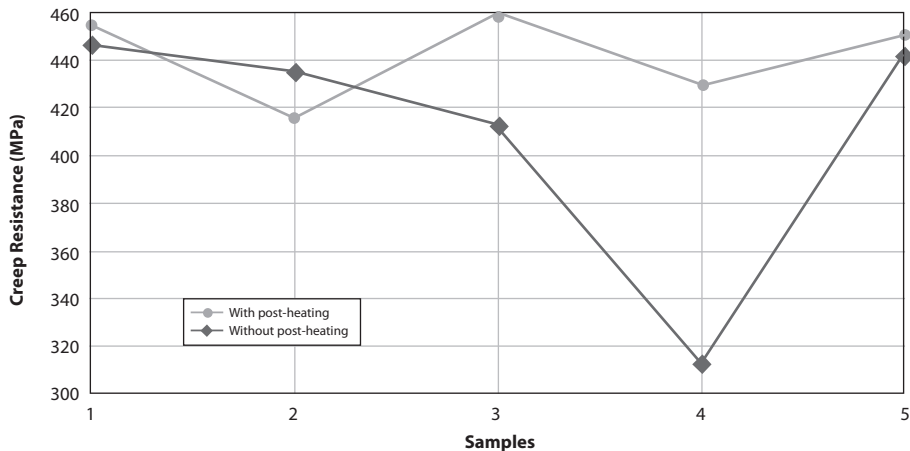


Figure 10 shows the results of the ultimate strength with post-heating and without post-heating. There is an increase in the ultimate resistance of the B rods with post-heating with a maxi-

imum value of 500.019 MPa and a minimum of 432.55 MPa the increase the maximum value was 11.05 %, and for the minimum value present a decrease of 13.8 %.

**Figure 10**  
*Dispersion of the results of the ultimate strength of the B rods*

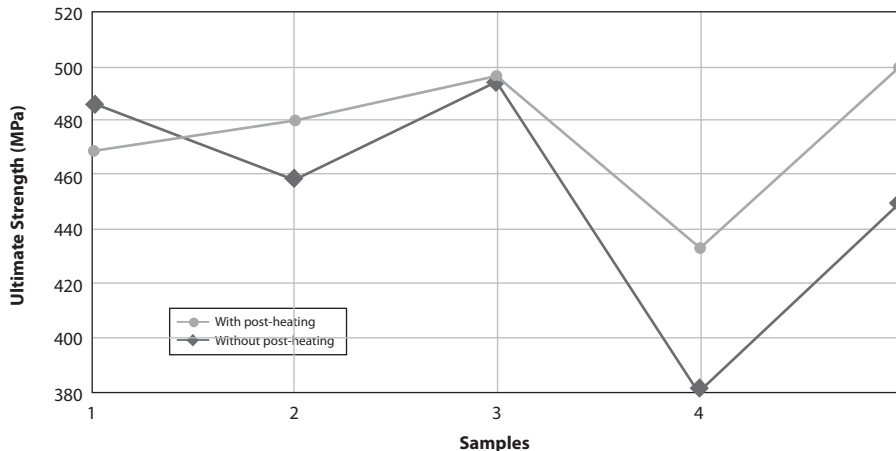


Figure 11 shows the hardness results at different positions of the polished surface of the B rods. A decrease in the hardness of the B rods with post-heating was evidencing with a maximum

value of 76.8 HRB and a minimum of 68.1 HRB, the decrease the maximum value is 3.91 %, and for the minimum value, the decrease is 9.1 %.

**Figure 11**  
*Dispersion of hardness results of B rods*

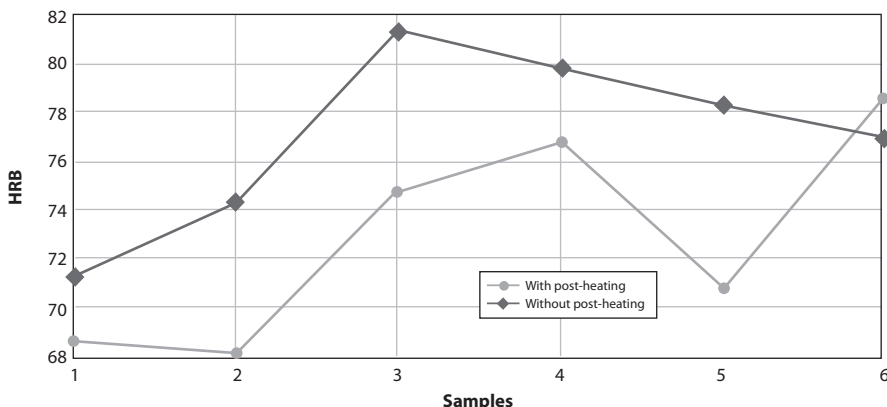


Figure 12 shows the results of ductility with and without post-heating. An increase in the ductility of the rods B with post-heating with a maximum

value of 25.43 % and a minimum of 15.10 %, the increase the maximum value is 8.3 %, and the increase the minimum value is 7.86 %.

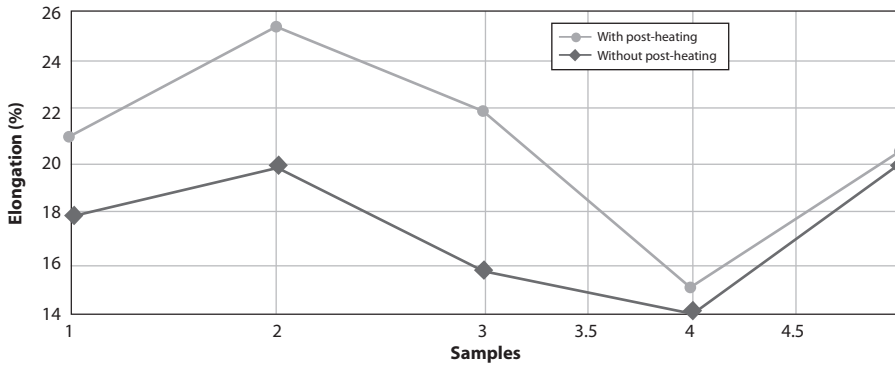
**Figure 12***Dispersion of ductility results for B-rods***Results of C-rods**

Figure 13. shows the breaking strength results obtained in the tensile tests of C welded rods for two groups, with post-heating and without post-heating. There is a decrease in the breaking stren-

gth of the C rods with post-heating with a maximum value of 449.01 MPa and a minimum of 422.64 MPa the maximum value is a singular point, there is an increase of 9.46 %, and for the minimum value, the decrease is 10.64 %.

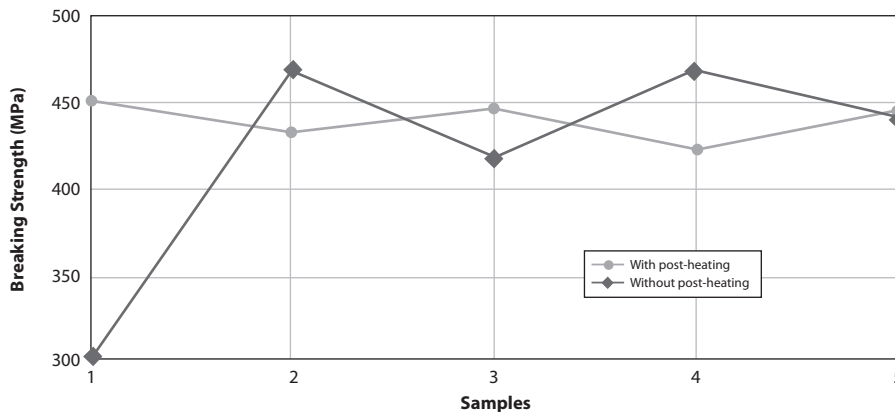
**Figure 13***Dispersion of results of the breaking strength of the rods C*

Figure 14. shows the yield strength results, which are obtained in the tensile tests of the C rods, for two groups with post heating and without post heating.

