



UTEQ
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE
QUEVEDO

Revista

InGenio

Científica y Tecnológica



eISSN: 2697-3642

Volumen 7, Número 1
Enero 2024

Índice de contenido

Obtención de barras nutritivas a base de centeno (<i>Secale cereale</i> L), amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>) y stevia (<i>Stevia rebaudiana ertoni</i>) como fuentes de proteínas, vitaminas y calorías. <i>Obtaining nutritional bars based on rye (Secale cereale L), amaranth (Amaranthus hypochondriacus) and stevia (Stevia rebaudiana ertoni) as sources of protein, vitamins and calories</i>	1
Hipólito Azogue Ortiz, Paola Ledesma Veloz, Iván Marcelo García Muñoz, Víctor Danilo Montero Silva.	
Evaluación del material particulado que se genera en la elaboración de balanceados y su incidencia en la salud de los trabajadores. <i>Evaluation of particulate matter generated in the production of animal feed and its impact on workers' health</i>	12
Cynthia Yadira Erazo Solórzano, Diego Armando Tuarez García, Pedro Alexander Mestanza Segura.	
Evaluación de las condiciones térmico-metabólicas en el área de producción de una empresa del cantón Quevedo – Ecuador y su incidencia en los trastornos sistémicos por calor. <i>Evaluation of the thermal metabolic conditions in the production area of a company in the canton of Quevedo - Ecuador and their incidence in systemic heat disorders</i>	25
Diego Armando Tuarez García, Cynthia Yadira Erazo Solórzano, Pedro Alexander Mestanza Segura.	
Reciclaje arquitectónico. Caso: zona de regeneración urbana de Portoviejo. <i>(Architectural recycling. Case: urban regeneration area of Portoviejo)</i>	43
María Lozano Molina, Cristina Suárez Loo, María Pita Mera, Silvia Corrales Zambrano.	
Estimación de potencial energético renovable en el recinto Malqui Machay. <i>(Estimating Renewable Energy Potential in the Malqui Machay Area)</i>	58
Kenny Jair Medina Coro, Alex Darwin Paredes Anchatipán.	

Obtención de barras nutritivas a base de centeno (*Secale cereale* L), amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) y stevia (*Stevia rebaudiana ertoni*) como fuentes de proteínas, vitaminas y calorías

Obtaining nutritional bars based on rye (Secale cereale L), amaranth (Amaranthus hypochondriacus) and stevia (Stevia rebaudiana ertoni) as sources of protein, vitamins and calories

Hipólito Azogue Ortiz¹, Paola Ledesma Veloz¹, Iván Marcelo García Muñoz¹, Víctor Danilo Montero Silva¹

¹Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador

hazogue@mailes.ueb.edu.ec, inlesdesma@mailes.ueb.edu.ec, igarcia@ueb.edu.ec, dmontero@ueb.edu.ec

Resumen: El incremento de problemas de salud relacionado a la mala nutrición ha empujado a que muchas investigaciones se centren en el aprovechamiento de alimentos integrales, especialmente cereales y pseudocereales. En tal sentido, el objetivo del presente trabajo fue elaborar barras nutritivas a base de Centeno (factor A), Amaranto (factor B) y Stevia (factor C) como fuentes de proteínas, vitaminas y calorías. Para este efecto, se realizaron análisis en la materia prima como: contenido de humedad, grasa o extracto etéreo, contenido de proteína, fibra y determinación de vitamina D o calciferol, en el proceso se realizó el escaldado, el tostado y luego se elaboraron las barras. En el producto terminado se realizó un análisis organoléptico y determinación nutricional como proteínas, fibra, vitaminas, calorías, carbohidratos, grasa, humedad, cenizas y azúcares. De acuerdo con los análisis sensoriales se determinó que el tratamiento 1 presentó mejor aceptación por parte de los catadores. Además, tras los análisis físicos-químicos y nutricional de las barras, los resultados fueron, en proteína 10,2%, grasa 2,16%; fibra dietética 8,71%; carbohidratos totales 52,4%; cenizas 1,01%; humedad 25,5%, aportando un 49 kcal y 3 kcal de la grasa por unidad consumida, valores que han sido calculados en base a una dieta de 2000 calorías al día. Finalmente se comprobó que 18 g de centeno; 4 g de amaranto y 1 ml de Stevia cumple con las características sensoriales y nutricionales dentro de los parámetros establecidos en las normas ecuatorianas, aportando una mínima cantidad de calorías siendo ideal para personas con diabetes, sobrepeso, obesidad y desnutrición.

Palabras clave: centeno, amaranto, stevia, barra nutritiva.

Abstract: The increase in health problems related to poor nutrition has pushed many investigations to focus on the use of whole foods, especially cereals and pseudocereals. In this sense, the objective of this work was to develop nutritional bars based on Rye (factor A), Amaranth (factor B) and Stevia (factor C) as sources of protein, vitamins and calories. For this purpose, analyzes were carried out on the raw material such as: moisture content, fat or ethereal extract, protein content, fiber and determination of vitamin D or calciferol, in the process I re-blanch, roasted, then the bars. In the finished product, organoleptic analysis and nutritional determination such as proteins, fiber, vitamins and calories, carbohydrates, fat, humidity, ashes, sugars were carried out. According to the sensory analysis, it was determined that treatment 1 presented better acceptance by the tasters. In addition, after the physical-chemical and nutritional analysis of the bars, the results were 10.2% protein, 2.16% fat; dietary fiber 8.71%; total carbohydrates 52.4%; ashes 1.01%; 25.5% moisture, providing 49 kcal and 3 kcal of fat per unit consumed, values that have been calculated based on a diet

of 2000 calories per day. Finally, it was found that 18 g of rye; 4 g of amaranth and 1 mL of Stevia meets the sensory and nutritional characteristics within the parameters established in Ecuadorian standards, providing a minimum number of calories, making it ideal for people with diabetes, overweight, obesity, and malnutrition.

Keywords: rye, amaranth, stevia, nutrition bar.

1. INTRODUCCIÓN

La práctica del cultivo de cereales tiene raíces ancestrales y ha desempeñado un papel fundamental en la alimentación humana a lo largo del tiempo. Cereales tales como el arroz, trigo, maíz, avena, centeno y cebada han sido pilares vitales en la dieta de las personas, proporcionando una rica fuente de nutrientes esenciales, entre ellos, una considerable cantidad de carbohidratos [1]. En los últimos años, hemos sido testigos de una notable transformación en la manera en que consumimos alimentos, incluyendo cereales. Esto se ha debido a las investigaciones en profundidad sobre su aporte nutricional, contenido vitamínico, valor calórico y poder energético para los individuos. Investigaciones específicas enfocadas en la amalgama de subproductos derivados de los cereales han resaltado especialmente aquellos que han sido sometidos a procesos de cocción, como el horneado. En este contexto, cobra importancia la consideración cuidadosa de la combinación idónea de cereales, con el fin de alcanzar los resultados anhelados en términos de sabor, textura y beneficios nutricionales [2].

Entre las principales bondades de los cereales que podemos mencionar están: aportan energía, propiedades que fortalecen y reparan tejidos, finalmente, ayudan a controlar o regular el metabolismo. Además, al incorporar cereales como el centeno al desayuno permite regular el nivel de azúcar en la sangre, razón por la cual la vuelven un alimento apto para personas que sufren de diabetes, [3]. Es así como, debido al desbalance en el consumo de diferentes tipos de cereales, se han producido enfermedades crónicas como la Diabetes Mellitus siendo esta la responsable de que el páncreas deteriore en la producción de insulina [4]. Por sus propiedades nutricionales los cereales son una gran fuente de lípidos, vitaminas, minerales, almidones y fibras, a más de ser bastante accesibles en la mayoría de países pues su valor económico es bajo [1].