It has observed an increase in the yield strength of the C rods with post heating with a maximum value of 431.6392 MPa and minimum of 412.47 MPa with

respect to the maximum value which is a singular point there is a decrease of

1.8 %, and for the minimum value the increase is 1.83 %.

**Figure 14**  
*Dispersion of yield strength results for C-rods*

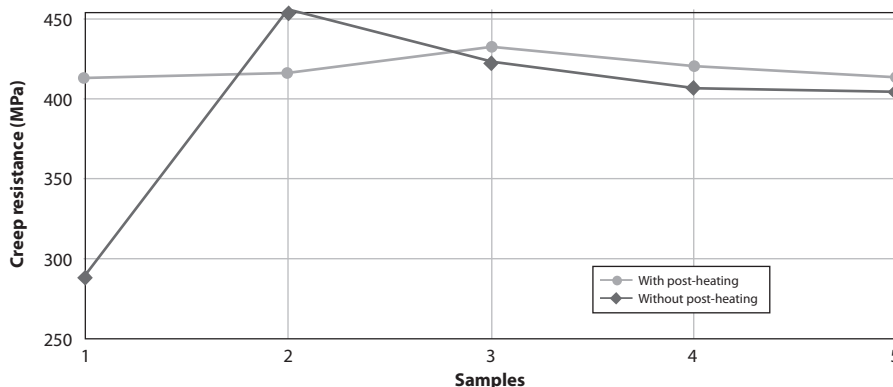


Figure 15 shows the results of the ultimate strength of the C rods with and without post-heating. There is a decrease in the ultimate resistance of the C rods with post-heating with a maximum

value of 479.85 MPa and a minimum of 349.02 MPa to the maximum value, there is a decrease of 5.54 %, and for the minimum value is a singular point there is an increase of 40.7%.

**Figure 15**  
*Dispersion of the ultimate strength results of the C-rods*

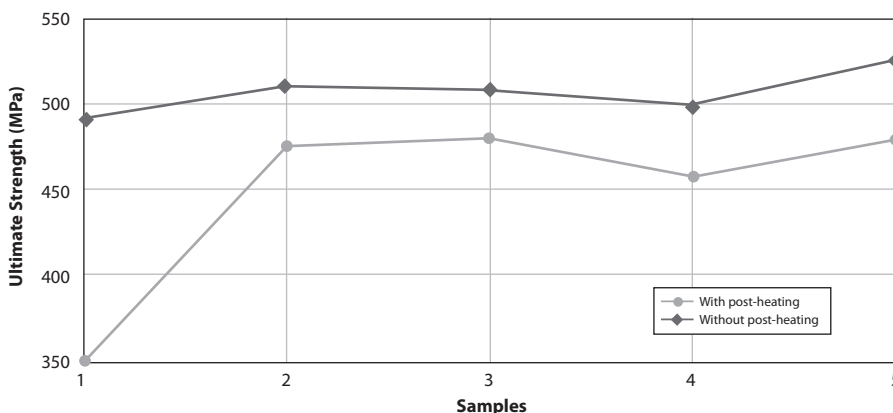


Figure 16 shows the hardness results at different positions of the poli-

shed surface of the C rods. There is a decrease in the hardness of the C rods

with post-heating with a maximum value of 65.5 HRB and minimum of 51.6 HRB to the maximum value there is a

decrease of 11.73 %, and the decrease the minimum value is 11.73 %.

**Figure 16**

*Dispersion of hardness results for C-rods*

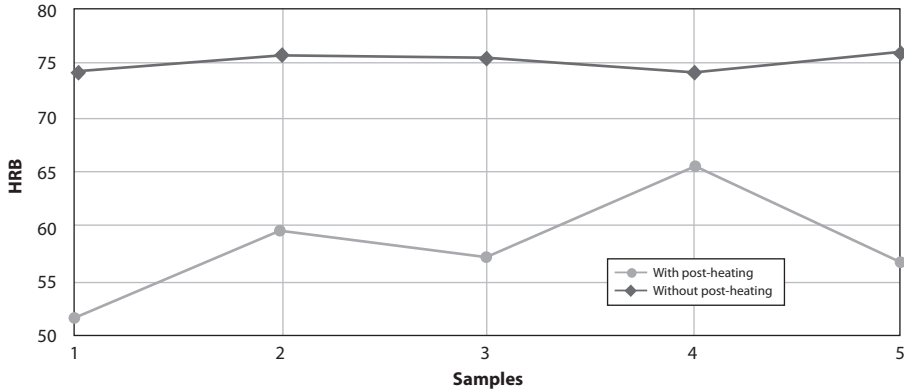
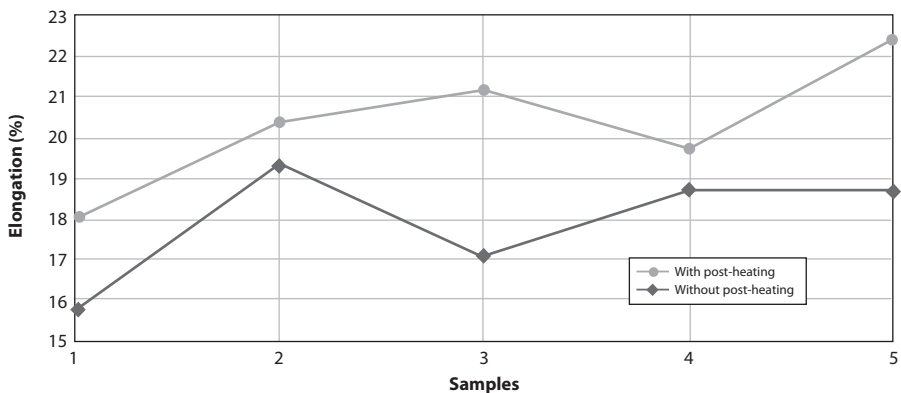


Figure 17. shows the results of ductility with and without post-heating. There is an in-crease in the rods C ductility with post-heating with a maximum

value of 22.55 % and a minimum of 17.85 % the maximum value there is an increase of 20.59 %, and for the minimum value, the decrease is 12.83 %.

**Figure 17**

*Dispersion of hardness results for C-rods*



## T-student test

The tensile and hardness tests Applying the statistical analysis t-student test for, it is analyzed if there is a significant variation between the averages of two groups utilizing the hypothesis that this case there is one group for the two cases in study. The following analysis is applied to the results of each rod (Qui-tiaquez Sarzosa et al., 2022).

Null Hypothesis for Stress and Hardness (H0): By performing a post-heating, stresses and hardness increase.

Alternate Hypothesis for Stress and Hardness (H1): After post-heating, strengths and hardness decrease.

Null Hypothesis for Ductility (HD0): Ductility decreases by performing a post-heating.

Alternate Hypothesis for Ductility (HD1): Ductility increases After post-heating. Table 5 presents the variables and the results obtained from the t-student analysis of the breaking strength of the A rods

**Table 5**

*Variables and results obtained from t-student analysis for A ultimate strength*

Variables	With post-heating	Without post heating
Mean	448.22	506.94
Variance	173.77	3155.06
Observations	5	5
Pearson correlation coefficient	0.75	
Hypothetical difference of means	0	
Degrees of freedom	4	
Statistic t	-2.78	
P(T<=t) one-tailed	0.024	
One-tailed value (one-tailed)	2.13	
P(T<=t) two tails	0.04	
Value-criticality (two tails)	2.77	

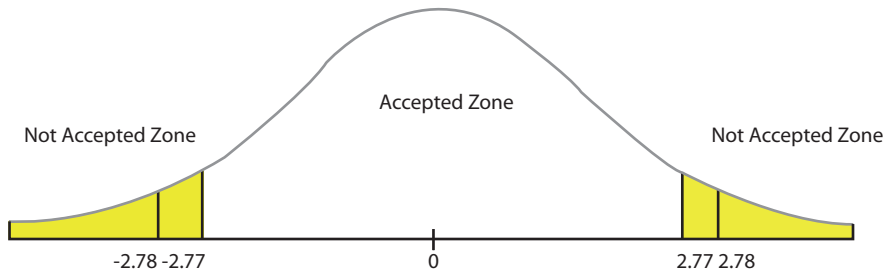
As presented in Figure 18, the t-static is established in the rejection zone, accepting the alternative hypothesis,

which mentions when performing a post-heating, the resistances and hardness decrease.



**Figure 18**

*T-curve to show zone of acceptance or rejection of the ultimate strength of the rods C*



Note. Phillips, 2016

Table 6 shows the results of ultimate strength, creep and rupture, besides

ductility and hardness of each rod brand, using the t-student test statistical analysis.

**Table 6**

*Summary table of statistical analysis t-student test*

Rod	Mechanical property	Similarity (%)	Accepted hypothesis
C	Ultimate Strength	4.9 %	The Alternate Hypothesis of Stress and Hardness (H1) is accepted: After post heating, stress and hardness decrease.
	Yield Strength	4.88 %	
	Breaking Strength	4.6 %	
	Hardness	1.7 %	
	Ductility	2.4 %	The Alternate Hypothesis Ductility (H1) is accepted: After post heating, ductility increases.
A	Ultimate Strength	2.8 %	The Alternate Hypothesis of Stress and Hardness (H1) is accepted: After post heating, stress and hardness decrease.
	Yield Strength	1.5 %	
	Breaking Strength	1.7 %	
	Hardness	1.5 %	
	Ductility	2.4 %	The Alternate Hypothesis Ductility (H1) is accepted: After post heating, ductility increases.
B	Ultimate Strength	3.3 %	The Alternate Hypothesis of Stress and Hardness (H1) is accepted: After post heating, stress and hardness decrease.
	Yield Strength	4.9 %	
	Breaking Strength	4.1%	
	Hardness	3.18 %	
	Ductility	4.8	The Alternate Hypothesis Ductility (H1) is accepted: After post heating, ductility increases.

## Conclusions

By means of the statistical analysis t-student test, a decrease in the ultimate stress for rods C, A and B of 13.1, 11.22 and 11.43 % with a probability of error of 4.9, 2.8 and 3.3 %, respectively, was evidenced. Similarly, the yield stress decreases 14.91, 5.46 and 8.24 % with an error of 4.88, 1.5 and 4.9 %, rupture with a decrease of 15.48, 26.47 and 13.46 % error of 4.6, 1.7 and 3.18 %, the hardness presents a decrease of 21.32, 2.12 and 5.48 % with error percentages

of 1.7, 1.5 and 3.18 %, having a level of reliability the 95 %.

Based on the t-student test, an increase for ductility was obtained for C, A and B of 17.64, 29.41 and 29.43 %, with an error probability of 2.4 % for C and A, with an error of 4.8 % and for rod B. Therefore, there is no martensite formation in the weld metal, and the weld seam does not suffer hydrogen cracking since hydrogen is scattered in the weld seam as a result of post-heating.

## References

- American Welding Society. Structural Welding Committee, American Welding Society. Technical Activities Committee, & American National Standards Institute. (2020). Structural welding code--steel. In *American Welding Society* (p. 634).
- Batista-Suárez, Y., Fernández-Columbié, T. H., Rodríguez-González, I., & Leyva-Legrá, S. (2018). Transformaciones microestructurales en uniones soldadas de fundición nodular obtenidas por soldadura manual con electrodos austeníticos. *Minería y Geología*, 34(4), 470–484. <https://n9.cl/gv7>
- Bravo, A. (2017). *Análisis del comportamiento de compra del producto varilla de construcción Novacero en la ciudad de Guayaquil*. [Trabajo de titulación Magíster en Gerencia de Marketing]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. <https://n9.cl/jgozd5/>
- Groover, M. (2014). *Introducción a los procesos de manufactura*. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S. A <https://n9.cl/d3f6x/>
- Huang, B., Liu, J., Zhang, S., Chen, Q., & Chen, L. (2020). Effect of post-weld heat treatment on the residual stress and deformation of 20/0Cr18Ni9 dissimilar metal welded joint by experiments and simulations. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(3), 6186–6200. <https://n9.cl/55ft7>
- Huang, X., Wang, H., Xue, W., Ullah, A., Xiang, S., Huang, H., Meng, L., Ma, G., & Zhang, G. (2020). A combined machine learning model for the prediction of time-temperature-transformation diagrams of high-alloy steels. *Journal of Alloys and Compounds*, 823, 153694. <https://n9.cl/o5g3zINEN> NTE 2635. (2012). *Método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://n9.cl/enw4je/>
- Joshi, A., Gope, A., & Chandra Gope, P. (2023). Effect of post-weld heat treatment on mechanical properties and fatigue crack growth behaviour of friction stir welded 7075-T651 Al alloy. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 123, 103714. <https://n9.cl/x5sjj/>
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*.
- Krishnan, K. N. (2002). The effect of post weld heat treatment on the properties of 6061 friction stir welded joints. *Journal of Materials Science*, 37(3), 473–480. <https://n9.cl/86jv3/>
- Maigua, C., Quitiaquez, W., Simbaña, I., Quitiaquez, P., Toapanta-Ramos, F., & Isaza-Roldán, C. A. (2020). Diseño de un Sistema de Monitoreo de Vibraciones Mecánicas en Generadores

- Hidroeléctricos de Media Potencia. *Revista Técnica Energía*, (17), 92-102.
- Messler, R. (1999). Principles of Eelding: Processes, Physics, Chemistry, and Metallurgy. *Reservoir Engineering Handbook*, 909–1095. <https://n9.cl/2p8m7/>
- Messler R. (2008). *Principles of Welding*. <https://n9.cl/c7m6s> (Original work published 2008)
- Niebles, E. E., Unfried, J., & Torres, J. E. (2014). Metodologías para el estudio de soldabilidad en uniones soldadas. *Información Tecnológica*, 25(1), 03-14. <https://n9.cl/5e4w/0>
- Olabi, A. G., & Hashmi, M. S. J. (1995). The effect of post-weld heat-treatment on mechanical-properties and residual-stresses mapping in welded structural steel. *Journal of Materials Processing Technology*, 55(2), 117-122. <https://n9.cl/mzgin/>
- Phillips, D. (2016). *Welding engineering*. Wiley. <https://n9.cl/ly194/>
- Quitiaquez Sarzosa, R., Cocha, J., Quitiaquez, W., & Vaca, X. (2022). Investigation of geometric parameters with HSS tools in machining polyamide 6 using Taguchi method. *Materials Today: Proceedings*, 49, 181–187. <https://n9.cl/fxkd3/>
- Rabiey, M., Würsten, P., Senne, L., & Urban, L. (2022). The effect of pre- and post-heat treatment on hardness and residual stress by laser metal deposition process of tungsten carbide (Metco-Clad 52052) cladding on a CK45 substrate. *Procedia CIRP*, 108, 205-209. <https://n9.cl/9l6dj/>
- Singh, R. (2012). Applied Welding Engineering: Processes, Codes and Standards. In *Elsevier Inc* (1), 3-33
- Vander Voort, G. F. (1991). Atlas of time-temperature diagrams for irons and steels. In *Carpenter Technology Corporation* (p. 766). ASM International.
- Wang, L., Wei, Y., Zhao, W., Zhan, X., & She, L. (2018). Effects of welding parameters on microstructures and mechanical properties of disk laser beam welded 2A14-T6 aluminum alloy joint. *Journal of Manufacturing Processes*, 31, 240–246. <https://n9.cl/yr8uh/>
- Wang, J., Guo, X., Li, W., Wu, X., Zhang, Z., & Hancock, E. (2021). Statistical Mechanical Analysis for Unweighted and Weighted Stock Market Networks. *Pattern Recognition*, 120, 108123. <https://n9.cl/0v2x9/>
- Zhang, C., Yang, S., Gong, B., Deng, C., & Wang, D. (2018). Effects of post weld heat treatment (PWHT) on mechanical properties of C-Mn weld metal: Experimental observation and microstructure-based simulation. *Materials Science and Engineering: A*, (712), 430–439. <https://n9.cl/8cgu8/>

# The Presence of Microplastics in Mass Consumption Food

---

Mishell Arévalo Moyano

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-3808-9636>

Alexandra Pazmiño Pacheco

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-5042-1924>

At present, the use of plastic has increased disproportionately, since it is considered a material of easy handling, high durability and low production values. However, these characteristics have become one of the main problems of large-scale pollution around the planet, since the environmental factors to which they are exposed during their manufacturing and distribution line generate the fragmentation of the material, causing the start of microplastics. These structures are of synthetic origin and have a diameter of less than five millimeters, a characteristic that makes them imperceptible to the naked eye and difficult to extract. (Bollain & Vicente, 2019a)

Made up of a number of polymers and chemical substances, microplastics are considered a non-biodegradable organic material, which remains present in the environment for several years, fragmenting due to the influence of environmental factors.