La poca demanda de cereales, pseudocereales y edulcorantes de origen natural provocan un desequilibrio en la alimentación, sumado a que el estilo de vida sedentario amplía los riesgos de padecer enfermedades. Es así que se estima que en el continente americano un total de 35 millones de personas que padecen Diabetes Mellitus (DM); dentro de esto, América Latina y el Caribe reportaron 19 millones de esta patología [5]. Por otro lado, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura “FAO” [6] informó, la producción mundial de cereales a partir de la década de los sesenta se ha mantenido en crecimiento constante puesto que sus cifras aproximadas son de mil millones de toneladas métricas, tomando en cuenta este crecimiento en la producción anual se ha calculado que su producción neta será de 2.714 millones de toneladas métricas, y se prevé que la utilización mundial de cereales en 2023/24 ascenderá a 2 807 millones de toneladas. Dentro de los cereales más consumidos destacan el centeno, trigo, arroz, siendo el centeno (*Secale cereale L*) uno de los cereales más importantes del mundo y la mayoría se produce en Europa del Este y Rusia. Entre sus nutrientes se destacan los minerales, vitaminas, magnesio, fósforo y fibra [3], también es rico en proteínas (de los grupos de las prolaminas y las glutelinas); carbohidratos (xilosa y arabinosa); lípidos como son los ácidos grasos (linolénico, linoleico, palmítico); minerales como el zinc, potasio, hierro, magnesio, cobre y posee la enzima α -amilasa [7].

También es importante destacar que un pseudocereal destacado es el amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) [8]. Su semilla ha sido reconocida desde hace tiempo como un alimento sumamente nutritivo tanto para los seres humanos como para los animales, debido a su abundancia

en carbohidratos, proteínas y vitaminas. Además, el amaranto es una valiosa fuente de niacina, calcio, hierro y fósforo. Este pseudocereal desempeña un papel significativo en la creación de productos como cereales, granolas, y también encuentra aplicación en la industria química y la cosmetología. [9].

Luego de conocidos los principales problemas en la salud causados por el consumo en exceso de azúcares, las industrias de los alimentos y productos farmacéuticos han buscado sustituir los edulcorantes convencionales por otros más naturales y menos ofensivos para la salud, siendo la Stevia el que más destaca. Definido por Lagos Hartard, [4], “la estevia es un edulcorante natural, que se encuentra en las hojas del pequeño arbusto *Stevia rebaudiana*; dulce por el glucósido esteviósido, compuesto de glucosa y rebaudiosida”. Este edulcorante es 15 veces más dulce que el azúcar de mesa, pero su extracto es de 100 a 300 veces más dulce todavía. Los edulcorantes no calóricos que posee la estevia se usan no solo por personas que presentan contenidos altos de azúcar en su organismo, sino que también son usados por personas que desean reemplazar las calorías que contiene el azúcar comercial [10].

La alimentación nutritiva juega un papel muy importante, por ello tomar alimentos refinados como pan integral, pasta integral y/o arroz integral es importante para mantener una dieta sana y nutritiva. Así, los pacientes afectados de DM tipo 2, pueden mantener un equilibrio metabólico normal, evitando oscilaciones o fluctuaciones de glicemias elevadas (hipo e hiperglucemias), disminuyendo las posibilidades de sufrir complicaciones que puedan afectar la salud del paciente [2].

Considerando todo lo descrito, el objetivo de este trabajo fue barras alimenticias a base de centeno (*Secale cereale L*), amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) y estevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*) como fuente de proteínas, vitaminas y calorías.

2. METODOLOGÍA

El presente estudio se realizó en la planta de procesos de la carrera de Agroindustrias de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Estatal de Bolívar.

2.1. Análisis de materia prima

Determinación de humedad. Se realizó con base en la norma NTE INEN 518 (Método de Dsecación en Estufa de aire caliente) [11].

Determinación de grasa o extracto etéreo. Se utilizó el (Método de Soxhlet – laboratorio de alimentos).

Determinación de proteína. Se usó el método de macro Kjeldhal – laboratorio de alimentos.

Determinación de fibra. Se utilizó el método de Weende – laboratorio de alimentos.

Determinación de vitamina D o calciferol. Se analizó a través del método Shear.

Descripción de proceso para el escaldado de los cereales y pseudocereales previo a la elaboración de barras nutritivas (Figura 1)

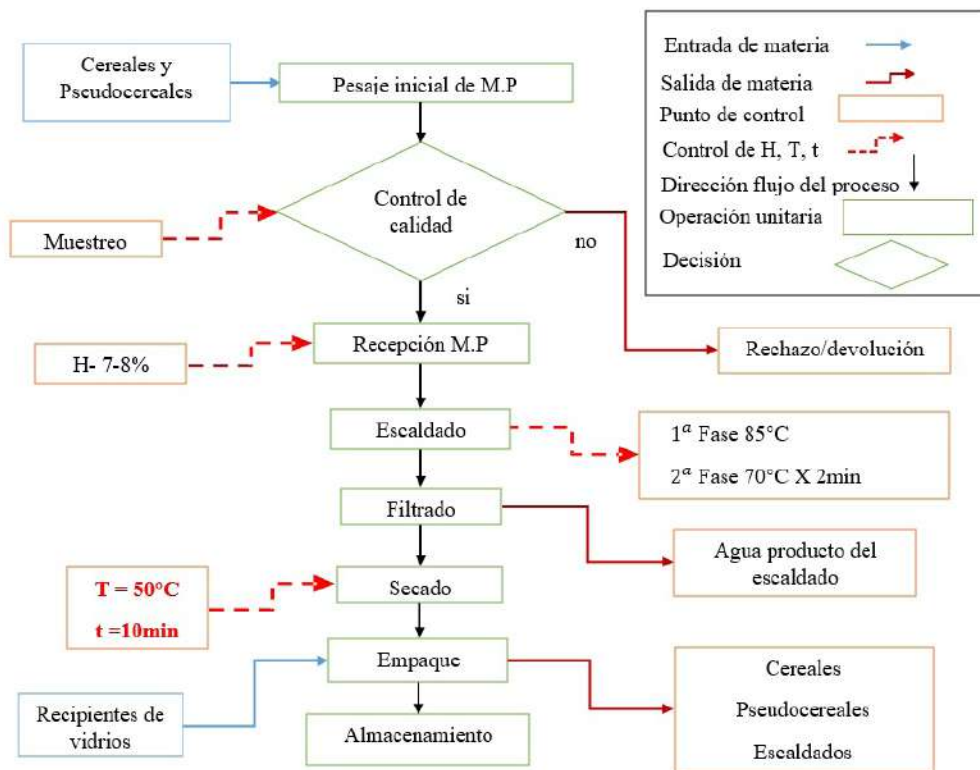


Figura 1. Proceso de escaldado de cereales y pseudocereales

Diagrama de proceso para el tostado de cereales y pseudocereales previo a la elaboración de barras nutritivas (Figura 2)