The presence of plastic in the environment is considered one of the biggest problems regarding pollution worldwide, due to the high levels existing in several ecosystems, where approximately 13 million tons of plastic are deposited in the oceans annually, becoming one of the environments most affected by this type of pollutants, Considering that the living organisms that inhabit there, alter their usual development and destabilize the maritime balance (*ONU*, 2018).

The concentration of plastic particles grows on a large scale and its lags are notorious mainly in the sea and soil, where inadequate solid waste management and anthropogenic activities are its main source, resulting in the accumulation and intake of polymers in living organisms (Bollain & Vicente, 2019).

The plastic industry is one of the most important, because its demand exceeds the level of production, which encourages the increase of it to excessive levels, resulting in the accumulation

of waste that, in general, is not handled correctly and is deposited in landfills and water bodies. Numerous studies have shown the presence of polymers in food, preserves, animals, crops and even neonates, thus marking the importance of the study of microplastics (Silva et al., 2021).

The consumption of food with the presence of microplastics in its structure puts public health and the environment at risk. Research shows the presence of significant amounts in different substances of importance to humans, such as mass consumption foods, in which contaminants accumulate during and after the production line. The use of chemical fertilizers and pesticides, in addition to microparticles absorbed by soil, water and air, increase the variety and concentration of polymers in food supplies (Cort Roig et al., 2021).

Microplastics spread along the food chain, where individuals of the lowest levels, in water, air and land, consume them mistaking them for food, until they reach humans after absorbing the greatest

amount of polymers during the process. The control strategies of this contaminant are scarce, because the ignorance of the existence of plastic in the food that is ingested daily, generates high indices of risk for the health and adequate development of living beings (Martínez, s. f.)

The present research seeks to expose the amount of microplastics present in different types of food, through literature review. On the other hand, identify the possible causes of microplastic contamination present in food and beverages. Finally, identify the products with the highest presence of polymers.

This research contains a literature review about the presence of microplastics in food for mass consumption. It describes the methodology used to search for information in databases, the results obtained in the review of 25 articles, statistical graphs of the data comparison, a discussion about the sources of contamination, significant figures of polymer consumption, effects on human health and the final conclusions of the research work.

## Methods

Currently, the number of published studies on microplastics has been increasing. The search was carried out in the database, Google Scholar, where an extensive list of results was obtained, including theses, scientific articles and reports, however, the collection of information was carried out based on scientific articles with a maximum publication period of five years, in order to maintain

updated data, in addition research from several countries of origin was considered for a broader analysis.

The articles were reviewed in the database, with the use of the word "Microplastics". Subsequently, the combination of words such as "food", "drinks", "fish", "milk", "beer", "salt", "molluscs" and "crustaceans" was introduced for greater search accuracy.

This review included 25 studies on the presence of microplastics in food and beverages for mass consumption globally. In

Table 1, you can find the individual results of the studies, whose year of publication belongs mostly to 2020.

## Results

From the compilation of results obtained in various investigations on the presence of microplastics in food and beverages for mass consumption,

an analysis was carried out in which different concentrations of polymers are obtained that are shown in the following table.

**Table 1**

*Microplastics present in food and beverages for mass consumption*

Country	Food/Beverage	Quantity	Unit	Source/Quote
Germany	Sugar	32	particles/kg	(Rubio Armendáriz et al., 2019)
Germany	Beer	33	particles/L	(Rubio Armendáriz et al., 2019)
Germany	Bottled water	3633	particles/L	(Rubio Armendáriz et al., 2019)
Atlantic	Crab	297.74	particles/individual	(Waite et al., 2018)
China	Sea salt	550 - 681	particles/kg	(Rubio Armendáriz et al., 2019)
China	Shrimp	1.55 - 4.84	particles/individuo	Hossain et al., 2020) (Li et al., 2020)
China	Nori seaweed	1800	particles/kg	(Hossain et al., 2020) (Li et al., 2020)
South Korea	Bivalve molluscs	150	particles/kg	(Rubio Armendáriz et al., 2019)
Ecuador	Milk	204.2	particles/L	(Díaz-Basantes et al., 2020)
Ecuador	Artisanal honey	443.5	particles/L	(Díaz-Basantes et al., 2020)
Ecuador	Industrial honey	360	particles/L	(Díaz-Basantes et al., 2020)
Ecuador	Soft drinks	203.14	particles/L	(Díaz-Basantes et al., 2020)
Ecuador	Craft beer	240.25	particles/L	(Díaz-Basantes et al., 2020)
Ecuador	Industrial beer	340.33	particles/L	(Díaz-Basantes et al., 2020)
Spain	Table salt	50-280	particles/kg	(Rubio Armendáriz et al., 2019)
United States	Beer	14.3	particles/L	(Kosuth et al., 2018)
Guatemala	Lisa fish	288	particles/individual	(Ortiz et al., 2021)
India	Table salt	56 -103	particles/kg	(Seth & Shriwastav, 2018)
Easter Island	Fin tuna yellow	5	particles/ individual	(Chagnon et al., 2018)
Italy and Croatia	Table salt	70 - 320	particles/kg	(Renzi et al., 2019)
Mexico, USA, Latin America	Milk	3 - 11	particles/L	(Kutralam-Muniasamy

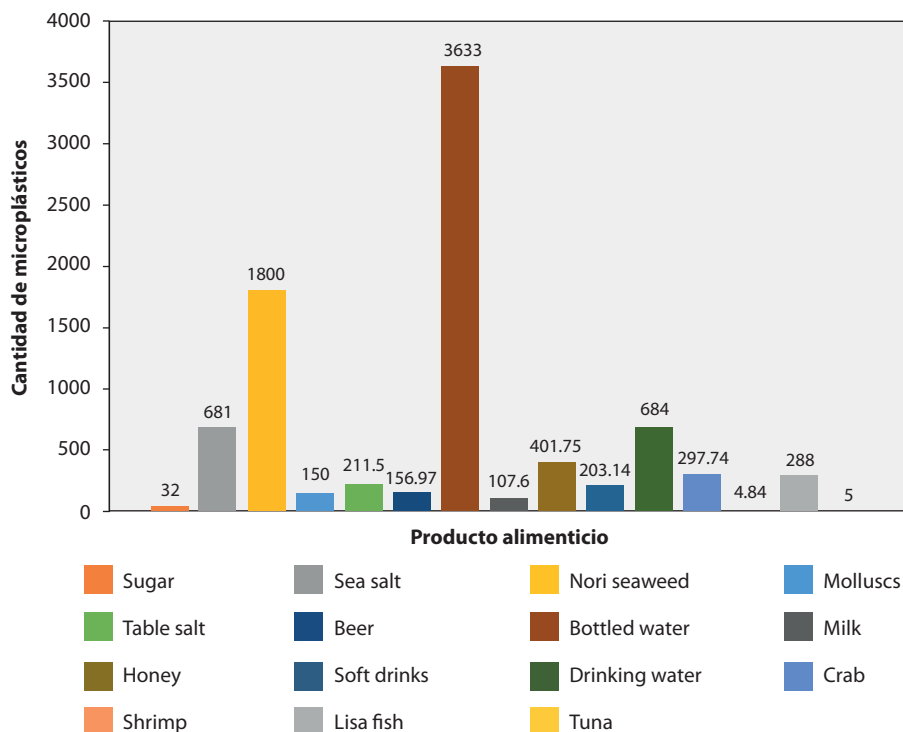
The research carried out in different countries worldwide, mark the presence of microplastics in all types of food and beverages analyzed, which are usually products of daily consumption. It is noteworthy to note that most studies globally focus on marine species, this is due to the high demand for consumption of them and the rates of polymer pollution recorded in the oceans. The report of the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) on the presence of plastics in food, points out that one of

the most influential factors for the presence of microplastics in food is the ease of being transferred between trophic levels.

Next, a statistical representation of the products with the presence of microplastics registered in the investigations is made. For this, the most critical data of the values reported in the intervals of Table 1 was taken and an average of the microplastic particles of each type of food was made for its representation.

**Figure 1**

*Particles of microplastics present in different types of food*



In the studies carried out in solid foods, described in this research and represented in microplastic particles per kilogram, it is obtained in *Figure 1* that the largest amount of microplastics is found in the *Alga nori*, with 1800 particles per kilogram. Considering that in Asia the consumption of this product is estimated between 4.3 and 5.3 grams per day, so each individual would be ingesting around 7.74 and 9.54 particles of microplastics daily, this is due to the high rate of plastic pollution present in the oceans.

In the studies carried out in beverages, described in this research and represented in microplastic particles per liter, it is obtained in *Figure 1* that the highest amount of microplastics is found in *bottled water*, with 3633 particles per liter. This is due to different variables, such as the packaging and distribution process, and the influence of environmental factors such as temperature and pressure, from the place

of production to the point of sale to the public. It is worth mentioning that, in countries such as Germany, the per capita consumption of this product was 147.7 liters in 2018, which means that around 1470 microplastic particles were ingested daily.

In the studies carried out in seafood, described in this research and represented in microplastic particles per individual, it is obtained in *Figure 1* that the largest amount of microplastics is found in *crabs*, with 297.74 particles per individual. It should be considered that this crustacean is omnivorous and the analysis sample was obtained from the Atlantic Ocean, which is characterized by having between 12 and 21 million tons of microplastics on its surface, according to the Nature Communications study. In the United States, one of the largest importers globally, the consumption of this crustacean was 0.58 kg in 2017, indicating an estimated intake of 3453.8 microplastic particles in that year.

## Discussion

Microplastics can enter living organisms directly, by being mistaken for food, or indirectly, by consuming contaminated species. To this is added the production of plastic in each of the study locations and the anthropogenic activities that influence pollution levels.

China is characterized by having one of the largest overpopulations globally, a problem that increases waste production. In 2020, it had a population of 1.4 billion people that generated around

63.3 million tons of plastic that, due to the absence of spaces for the proper disposal of this material, were deposited in water bodies, generating high concentrations of polymers in living organisms and aquatic vegetation. It should be noted that plastic particles are mostly deposited at the bottom of rivers and seas accumulating in algae and corals.

Table salt is one of the most demanded products worldwide. According to the WHO, its consumption is recor-



ded at around 5 grams per day, which means that approximately 1.05 particles of microplastics are ingested. It is worth mentioning that salt deposits are mostly found in water bodies, places that, as already mentioned, are the largest accumulators of plastic waste. Senegal is the country that reports the highest amount of particles with respect to the studies carried out in Spain, India, Italy, Croatia, Turkey and Taiwan, due to inadequate management of the extraction, collection, storage and transport of the product. To this is added the extreme temperatures (35°C) that become factors that increase the fragmentation of polymers.

On the other hand, Germany is one of the largest producers and consumers of bottled water globally, generating only in 2017 a consumption per person higher than in the last 5 years. This is due to the culture of consumption, especially of mineral water contained in PET bottles (Polyethylene Terephthalate). Leading the European market and with a population of approximately 83 million inhabitants, this country became the largest daily consumer of microplastics, where variables such as sources of origin and the detachment of particles due to the influence of environmental factors such as temperature and pressure, favor the fragmentation of polymers in the environment.

Beer, one of the most consumed alcoholic beverages globally, is another product with a high amount of microplastics per liter. However, of the studies presented in this research, Ecuador is the country that has the highest presence of microplastics in this drink, despite the fact that its population is significantly lower than that of Germany and the United States. This could be due to variables such as production standards, water quality, packaging process, and the methodologies used for polymer analysis in each study.

Although fish for mass consumption do not present the greatest amount of microplastics in the studies analyzed, their proportion is worrying, since their consumption reaches 20.5 kg per year in each individual, which generates an approximate intake of 1267 polymer particles per year.

Although there are no proven studies on the effects of microplastics on the body, they are considered endocrine disruptors and their accumulation could generate complications in the medium and long term. The global commitment to the control of plastic waste is to reduce, reuse and recycle this type of material, contributing to minimize and mitigate the environmental impact and, therefore, the health of living beings.

## Conclusions

The presence of microplastics in food products has become a global problem, due to their high level of contamination, since

they are mostly present in food and beverages for mass consumption, such as water, salt, fish, among others, in which a large

amount of microplastic particles has been detected, this problem encouraged scientific communities to conduct research in order to expand existing knowledge and promote the control of production of this type of polymers.

Several researchers agree that the reason why there is the presence of microplastics in food is due to the inadequate management of plastic waste and its overproduction, which generates accumulation in water bodies, air and soil, thus reaching the food that is consumed by humans.

Among the foods with the highest amount of microplastics are those from the sea, which proves that pollution occurs due to the disposal of plastic waste in the oceans, on the other hand, the amount of microplastics existing in bottled water, which although it is true, complies with standardized purification parameters, presents problems in packaging and transport to points of sale, since being exposed to environmental factors that favor the detachment of plastic particles, such as temperature and pressure variation, contaminate the water.

## References

- Bollaín Pastor, C., & Vicente Agulló, D. (2019). *Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública*. *Revista Española de Salud Pública*, 93. <https://n9.cl/jl040/>
- Chagnon, C., Thiel, M., Antunes, J., Ferreira, J. L., Sobral, P., & Ory, N. C. (2018). Plastic ingestion and trophic transfer between Easter Island flying fish (*Cheilopogon rapanouiensis*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) from Rapa Nui (Easter Island). *Environmental Pollution*, 243, 127-133. <https://n9.cl/vziap/>
- Cort Roig, L., Conchello Moreno, M. del P., & Herrera Marteache, A. (2021). *Análisis de micro y nanoplásticos como riesgo emergente para la seguridad alimentaria*. Universidad de Zaragoza.
- Díaz-Basantos, M. F., Conesa, J. A., & Fullana, A. (2020). Microplastics in Honey, Beer, Milk and Refreshments in Ecuador as Emerging Contaminants. *Sustainability*, 12(14). <https://n9.cl/25uk3/>
- Fleitas Ramírez, P. (2021). *Algas en la alimentación humana*. <https://n9.cl/jl937/>
- Gündoğdu, S. (2018). Contamination of table salts from Turkey with microplastics. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 35(5), 1006-1014. <https://n9.cl/ff64r/>
- Hossain, M. S., Rahman, M. S., Uddin, M. N., Sharifuzzaman, S. M., Chowdhury, S. R., Sarker, S., & Nawaz Chowdhury, M. S. (2020). Microplastic contamination in Penaeid shrimp from the Northern Bay of Bengal. *Chemosphere*, 238, 124688. <https://n9.cl/v5nu0/>
- Kim, J. S., Lee, H. J., Kim, S. K., & Kim, H.-J. (2018). Global Pattern of Microplastics (MPs) in Commercial Food-Grade Salts: Sea Salt as an Indicator of Seawater MP Pollution. *Environmental Science & Technology*, 52(21), 12819-12828. <https://n9.cl/sba8od/>
- Kosuth, M., Mason, S. A., & Wattenberg, E. V. (2018). Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *PLOS ONE*, 13(4), e0194970. <https://acortar.link/qkFekl/>
- Kutralam-Muniasamy, G., Pérez-Guevara, F., Elizalde-Martínez, I., & Shruti, V. C. (2020). Branded milks— Are they immune from microplastics contamination? *Science of The Total Environment*, 714, 136823. <https://n9.cl/j24w8/>
- Lee, H., Kunz, A., Shim, W. J., & Walther, B. A. (2019). Microplastic contamination of table salts from Taiwan, including a global review. *Scientific Reports*, 9(1). <https://n9.cl/ka8og2/>
- Li, Q., Feng, Z., Zhang, T., Ma, C., & Shi, H. (2020). Microplastics in the commercial seaweed nori. *Journal of Hazardous Materials*, 388, 122060. <https://n9.cl/r11sp/>