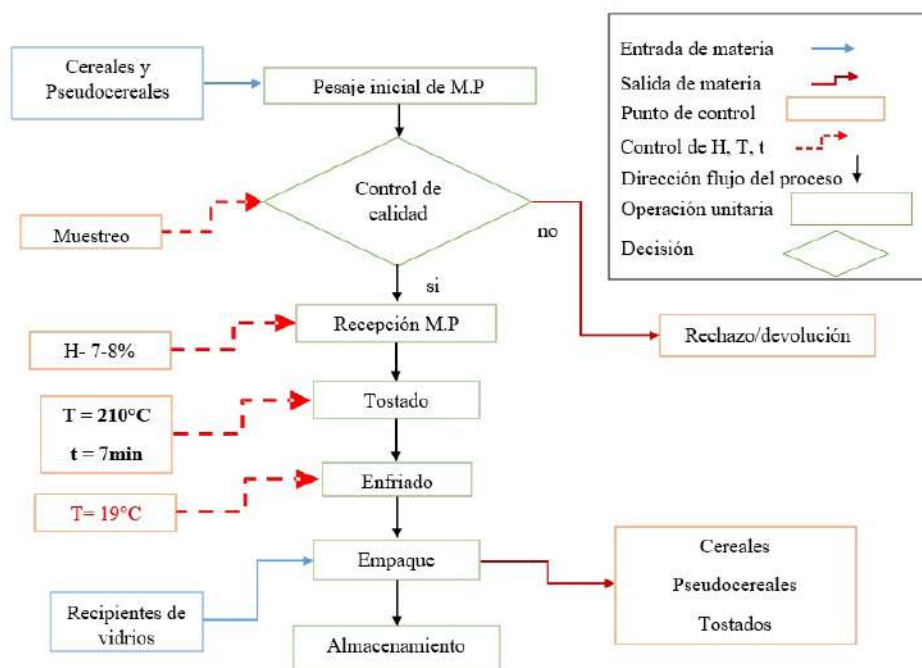


Figura 2. Proceso de tostado de cereales y pseudocereales

2.2. Elaboración de las barras

Para la obtención de las barras energéticas se aplicó un diseño experimental AxBxC, conforme los factores de estudio que se evidencian en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores de estudio

Factores	Código	Niveles
Cereal	A	a ₁ : Centeno escaldado 62% a ₂ : Centeno tostado 63%
Pseudocereal	B	b ₁ : Amaranto escaldado 31% b ₂ : Amaranto tostado 32
Edulcorante	C	c ₁ : Estevia extracto puro 7% c ₂ : Estevia extracto purificado 5%

Diagrama de proceso para la elaboración de barras nutritivas (Figura 3)

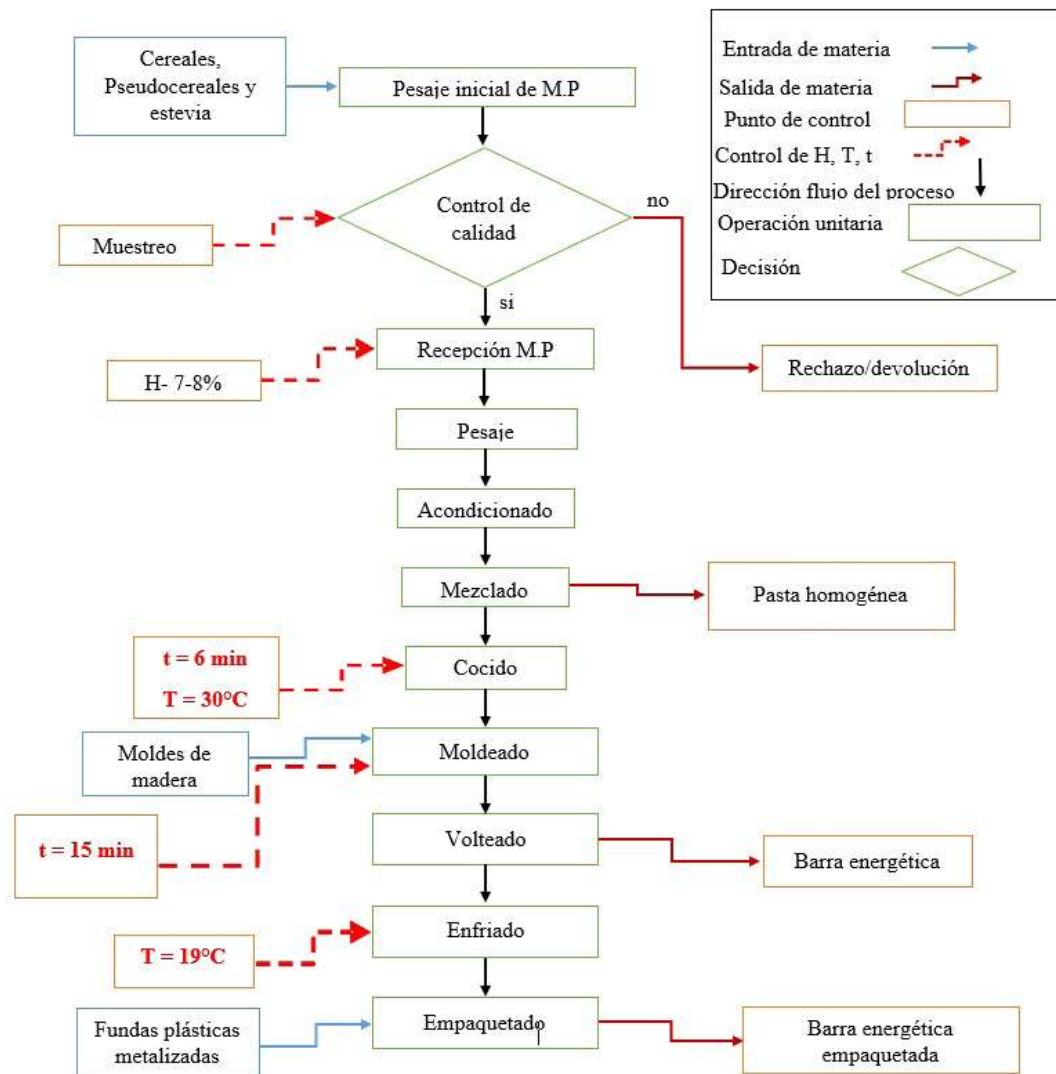


Figura 3. Proceso para la elaboración de barras nutritivas

2.3. Análisis en el producto obtenido (barras nutritivas)

Las barras energéticas fueron sometidas a diferentes análisis organolépticos y su determinación nutricional.

Análisis organoléptico

Se midió la valoración de los diferentes atributos como el color, olor, sabor, textura y aceptabilidad, para lo cual se utilizó la siguiente escala:

Para el color: 5 (Fuerte), 4 (Intenso), 3 (Medio), 2 (Ligero), 1 (Débil). Para el olor: 5 (Muy agradable), 4 (Agradable), 3 (Algo agradable), 2 (poco agradable), 1 (Desagradable). Para el sabor: 5 (Muy dulce), 4 (Ideal), 3 (Algo dulce), 2 (Poco dulce), 1 (Nada dulce). Para la textura: 5 (Ideal), 4 (Algo suave), 3 (Ni suave ni duro), 2 (Algo duro), 1 (Duro). Para la aceptabilidad: 5 (Me gusta mucho), 4 (Me gusta), 3 (No me gusta ni me disgusta), 2 (Me disgusta), 1 (Me disgusta mucho).