- Martínez, L. M.-V. (s. f.). *Efectos potenciales de los microplásticos en la salud humana*. ONU. (2018, junio 5). *O nos divorciamos del plástico, o nos olvidamos del planeta* | Noticias ONU. <https://n9.cl/egqo/>
- Ortiz, C. H. M., Xajil-Sabán, M., Blanda, E., & Delvalle-Borrero, D. (2021). Ocurrencia de microplásticos en el tracto digestivo de peces de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Guatemala: *Ecosistemas*, 30(2), Article 2. <https://n9.cl/15290/>
- Renzi, M., Grazioli, E., Bertacchini, E., & Blašković, A. (2019). Microparticles in Table Salt: Levels and Chemical Composition of the Smallest Dimensional Fraction. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(9). <https://n9.cl/3pg5l/>
- Rubio Armendáriz, C., Daschner, Á., González Fandos, E., González Muñoz, M. J., Moreno-Arribas, M. V., Talens Oliag, P., & Bustos, J. (2019). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre la presencia y la seguridad de los plásticos como contaminantes en los alimentos. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, 30, 49-84.
- Seth, C. K., & Shrivastav, A. (2018). Contamination of Indian sea salts with microplastics and a potential prevention strategy. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(30), 30122-30131. <https://n9.cl/t7n49/>
- Silva, A. J. F. da, Carvalho, G. P., Rodrigues, É. M., Alves, F. T., & Alves, C. J. de S. (2021). *O impacto dos microplásticos em nosso planeta e sua substituição*. <https://n9.cl/sd6gfq/>
- Waite, H. R., Donnelly, M. J., & Walters, L. J. (2018). Quantity and types of microplastics in the organic tissues of the eastern oyster *Crassostrea virginica* and Atlantic mud crab *Panopeus herbstii* from a Florida estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 129(1), 179-185. <https://n9.cl/cfa55x/>

# Toxicological Effects of Dioxins in Latin America, a Critical Review

---

Paz Escobar Montenegro  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-9750-8809>

Karina Pazmiño Pacheco  
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-5042-1924>

## Introduction

Dioxins are chemical compounds. They are not synthesized by humans but may appear as residues produced by various chemical processes. Dioxins originate naturally in volcanic emissions and forest embers, but unfortunately the main focus of concern is found in human actions such as civil waste cremation, fungicide production, insecticide production, high temperature alloy processing, polyvinyl chloride production, and others (Montoya, 2001).

Human exposure to these substances can take the following routes: digestion, aspiration and contact. Aspiration and contact are the most prevalent, however, it is considered that the main source of exposure is through food consumption. Therefore, it is considered that about 90% of the dioxin uptake comes from food sources, originally from the digestion of milk, red and white meat, eggs,

as well as packaging used to cover food (Pinzón Rojas, 2010).

Dioxins belong to a group of aromatic hydrocarbons consisting of two benzene rings bound by two oxygen atoms. They have the following properties: they persist in the atmosphere, soil and water for long periods of time and are therefore highly stable, so they are not prone to chemical or physical degradation, and since they do not come from nature, humans have not been able to develop procedures to decompose them (Luengo, 2008). Therefore, there is currently great social and academic concern, so that in 1994 a study was published on the dangers in our environment due to the exposure of dioxins, in which it is stated that this substance can cause cancer, alterations in development, depression of the immune system and alteration of the normal glandular function (Sánchez & Santi Maldonado, 2021).

The harmful effect of these mixtures depends on the dose and the period of exposure. This occurs by causing changes in the neural, immune and reproductive centers. Living beings are in contact with these substances through oral consumption, aspiration and skin contact, whereby oral digestion is the main way in which dioxins enter orga-

nisms, especially through fatty foodstuffs (Núñez Ramos, 2020).

Because of the latter, the research to be carried out will focus on the influence of dioxins on human beings, the perspective to be taken will be the different stages of development and the degree of influence of this chemical on development and growth.

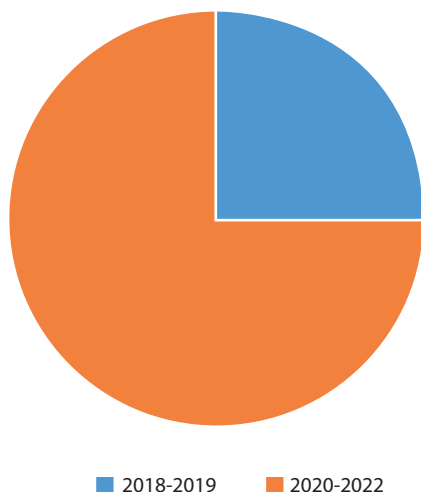
## Methods

An analysis of the state-of-the-art was carried out, for which the database was chosen to contain a wide variety of scientific research works, for this reason the Google Scholar, SciELO and ScienceDirect platforms were used.

Subsequently, articles used would be those that were published from 2018 to the present year, since the aim is to have the most updated information, and with data and information related to the Latin America countries. Figure 1 shows most of the articles found from 2020 to 2022.

**Figure 1**

*Distribution of articles according to their year of publication*



An analysis of the data present in the articles was carried out and it was deci-

ded that data from five countries would be used, namely Mexico, Colombia,

Ecuador, Chile and Brazil, as these had the widest range of data available for this

study. Figure 2 shows the location of the countries selected for the work.

**Figure 2**

*Selection of the countries where the work was carried out and the number of articles found per country*



## Results

In the nerve center, exposure to dioxins can alter brain function and intellectual development, thus having detrimen-

tal consequences on learning. In addition, these compounds can have dangerous consequences on the kidneys, liver and

various fundamental organs of the body (Departament de Salut Agència Catalana de Seguretat Alimentària, 2022).

In terms of ailments, it has been linked with great danger to cancer, specifically breast, prostate and non-Hodgkin's lymphoma. It has also been re-

lated with heart-related ailments and metabolic irregularities such as type 2 diabetes (García Collado *et al.*, 2022).

Table 1 classifies the exposure to dioxins depending on the country in Latin America and at which stage the highest dioxin influences occur.