Análisis nutricional

Se midieron las principales características en cuanto a su contenido nutricional corresponde como es el caso del porcentaje de proteínas, vitaminas y calorías dispuestas en la barra energética.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización composicional del centeno, amaranto y estevia

Tabla 2. Caracterización composicional de los cereales

Cereal	Parámetro	Resultado en %
Centeno nacional purificado	Humedad	10,53
Amaranto alegría	Humedad	10,44
Centeno nacional purificado	Grasa	0,87
Amaranto alegría	Grasa	0,4
Centeno nacional purificado	Proteína	15,62
Amaranto alegría	Proteína	21,88
Cereal	Parámetro	Resultado en %
Centeno nacional purificado	Fibra cruda	2,06
Amaranto alegría	Fibra cruda	3,16

*Los resultados de los análisis corresponden a tres determinaciones por análisis con tres diluciones respectivamente

La Tabla 2 detalla el perfil nutricional de las materias primas, destacando que el contenido promedio de humedad obtenido en el centeno y el amaranto fue del 10,525% y el 10,446%, respectivamente. No obstante, Alemán Aguilera [12] señaló en su estudio que el amaranto mostró un nivel de humedad del 8%.

En cuanto al contenido de grasa, se registró un promedio del 0,873% y el 0,406% para el centeno y el amaranto, respectivamente, valores inferiores a los reportados por Alemán Aguilera [12], cuyo trabajo indicó valores entre el 3% y el 6%. Asimismo, al comparar estos datos con los requisitos establecidos en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2646 [13], que especifica que el contenido máximo de grasa en el grano de amaranto no debe superar el 7% para su comercialización y procesamiento, se concluye que los resultados de esta investigación se encuentran dentro de los rangos permitidos por la norma. En este estudio el centeno y amaranto presentan valores de

proteína promedio de 15,626 y 22,22 respectivamente, de manera que se puede considerar como fuentes ricas en este nutriente, esto dado a que la norma técnica ecuatoriana reporta un mínimo del 14%.

El porcentaje de fibra cruda en el centeno es de 2,04% y en el amaranto es de 3,166% según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2646, [13] el amaranto requiere de un máximo de 9% de fibra. Al ser considerados super alimentos estos cereales son una excelente fuente de proteínas, grasa y fibra cualidades que le hacen los candidatos óptimos para elaborar la barra energética apta para el consumo de diabéticos.

3.2. Análisis sensorial del producto obtenido

Luego de elaboradas las barras alimenticias a base de centeno, amaranto y Stevia se procedió a realizar pruebas sensoriales para encontrar las características idóneas para el consumo del producto.

De tal forma que tras los análisis, los catadores decidieron que la formulación para el primer tratamiento tiene el mejor color con 4,65 con una cualidad de fuerte, seguido del tratamiento 2 con 3,20 que corresponde a la cualidad de medio, y tratamiento 3 y 5 con 2,45 y 2,3 respectivamente que corresponde a la cualidad de ligero.

En el análisis del olor en donde los catadores determinaron que la formulación 1 tiene el mejor olor con una puntuación de 4,55 correspondiente a la cualidad de muy agradable seguido de la formulación 2 con 3,25 lo que le da la cualidad de algo agradable.

En la cualidad de sabor tenemos que las formulaciones 1, 3, 6 y 8 tienen el mejor sabor con 4,0 lo que corresponde a una cualidad de ideal, la razón es porque en dichas formulaciones se utiliza el mismo porcentaje de estevia, a diferencia de los otros tratamientos donde se obtuvo una cualidad de muy dulce propia de las formulaciones utilizadas.

Encontramos que la primera formulación tiene mejor textura con un valor de 4,95 que le ubica en una textura ideal seguida de la formulación 2 con un valor de 3,20 lo que les ubica en una escala de ni suave ni dura, para las otras formulaciones se ha obtenido texturas algo duras.

Finalmente, tras el análisis de aceptabilidad podemos decir que el tratamiento 1 tiene mayor grado de aceptación con un valor de 4,55 que corresponde a una cualidad de me gusta mucho seguido de los tratamientos 8, 5, 3 y 2 con 2,9; 2,75; y 2,65 respectivamente con una aceptabilidad de no me gusta ni me disgusta. En consecuencia, el tratamiento 1 resulto ser el mejor.

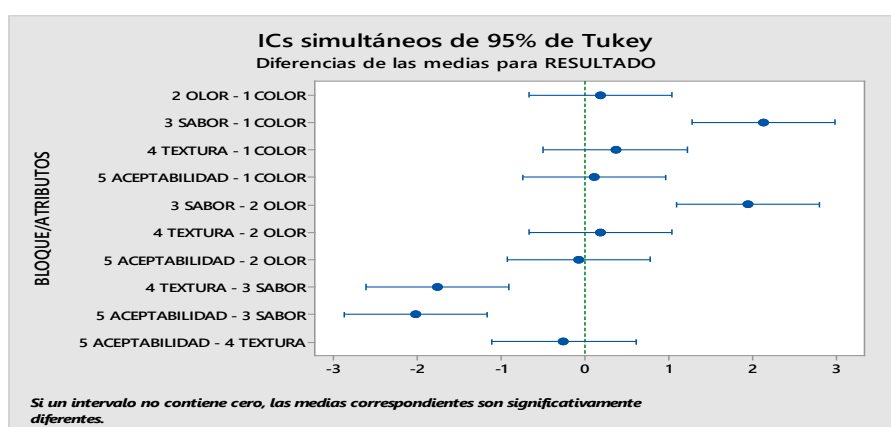


Figura 4. Diferencia de medias para los atributos

Como se muestra en la Figura 1 la relación entre los atributos muestra que los intervalos entre el sabor y el olor, color, textura y aceptabilidad presentan diferencias entre sus medias para

los resultados obtenidos con un nivel de confianza del 95% por lo que se concluye en que son significativamente diferentes.

3.3. Análisis nutricional en el mejor tratamiento

Tabla 3. Análisis nutricional de la barra energética a base de centeno, amaranto y estevia

Ensayos	Unidades	Resultados
Cenizas, gravimetría	%	1,01
Proteína, Kjeldhal	% (N*6,25)	10,2
*Humedad, gravimetría	%	25,5
*Grasa	%	2,16
*Fibra dietética total, gravimétrico-enzimática	%	7,71
*Carbohidratos totales, cálculo	%	52,4
*Energía, cálculo	kcal/100g	270
	kJ/100g	1129
*Azúcares totales, gravimetría	mg/100g	0
Vitamina B6	mg/100g	<0,1

Determinación de humedad. La barra energética a base de centeno, amaranto y endulzada con estevia tiene un 25,5% de humedad. Sin embargo, al compararlo con valores establecidos por la norma NTE INEN 2595, [14] de granola. Donde destaca que debe tener un 10% de humedad. Esta diferencia lo podemos atribuir a la utilización de estevia líquida como endulzante.

Determinación de cenizas. El producto elaborado a base de cereales y pseudocereales tiene un 1,01 % de cenizas contrastando con el análisis de Verduga Verdezoto [15] con un 0,46 mg/100 g datos que permiten determinar que el producto contiene microelementos que cumplen funciones metabólicas importantes en el organismo.

Determinación de proteína. La barra energética fabricada presenta un contenido proteico del 10,2%, en contraste con la barra de avena y amaranto investigada por Alemán Aguilera [12], que demostró un contenido proteico del 12%. Este diferencial se atribuye a la mayor contribución proteica del amaranto en la formulación.

Determinación de grasa. En el presente análisis, se identificó un contenido de grasa del 2,16%, el cual se atribuye al significativo aporte de este componente por parte del centeno en nuestra investigación. En línea con este hallazgo, la investigación llevada a cabo por Mendoza & Calvo [16] señala la posibilidad de alcanzar un contenido de lípidos totales de hasta el 7,2%.

Determinación de carbohidratos totales. Al lograr un contenido de carbohidratos totales del 52,4%, se infiere que el consumo de esta barra energética posibilita una recarga eficaz de los depósitos de glucógeno, cumpliendo así con la función primordial de este tipo de productos. Esta elevada proporción podría atribuirse a la sinergia entre los ingredientes empleados en su formulación.

Determinación de fibra. La barra endulzada con estevia, elaborada con centeno y amaranto, presenta un contenido de fibra del 7,71%, principalmente atribuible a la mayor concentración de fibra en el amaranto en comparación con el centeno. A este respecto, Alemán Aguilera [12] identificó en su investigación que los productos a base de amaranto exhiben un contenido de fibra que oscila entre el 3,5% y el 5%.

Determinación de vitaminas. La barra elaborada a base de centeno, amaranto y estevia contiene <0,1 mg/100g de vitamina D. al compararlo con la norma NTE INEN 1334-2, [17] en donde

refiere que se debe reportar 2mg para los alimentos de consumo humano podemos decir que nuestra barra tiene un aporte mínimo de esta vitamina pudiendo deberse a que los cereales y pseudocereales fueron sometidos a procesos de escaldado y tostado.

Determinación de energía total. La energía total que aporta nuestra barra energética es de 270 kcal en 100 gramos comparándola con Verduga Verdezoto, (15) quienes obtuvieron una barra energética de 240 kcal, pero solo en 100 gramos destacando así que nuestra barra tiene un aporte bajo de calorías haciéndola una buena opción de snack.

Determinación de azúcares. Verduga Verdezoto, (15) en su investigación obtuvieron 8g /50 g de azúcares y al comparar con nuestra investigación que se obtuvo 0 mg/100 g, constatamos así que nuestro producto no tiene azúcar por lo tanto no aporta colorías.

Tabla 4. Información nutricional de la barra energética

Información nutricional				Presentación
Cantidad por envase: 36 g				
Tamaño por porción: 18 g				
Porciones por envase: 2				
Cantidad por porción		% Valor diario *		
Energía (calorías):	49 kcal 203 kJ	2		
Calorías de la grasa:	3 kcal	0		
Grasa	0 g	1		
Carbohidratos totales	9 g	3		
Fibra dietética	2 g	6		
Azúcares totales	0 g			
Proteína	2 g	4		
* Las porciones de los valores están basados en una dieta de 2000 cal				

* Las porciones de los valores están basados en una dieta de 2000 cal

3.4. Declaración del producto

La barra energética es declarada baja en calorías ya que, por cada 36 gr de producto, aporta 49 kcal lo que corresponde a un 2% al valor diario calculado a una dieta de 2000 calorías, y 3 kcal de la grasa. Si al comparar estos valores con los obtenidos por Chancay Morales & Villacis Guevara, [18] haciendo una relación a nuestro tamaño por porción esta barra aporta 144,6 kcal y 50,4 % de calorías de la grasa con lo que se ratifica la calidad de nuestro producto lo que le convierte en un alimento funcional como coadyuvante en la alimentación de las personas que padecen diabetes mellitus.

Al contrastar los resultados conseguidos tanto de humedad, fibra cruda, proteína, grasa y energía de los cereales como materia prima y luego como barra energética, se observa que la misma si es una buena fuente de carbohidratos, proteína y fibra con bajo aporte de calorías

4. CONCLUSIONES

En conclusión, el desarrollo de barras nutritivas a base de centeno, amaranto y estevia ofrece una opción saludable y equilibrada para personas con diabetes, sobrepeso, obesidad y desnutrición. Estas barras, con su aceptación sensorial y perfil nutricional satisfactorio, demuestran el potencial de aprovechar cereales y pseudocereales como ingredientes clave en productos alimenticios funcionales.

REFERENCIAS

- [1] F. B. Jiménez. “Factores Relacionados con la Elaboración de un cereal para el Desayuno Libre de Sacarosa como una Alternativa para Diabéticos en la Ciudad de Barquisimeto, Venezuela durante el Periodo 2019”, Tesis de Grado, Universidad Nacional Abierta a Distancia, Colombia, 2020. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/37276>.
- [2] E. M. Aponte, “Desarrollo de una barra energética a partir de cultivos andinos: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Avena (*Avena sativa*) y Amaranto (*Amaranthus caudatus* L.)”, Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2022. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36524/1/CAL%20006.pdf>.
- [3] D. Rua, A. Sepúlveda, y B. Camacho, “Elaboración de pan de centeno”, *@limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*, vol. 16, no. 2, pp. 5 – 17, octubre 2018.
- [4] M. Lagos, “Panorama científico sobre edulcorantes naturales y artificiales, su relación con enfermedades crónicas y sus usos como edulcorantes no calóricos”, Tesis de Grado, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 2022. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/192603/Panorama-cientifico-sobre-edulcorantes-naturales-y-artificiales.pdf?sequence=1>.
- [5] Sociedad Venezolana de Medicina Interna. Que debemos saber acerca de la diabetes. SVMi. 2019. https://svmi.web.ve/wp-content/uploads/2022/07/V11_N1.pdf
- [6] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, “Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales”, 2023. [Online]. Disponible en: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/> [Accedido en Feb. 12, 2023]
- [7] G. Arias, & M. J. Vallejo Gracia, “Desarrollo de masas panificables precocidas congeladas sustituyendo parcialmente la harina de trigo con harina de centeno y arroz integral”, Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil, Ecuador, 2020. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50328>.
- [8] W. Huamanchumo, “Pseudocereales andinos: valor nutritivo y aplicaciones para alimentos libres de gluten”, Trabajo de Máster Universitario, Universidad Politécnica de Valencia, España, 2020. <https://riunet.upv.es/handle/10251/151184>.
- [9] A. Aguilar, “Transformación de la semilla de amaranto en productos alimenticios que contribuyan a la fortificación de la dieta de la niñez guatemalteca (7 - 12 años), como fuente de nutrición y salud a través del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)”, Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2018. <https://core.ac.uk/download/pdf/195407583.pdf>.
- [10] J. Reyna. “Evaluación de las concentraciones del aguaymanto (*Physalis peruviana*) y stevia (*Stevia rebaudiana*) liofilizada en la aceptabilidad de una bebida instantánea”, Tesis de Grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú, 2019. <https://hdl.handle.net/20.500.14077/2112>
- [11] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), “Harina de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento”, 1980. [Online]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/518.pdf>
- [12] R. Alemán, “Evaluación de harina de amaranto (*Amaranthus* spp) variedad INTA soberano

en productos de panificación en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria, en el periodo de octubre 2021 a junio 2022”, Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, 2022. <https://repositorio.una.edu.ni/4579/>