**Table 1**

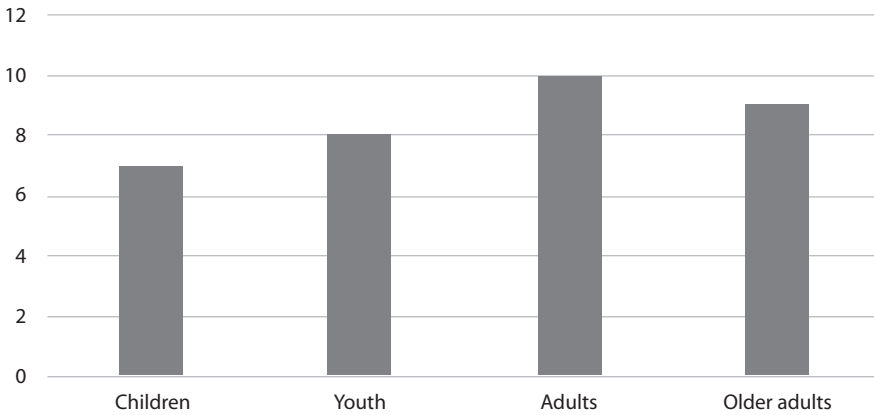
*Age comparison and health effects in Latin American countries*

Country	Stages	Illnesses
Mexico	Children Youth Adults Older adults	Mental degrowth and violence (Santander-Lara <i>et al.</i> , 2018) Anticipation in adolescence, neurodevelopmental and behavioral disturbance (Yehia Anwar Elsayed, 2019) Heart disease, liver damage (Berumen-Rodríguez <i>et al.</i> , 2020) Increases in mortality and cancer (Wolman, 2022)
Colombia	Children Youth Adults Older adults	Irregular development, delayed neural progress. Respiratory diseases such as asthma, bronchitis, menstrual abnormalities, etc. Damage to the pituitary, hypothalamus and damage to the female reproductive system. COPD, lung cancer (Zona Rubio <i>et al.</i> , 2022)
Chile	Children Youth Adults Older adults	Genetic variations Cellular changes, cancer in the female reproductive system Fetal anomalies Cancer (Tchernitchin, 2020)
Ecuador	Children Youth Adults Older adults	Liver and breast cancer (Villa Verdugo, 2022) Trauma to the dermis, deformation of the liver Nervous, endocrine and reproductive system disorders Cancer (Quiroz Londoño, 2019)
Brazil	Children Youth Adults Older adults	Mutations of the genitourinary system (Arrizabalaga, 2021) Acute poisoning Cardiac diseases Neural mishaps (García & Zavatti, 2022)

Figure 3 shows that the group most affected by dioxins is adults, followed by the elderly, because when human beings are exposed to this toxin, the highest rates of chronic ill-

nesses occur at this age, since this toxin begins to cause long-term damage during development.

**Figure 3**  
*Effects on each age group*



In Latin America, these substances have become a significant environmental problem, particularly in countries that are involved in arms disputes or have been the focus of disinfection with fungicides such as Orange Agent. High levels of dioxins have also been found in areas with proximity to chlorine industries and urban areas with high concentrations of vehicular traffic.

Exposure to these compounds has severe toxic consequences on human health, including endocrine, immune, reproductive and cancer deficits, as well as consequences on fetal development and brain damage. In certain communities historically exposed to these substances, there have been high rates of lung, breast, and prostate cancer, as well as fertility difficulties, miscarriages and congenital deformities.

## Discussion

Although dioxins are globally harmful, their effect within the five selected countries differs, primarily due to the industrial development of the country concerned, as seen by examining the effects of these substances on the citizens of Mexico and Ecuador.

In Mexico City in 2021, an increase in air pollution was recognized, which was caused by the cremation of bodies that were affected by the first wave of Covid-19[19], while this year the-

re were effects on the nervous system of the citizens of Santa Elena parish in Ecuador caused by the presence of the landfill located near the community. (Palma-Morales *et al.*, 2021).

In Chile and Colombia, it was detected that the greatest influence and effect of dioxins on human beings is the product of the release of gases that occur in the manufacture of any type of product, which is why in the first country mentioned two lawyers belonging



to the University of Chile published a paper in which they indicate the need to evaluate the sentences for industrial causes that affect the environment (Quijano Echarte, 2019). Similarly, a publication by the Colombian Association of Endocrinology, Diabetes and Metabo-

lism describes how exposure to dioxins causes an imbalance in the metabolism, thus corroborating the need for a better projection of laws against the release of these toxins (Vicente-Herrero & Ramírez Íñiguez, 2022).

## Conclusions

It can be recognized that within the greater influence of dioxins found in Latin America, dioxins are more present in the atmosphere due to the presence of the release of gases produced within the companies. This research helped us to conclude that social status, gender and age have a strong influence on the likelihood of suffering from dioxin-related illnesses.

When relating the information from the five countries, it was identified that the female gender may be the one that reports more ailments from these toxic substances and to a greater extent if they are between 45-55 years of age, since in this period they may be more prone to contracting cancer in the reproductive system, as these compounds are found in our bodies and when women who were exposed to them can transmit dioxins to their children through their mother's milk.

In the same way, as far as age groups are concerned, the greatest effects can be seen in children and the elderly, as the first group is in its years of development and it is easier for the nervous system to be altered, while the second group, as it has already developed over the years, the system does not have the same defenses and therefore are more susceptible to the damage caused by these toxins.

Therefore, we call on the authorities of Latin American countries to pay more attention to their laws, to seek the safety of all citizens, not only of a certain group. It is essential to have regulations for the companies that generate dioxins and all those that harm health and the environment. In the same way, we as scientists must commit ourselves to always use our knowledge for the benefit of the citizens.

## References

- Arrizabalaga, J. (2021). The challenge of (Re)emerging diseases, the limits of the biomedical response and the new paradigm of global health. *Historia, Ciencias, Saude - Manguinhos*, 28(1), 255-281. <https://n9.cl/y0sto/>
- Berumen-Rodríguez, A. A., Pérez-Vázquez, F. J., Díaz-Barriga, F., Márquez-Mireles, L. E., & Flores-Ramírez, R. (2020). Revisión del impacto del sector ladrillero sobre el ambiente y la salud humana en México. *Salud Pública de México*, 63(1), 100-108. <https://n9.cl/bq4376/>