- [13] NTE INEN 2646. Granos y cereales. Grano de amaranto. Requisitos e inspección. Primera edición. *Norma Técnica Ecuatoriana*. Quito, Ecuador. 2012.
- [14] NTE INEN 2595, “Granolas. Requisitos. Primera edición”, *Norma Técnica Ecuatoriana*. Quito , Ecuador. 2011.
- [15] K. Verduga, “Elaboración de una barra energética a base de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) como fuente de Omega 3 y 6”, Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador, Ecuador, 2019. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/19677>
- [16] E. Mendoza, E., y C. Calvo. *Composición y Propiedades de los Alimentos*. 1a ed. México, Distrito Federal de México: Editorial McGraw-Hill Interamericana SA. 2010.
- [17] NTE INEN 1334-2, “Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos”, *Norma Técnica Ecuatoriana. Segunda revisión*. Quito, Ecuador. 2011.
- [18] M.J. Chancay., & B. Villacis, “Elaboración de una barra energética a base de Quinoa y Stevia como fuente de proteínas y aceites (omega 6 y omega 3)”, Tesis de Grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador, 2016. <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/519>



Evaluación del material particulado que se genera en la elaboración de balanceados y su incidencia en la salud de los trabajadores

Evaluation of the particulate matter generated in the production of balanced products and its impact on the health of workers

Cyntia Yadira Erazo Solórzano¹, Diego Armando Tuarez García¹, Pedro Alexander Mestanza Segura¹

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador
cerazo@uteq.edu.ec, dtuarez@uteq.edu.ec, pmestanzas@uteq.edu.ec

Resumen: La presente investigación presenta alternativas para disminuir la contaminación atmosférica en una planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves situadas en el Ecuador, se planteó como objetivo inicial determinar el tipo de partículas presentes en el aire, y tomar medidas preventivas para minimizar su repercusión en la salud de los trabajadores. Se realizó una investigación de campo para la recolección de información aplicando las técnicas de entrevistas, encuestas, fichas de observación y a través de la matriz inicial de riesgos determinar los puntos críticos del proceso, con esta información se procedió a cuantificar las partículas suspendidas totales en el ambiente de trabajo. Con los resultados obtenidos se propusieron alternativas de control y mejoras, en la fuente un plan de manejo ambiental, implementación de un ciclón-filtro a instalar en la fuente, en el medio y el individuo para lograr condiciones óptimas de trabajo.

Palabras clave: balanceado, partículas, ambiente, ciclón-filtro, contaminación atmosférica

Abstract: The present research presents alternatives to reduce air pollution in a pig and poultry feed manufacturing plant located in Ecuador, the initial objective was to determine the type of particles present in the air, and to take preventive measures to minimize their impact on the health of workers. Field research was carried out to collect information by applying the techniques of interviews, surveys, observation sheets and through the initial risk matrix to determine the critical points of the process, with this information we proceeded to quantify the total suspended particles in the work environment. With the results obtained, control alternatives and improvements were proposed, at the source, in the environment and in the individual to achieve optimal working conditions.

Keywords: balanced, particles, environment, cyclone-filter, atmospheric pollution.

1. INTRODUCCIÓN

La industria a nivel mundial en los últimos años se ha visto obligada a revisar la seguridad y la salud de sus trabajadores y la inocuidad de los productos [1], [2], para lo cual se han propuesto normas para la prevención de riesgos en la salud como es el uso de mascarillas, mandiles en un nivel básico, así como la implementación de un sistema de gestión integrado de seguridad, salud, medioambiente y procesos en las empresas [3] para garantizar la calidad de los procesos y productos, los cuales son producidos bajo altos estándares de calidad [4], [5].

La seguridad y salud en el trabajo es esencial en cualquier entorno laboral [6] ya que aborda las interacciones entre agentes contaminantes y la salud del trabajador, considerando factores físicos, químicos y biológicos en el entorno laboral [7], lo cual juega un papel clave en el desarrollo de la industria ecuatoriana al prevenir accidentes laborales y enfermedades ocupacionales,

contribuyendo a combatir la pobreza [8]. La gestión de esta requiere la evaluación de riesgos y la implementación efectiva de medidas de seguridad en el lugar de trabajo [9]. En contraparte, la negligencia en la aplicación de normas de seguridad puede resultar en enfermedades y pérdidas humanas [10] lo cual afecta el activo más valioso de toda empresa, es decir la salud de los trabajadores [11].

En dicho contexto, las plantas industriales que se dedican al envasado de productos granulados, como el balanceado para animales, suelen enfrentar desafíos significativos relacionados con la generación de polvo, ya sea durante el transporte de los materiales o en el proceso de envasado en sí [12]. Estas partículas de polvo se dividen en PM10 ($\leq 10 \mu\text{m}$ de diámetro), PM2.5 ($\leq 2.5 \mu\text{m}$ de diámetro, conocidas como partículas finas) y PM0.1 ($\leq 0.1 \mu\text{m}$ de diámetro, también llamadas partículas ultrafinas). Cada categoría tiene impactos específicos en la salud [13], dado que las partículas más grandes se depositan en las porciones proximales de las vías respiratorias, mientras que las más pequeñas penetran profundamente en los bronquiolos respiratorios y los alvéolos, donde se produce el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono [14].

Este polvo suspendido en el aire puede representar riesgos para la salud de los trabajadores, ya que la inhalación de partículas de menos de $10 \mu\text{m}$ de diámetro o PM10 (generado principalmente por procesos mecánicos) [15] puede provocar problemas respiratorios crónicos, como asma, bronquitis crónica [16], enfisema y neumonitis hipersensible (a menudo conocida como “pulmón de granjero”) [17], así como también afecciones visuales y dérmicas disminuyendo la eficiencia laboral e incrementando el riesgo de accidentes, además de que las emisiones de olores resultantes del proceso de elaboración de balanceados pueden afectar la calidad de vida del entorno circundante [18].

Es importante tener en cuenta factores adicionales que influyen en el riesgo de efectos agudos y crónicos en la salud respiratoria, como la susceptibilidad genética, la duración de la exposición, el hábito de fumar, condiciones médicas preexistentes y la concentración de contaminantes en el entorno de trabajo [19]. Dicho análisis adquiere gran relevancia en la investigación, dado que la exposición al material particulado es una preocupación global, con la Organización Mundial de la Salud estimando 800,000 muertes anuales relacionadas [20].

En virtud de lo anterior y debido a la necesidad innata de producir alimentos balanceados en la región y preservar la salud de los trabajadores, esta investigación tuvo por objeto determinar las partículas suspendidas totales, insolubles o poco solubles presentes en el ambiente laboral de una planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves, ubicada en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, para tomar medidas preventivas y mejorar la salud de los trabajadores.

2. METODOLOGÍA

La investigación se llevó a cabo en tres áreas de trabajo de la planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves, ubicada en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos.

2.1. Recolección de datos

Para la recolección de información se aplicaron técnicas como: encuestas y entrevistas al personal administrativo (6 personas) y operativo (21 personas) que realizan sus actividades en el área de recepción, producción y almacenamiento.

La encuesta estuvo conformada por las siguientes preguntas:

- ¿Cree usted que la calidad del aire en la planta es mala?
- ¿Ha sufrido usted una afección a la salud que relacione con la mala calidad del aire en la planta?

- ¿Recibe usted equipos de protección personal como mascarillas, gafas, etc.?
- ¿Recibe usted cambio de elementos de protección personal con frecuencia?
- ¿Realizan charlas de uso de los equipos de protección personal?
- ¿Efectúan charlas de orden y limpieza en su lugar de trabajo?
- ¿La limpieza de su puesto de trabajo la realizan diariamente?
- ¿Realizan mantenimiento a las máquinas que intervienen en la elaboración de balanceados?
- ¿Existe una bodega de productos no conforme?
- ¿Colaboraría usted con los planes de mejora que implemente la empresa para reducir la emisión de polvos a la atmósfera?

Mientras que, en la entrevista se abordaron los siguientes puntos:

- Fecha:
- Centro de trabajo:
- Nombre del entrevistado:
- Cargo del entrevistado:
- Observaciones del entrevistado:

2.2. Manejo del experimento

Para la identificación de riesgo, se procedió a emplear la Guía Técnica Colombiana (GTC 45) [21], así como también la evaluación del material particulado.

2.2.1. Guía Técnica Colombiana (GTC 45)

Esta guía tiene por objeto identificar peligros y valorar los riesgos relativos a seguridad y salud ocupacional. Para ello, es necesario visitar cada área o puesto de trabajo en la empresa con la finalidad de identificar, evaluar y registrar los factores de riesgos observados, para lo cual es necesario emplear la siguiente matriz (Tabla 1).

2.2.2. Evaluación del material particulado

Esta medición la realizó la empresa HES Consultores, previamente se conoció la evaluación inicial de riesgo que permitió identificar los puntos críticos de control, la medición se realizó en los puestos de trabajo considerados críticos aplicando el protocolo de muestreo establecido por la empresa contratada.

2.2.2.1. Equipo de medición

Se utilizó el equipo medidor de material particulado MET ONE 831 con monitor masivo de 5 canales simultáneos que brinda cinco diferentes parámetros.

2.2.2.2. Confirmación del tipo de evaluación

Se determinó la evaluación por inhalación basándose en la normativa UNE-EN 689 [22], la cual establece: “verificar que la exposición sea: por Inhalación, comparable con un valor límite VL de larga duración, y sea repetitiva”. Por lo expuesto anteriormente, el puesto a analizar cumplió con las características.

Tabla 1. Clasificación de los riesgos

Biológico	Físico	Químico	Psicosocial	Biomecánicos	Condiciones de seguridad	Fenómenos naturales
Virus	Ruido (de impacto, intermitente, continuo)	Polvos orgánicos inorgánicos	Gestión organizacional (estilo de mando, pago, contratación, participación, inducción y capacitación, bienestar social, evaluación del desempeño, manejo de cambios).	Postura (prolongada mantenida, forzada, anti gravitacional).	Mecánico (elementos o partes de máquinas, herramientas, equipos, piezas a trabajar, materiales proyectados sólidos o fluidos)	Sismo
Bacterias	Iluminación (luz visible por exceso o deficiencia)	Fibras	Características de la organización del trabajo (comunicación, tecnología, organización del trabajo, demandas cualitativas y cuantitativas de la labor).	Esfuerzo	Eléctrico (alta y baja tensión. Estática)	Terremotos
Hongos	Vibración (cuerpo entero, segmentaria)	Líquidos (nieblas, rocíos)	Características del grupo social de trabajo (relaciones, cohesión, calidad de interacciones, trabajo en equipo).	Movimiento repetitivo	Locativo (sistemas y medios de almacenamiento), superficies de trabajo (irregulares, deslizantes, con diferencia del nivel), condiciones de orden y aseo, (caídas de objeto).	Vendaval
Rickettsias	Temperaturas extremas (calor, frío)	Gases y vapores	Condición de la tarea (carga mental, contenido de la tarea, demandas emocionales, sistemas de control, definición de roles, monotonía, etc.).	Manipulación manual de cargas	Tecnológico (explosión, fuga, derrame, incendio).	Inundación
Parásitos	Presión atmosférica (normal y ajustada)	Humos metálicos, no metálicos	Interface persona-área (conocimientos, habilidades con relación con la demanda de la tarea, iniciativa, autonomía y reconocimiento, identificación de la persona con la tarea y la organización).	-	Accidentes de tránsito	Derrumbe
Picaduras	Radiaciones ionizantes (rayos x, gama, beta y alfa)	Material particulado	Jornada de trabajo (pausas, trabajo nocturno, rotación, horas extras, descansos).	-	Públicos (robos, atracos, asaltos, atentados, de orden público, etc.)	Precipitaciones, (lluvias, granizadas, heladas)
Mordeduras	Radiaciones no ionizantes (láser, ultravioleta, infrarroja, radiofrecuencia, microondas)	-	-	-	Trabajo en alturas	-
Fluidos o excrementos	-	-	-	-	Espacios confinados	-

Fuente: [21]

2.2.2.3. Número de trabajadores a muestrear

Se determinó el número de trabajadores dentro del concepto de grupo de Exposición homogéneo. Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene [23]: “El muestreo debe realizarse al menos, a un trabajador del grupo de 10”. Por lo que se escogió a uno de diez.

2.2.2.4. Tiempo de duración de la muestra

Se determina el tiempo de duración de la muestra, tomando en cuenta lo referido por INSHT RIESGO QUIMICO, que establecen: “A periodo completo, con una muestra única”. Por lo que se escogió un periodo de exposición completo por contaminante (tarea de 5 minutos). Mínimo tres replicas (nueve replicas) por puesto.

2.2.2.5. Procedimiento aplicado

Como punto inicial se estratificaron los riesgos, de acuerdo con su prioridad baja, media y alta, ordenando por el nivel de riesgo potencial (Figura 1).



Figura 1. Jerarquización de riesgos según su impacto (Etapa 1)

Una vez determinado el nivel de riesgo potencial se procedió a evaluar la exposición por inhalación de material particulado a través de estudios, mediciones y cálculos (Figura 2).

Tomando como referencia lo indicado por INSHT RIESGO QUIMICO, se escogió un periodo de exposición completo por contaminante (tarea de 5 minutos). Mínimo nueve replicas por puesto, determinado la concentración por sustancias según muestreo: C_i en mg/m^3 .

Una vez realizada las mediciones se procedió a determinar la concentración promedio mediante la siguiente fórmula (ver Ecuación 1):

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} C_i * t_i}{\sum_{i=1}^{i=n} t_i} \quad (1)$$

Donde:

C: Concentración promedio

Ci: concentración medidas por el equipo

ti: Tiempo de duración de cada medición

n: Número de mediciones

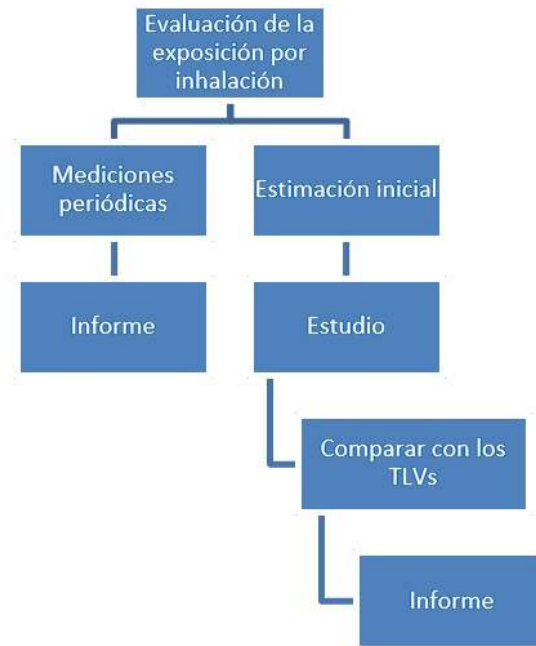


Figura 2. Evaluación de la Exposición por Inhalación (Etapa 2)

Las mediciones de material particulado en este caso polvo de balanceado se efectuaron en las áreas de recepción, producción y almacenamiento en presencia del trabajador, ubicando el sensor del instrumento en la zona de inhalación según lo establecido en la norma UNE-EN 689 [22] (Figura 3).



Figura 3. Medición de material particulado

Concentración de exposición diaria C₈

Corresponde a la concentración a la que está expuesto un trabajador durante toda la jornada laboral, en este caso 8 horas diarias, calculada mediante la siguiente fórmula (ver Ecuación 2):

$$C_8 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} C * t_i}{8} \quad (2)$$

Dosis de concentración

Dosis es relación entre la concentración diaria del material particulado y el TLV (ACGIH) sugerido para las 8 horas diarias dependiendo de la partícula, la cual se calcula mediante fórmula (ver Ecuación 3):

$$D = \frac{C_8}{TLV\ TWA} \quad (3)$$

Criterio

D<1 Exposición permisible

D=1 Exposición límite

D>1 Trabajador Sobreexpuesto

3. RESULTADOS

De acuerdo con la entrevista con las personas involucradas en los diferentes procesos y la observación *in-situ*, se obtuvo los siguientes resultados en la matriz inicial de riesgo con la metodología GTC 45, tal y como se aprecia en la Tabla 2.

En el área de elaboración de balanceado las actividades de molienda de granos y mezcla del balanceado dentro de la clasificación de riesgos químicos, se encuentra una alta incidencia de sólidos suspendidos en el aire (polvo) con consecuencia de una posible afectación en las vías respiratorias y vistas, con escasas medidas de control el nivel de riesgo de acuerdo a las ponderaciones que presenta esta metodología el grado de probabilidad es alto, razón por la cual no se acepta el riesgo y se debe ejecutar un control inmediato.

Encuesta dirigida a los trabajadores de la planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves

En la Tabla 3 se observa que más del 50% de las personas encuestadas indican una respuesta positiva a factores que influyen directamente en la salud del personal de la planta como la mala calidad del aire, afecciones a la salud derivadas del ambiente en el que laboran, mal uso de equipos de protección personal, deficiente mantenimiento de maquinarias, etc.; siendo de un alto interés proporcionar conocimientos técnicos de mejora del ambiente laboral. El valor más notorio es el compromiso por un cambio a las condiciones laborales en las cuales se vienen desempeñando los trabajadores, ya que el 100% está predispuesto a colaborar con los cambios que considere la empresa para reducir las emisiones de material particulado a la atmósfera.

Tabla 2. Matriz inicial de identificación de riesgos

Requisitos generales					Evaluación del riesgo								
Proceso	Zona / lugar	Actividad	Descripción del peligro	Efectos posibles	Análisis del riesgo							Aceptabilidad del riesgo	# de personas expuestas
					Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de probabilidad (done)	Grado de probabilidad	Nivel de consecuencia	Nivel de riesgo (nr = np x nc)	Interpretación de nivel de riesgo		
Elaboración de balanceado	Planta de balanceado	Molienda de granos	Presencia de solidos (polvo) en área de trabajo	Obstrucción de vías respiratorias y afectación de la vista	6	3	18	Alto	25	450	Control inmediato	NO	4
		Carga y descarga de bultos	Manipulación de cargas	Lesiones osteomusculares	2	3	6	Medio	10	60	Mejorar si es posible	NO	3
		Mezcla de balanceado		Obstrucción de vías respiratorias y afectación de la vista	6	3	18	Alto	25	450	Control inmediato	NO	3
			Ruido	Hipoacusia	2	4	8	Medio	10	80	Mejorar si es posible	NO	3

Tabla 3. Datos obtenidos de la encuesta realizada al personal de la planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves

	Descripción	Si %	No %
1	¿Cree usted que la calidad del aire en la planta es mala?	92,59	7,41
2	¿Ha sufrido usted una afección a la salud que relacione con la mala calidad del aire en la planta?	62,96	37,04
3	¿Recibe usted equipos de protección personal como mascarillas, gafas, etc.?	51,85	48,15
4	¿Recibe usted cambio de elementos de protección personal con frecuencia?	25,93	74,07
5	¿Realizan charlas de uso de los equipos de protección personal?	11,11	88,89
6	¿Efectúan charlas de orden y limpieza en su lugar de trabajo?	37,04	62,96
7	¿La limpieza de su puesto de trabajo la realizan diariamente?	59,26	40,74
8	¿Realizan mantenimiento a las máquinas que intervienen en la elaboración de balanceados?	74,07	25,93
9	¿Existe una bodega de productos no conforme?	3,70	96,30
10	¿Colaboraría usted con los planes de mejora que implemente la empresa para reducir la emisión de polvos a la atmósfera?	100,00	0,00

Valores obtenidos de medición por gravimetría

Se realizó en la medición en 300 segundos (5 minutos) durante toda la tarea (día normal de trabajo-diurno). Los valores obtenidos son usados para calcular la concentración inicial, concentración en ocho horas y dosis inicial, lo que indica si los datos están dentro de parámetros al ser comparados con los TLV-TWA= 10 mg/m³ (Tabla 4).

Tabla 4. Resultado global

Puesto	Dosis total pm elaboración de balanceado
Material particulado	1,83
Nivel de riesgo	Alto

La dosis total de exposición (D) es de 1,83, por lo tanto, $D > 1$, lo cual significa que el trabajador esta sobreexpuesto al riesgo de inhalación de material particulado, deben implementarse medidas inmediatas que protejan al trabajador. Por lo detallado anteriormente se puede determinar que la fracción inhalable de material particulado, el diámetro aerodinámico que tienen mayor concentración es el de PM 10 (10 µm) medición realizada en el área de producción de balanceado.

Comprobación de hipótesis

Hipótesis nula H_0 = La evaluación del material particulado generado en las tres áreas de trabajo objeto de este estudio en la planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves, No permitirá reducir sus riesgos en la salud de los trabajadores.

Hipótesis alternativa H_1 = La evaluación del material particulado generado en las tres áreas de trabajo objeto de este estudio en la planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves, SI permitirá reducir sus riesgos en la salud de los trabajadores.

Prueba de Ji-cuadrado

Es una prueba de tipo no paramétrico con un nivel de confianza del 95%. Se trabaja con las preguntas 2 y 10 de la encuesta dirigida a los trabajadores de una empresa elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves. (Tabla 5 y 6).

Pregunta 2. ¿Ha sufrido usted una afección a la salud que relacione con la mala calidad del aire en la planta?.

Pregunta 10. ¿Colaboraría usted con los planes de mejora que implemente la empresa para reducir la emisión de polvos a la atmósfera?.

Tabla 5. Frecuencia observada

	Frecuencias observadas		
	Si	No	Total
Pregunta 2	21	6	27
Pregunta 10	26	1	27
Total	25	17	54

Los grados de libertad (gl) para la prueba son:

$$gl = (f - 1) (c - 1)$$

$$gl = (2 - 1) (2 - 1)$$

$$gl = (1) (1)$$

$$gl = 1$$

Dónde:

gl = Grados de libertad

f = número de filas = 2

c = número de columnas = 2

El valor crítico de X^2 para $\alpha = 0,05$ y 1 gl se obtiene de la tabla de la distribución Ji-Cuadrado

Siendo $X^2 = 3.841$

Estadístico de prueba

Para el cálculo de X^2 se utilizó la siguiente fórmula (ver Ecuación 4):

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad (4)$$

Para el cálculo de las