- Departament de Salut Agència Catalana de Seguretat Alimentària. (2022). *Las dioxinas y los PCB similares a las dioxinas*. 1-1.
- García Collado, O. G., Gil Álvarez, M. de J., y Martínez Sáez, S. J. (2022). Agonistas del receptor de hidrocarburos de arilo como contaminantes en alimentos para la producción animal. *Rev. Prod. Anim.*, 34(1), 1-2.
- García, S. I., & Zavatti, J. R. (2022). Derecho a un medio ambiente limpio, saludable y sostenible: el medio ambiente no tóxico. *Salud Ambiental*, 1-2.
- Luego L., J. (2008). Dioxinas: Una amenaza desde el medioambiente. *TecnoVet*, 1-5.
- Montoya, N. (2001). *Dioxinas: ¿Un nuevo reto para la industria de alimentos?* Universidad de Guayaquil.
- Núñez Ramos, S. S. (2020). *Estudio de la descomposición de cables de PVC en presencia de lodos como inhibidores de la formación de dioxinas*. [Trabajo Máster en Ingeniería Química]. Universidad de Alicante. <https://n9.cl/iw5nw/>
- Palma-Morales, M., Mateos, A., Rodríguez, J., Bernal-Gómez, S. J., Casuso, R., & Huertas, J. R. (2021). Los alimentos que nos hicieron humanos. *Journal of Behavior and Feeding*, 1, 10–11. <https://n9.cl/yw9xo/>
- Pinzón Rojas, L. (2010). *Dioxina en los alimentos, riesgo en la salud de los consumidores*. [Programa Ingeniería de Alimentos]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://n9.cl/n98zy/>
- Quijano Echarte, L. (2019). *Evaluación de la exposición a contaminantes químicos a través del consumo de alimentos en la población de la Comunidad Valenciana*. [Tesis de Doctorado]. Universitat de Valencia. <https://n9.cl/9dwi0/>
- Quiroz Londoño, M. C. (2019). *Contaminación antrópica causada a los principales afluentes del país y la responsabilidad social y ambiental del ingeniero de hoy*. [Tesis de Ingeniería Civil]. Universidad Militar Nueva Granada. <https://n9.cl/c8p09>
- Sánchez Apaza, L. V., & Santi Maldonado, K. J. (2021). *Nivel de conocimiento de dioxinas en carne de res en los estudiantes de la escuela profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad María Auxiliadora, marzo-abril 2021*. [Tesis Químico Farmacéutico]. Universidad María Auxiliadora. <https://n9.cl/ancel/>
- Santander-Lara, M. F., Suárez-Godínez, M. D., Trejo-Osti, Z. A., Reynoso-Vázquez, J., Salas-Casas, A., Imbert-Palafox, J. L., Becerril, M. A., López-Contreras, L., & Ruvalcaba-Ledezma, J. C. (2018). Exposición a tóxicos y su efecto en la salud en México. En *Educación y Salud. Boletín Científico de Ciencias de la Salud del ICSa*, 7 (13). <https://n9.cl/tx0qe/>
- Tchernitchin, A. N. (2020). Riesgos y peligros del funcionamiento de una planta de procesamiento de residuos peligrosos del proyecto CIGRI en la comuna de TilTil. *Cuadernos Médicos Sociales*, (3), 39-61.
- Vicente-Herrero, T., & Ramírez Íñiguez, M. (2022). Cáncer y trabajo. Una visión holística preventiva de una enfermedad compleja. *Academic Journal of Health Sciences*, 38(1), 9-17. <https://n9.cl/ql2uei/>
- Villa Verdugo, M. de los Á. (2022). *Consecuencias psicológicas del trabajo infantil que presentan los niños y niñas de 8 a 12 años de la Asociación Rafalex*. [Tesis de Psicología Clínica]. Universidad del Azuay. <https://n9.cl/6zt97/>
- Wolman, A. (2022). Salud y medio ambiente. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, 89(4), 283-294. <https://n9.cl/g59ve/>
- Yehia Anwar Elsayed, H. (2019). *Evaluación del efecto del disruptor endocrino (dioxina) sobre marcadores celulares y moleculares del sistema reproductor, inmune y nervioso*. [Tesis doctoral]. Universidad Autónoma del Estado de México. <https://n9.cl/yno51/>
- Zona Rubio, D. C., Páez Mora, C. D., Ramírez Arenas, N. S., & Soler Guatibonza, A. M. (2022). Efectos de la contaminación ambiental sobre la salud de la población mediante una revisión narrativa. *Revista Colombiana de Neumología*, 34(2). <https://n9.cl/qdeg9/>

# Coordinadores y autores

---

## ***Lenin E. Cevallos-Robalino, Ph. D.***

Ingeniero industrial (2009), graduado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Magíster en Ciencia y Tecnología Nuclear (2014) y Doctor en Energía Sostenible, Nuclear y Renovable (2019), ambas obtenidas en la Universidad Politécnica de Madrid-España. Sus principales áreas de investigación incluyen la Detección de Neutrones, Seguridad Nuclear, Dosimetría, Espectrometría gamma, y cálculos de blindaje a través de códigos con métodos Monte Carlo como MCNP, PHITS y GEANT4. Además, ha publicado numerosos artículos en revistas científicas internacionales de alto impacto, ha participado en más de una decena de congresos internacionales en España, Francia, Reino de los Países Bajos, República Dominicana, México y Ecuador. Es miembro de jóvenes nucleares (desde 2015), miembro de la Sociedad Nuclear Española (desde 2017) y miembro de la Asociación Ecuatoriana de Radioprotección (desde 2024). Docente universitario en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica e investigador de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, pertenece al Grupo de Investigación en Micro-nanotecnología y Energía Nuclear o NANOTECH. Actualmente, es responsable de la Coordinación de Investigación de dicha sede (desde noviembre 2022), y miembro del Comité técnico-científico del Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad – CITIS.

## ***Padre Juan Alcides Cárdenas-Tapia, Ph. D.***

Doctor en Educación y Sociedad por la Universidad de Barcelona-España; Máster Universitario en Investigación en Didáctica, Formación y Evaluación Educativa por la Universidad de Barcelona, España; Diploma Superior en Evaluación de la Educación Superior por la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador; Licenciado en Ciencias de la Educación especialidad Sicopedagogía por la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador; Especialista en Bachillerato Eclesiástico en Teología en la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia. Preside el Consejo de Publicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana; investigador principal en varios Grupos de Investigación, y autor de varias publicaciones científicas orientadas a la educación. Ha ejercido diversas funciones, entre ellas, docente de la Universidad Politécnica Salesiana; rector de la Unidad Educativa Mario Rizzini; director de la Comunidad Salesiana de Yanuncay-Cuenca; delegado inspectorial para la Pastoral Juvenil y miembro del Consejo Inspectorial; presidente del

Consejo Nacional de Educación Salesiana (CONESA) y director nacional de la Pastoral Universitaria. (ORCID: 0000-0001-9110-6983)

### ***Gabriela Carrión Curimilma***

Ingeniera ambiental, graduada de la Universidad Politécnica Salesiana, con distinción en su formación académica. Su especialización es en diversos aspectos de la conservación ambiental; busca fortalecer su conocimiento en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional a través de una maestría.

### ***Cristina Ratero Talavera***

Ingeniera en Seguridad Nuclear, graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales y especializada en Técnicas Energéticas y en Ciencia y Tecnología Nuclear por la Universidad Politécnica de Madrid.

### ***Jonathan Gabriel Villarreal Berrones***

Ingeniero eléctrico por la Universidad Politécnica Salesiana. Bachiller técnico en Electricidad otorgado por el Colegio Central Técnico. Su artículo se basa en su tesis de graduación «Propuesta de despliegue óptimo de un sistema aislado de alta eficiencia y su evaluación en aplicaciones multipropósito para carga de vehículos eléctricos e iluminación en zonas y vías rurales».

### ***Paz Escobar Montenegro***

Ingeniera ambiental, título otorgado por la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito. Su interés por crear un impacto positivo en la calidad de vida de las personas y el entorno que la rodea es el impulso para realizar su trabajo.

### ***Angel Isaac Simbaña Gallardo***

Ingeniero mecánico, Magíster en Métodos Matemáticos y Simulación Numérica en Ingeniería y Magíster en Educación, mención en Desarrollo del Pensamiento, títulos obtenidos en la Universidad Politécnica Salesiana. Es el director del Grupo de Investigación en Ingeniería Mecánica y Pedagogía de la Carrera de Electromecánica (GIIMPCEM) del Instituto Superior Universitario Sucre.

### ***Cristian Andrés Leiva-González***

Ingeniero mecánico, título obtenido en la Escuela Politécnica del Ejército. Magíster en Materiales, Diseño y Producción, por la Escuela Politécnica Nacional. Alrededor de diez años de experiencia en mantenimiento y producción en empresas locales y multinacionales. Actualmente es docente e investigador en la Universidad Politécnica Salesiana.

***Eduardo Froilan Córdor Torres***

Ingeniero mecánico, graduado de la Universidad Politécnica Salesiana. Experiencia en diferentes áreas de la rama: mantenimiento, biomecánica, producción y analítica de datos.

***Águeda Fernanda Ramírez Castro***

Ingeniera electrónica, graduada de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil. En su etapa estudiantil fue parte del grupo de investigación NANO-TECH y coordinadora del grupo ASU denominado «Club de Ciencias». Ha formado parte de importantes empresas, así como también fue miembro del equipo laboral de la Universidad Politécnica Salesiana.

***Freddy Vicente Cuarán Sarzosa***

Tecnólogo en Producción Agropecuaria, Ingeniero agropecuario, Magíster en Agroecología Andina Tropical por la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito. Actualmente es docente en la UPS.

***Diana Elizabeth García Tumipamba***

Líder de realidad climática. Ingeniera en Biotecnología, título otorgado por la Escuela Politécnica del Ejército. Magíster en Ambiental dado por la Escuela Politécnica Nacional. Profesora de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito.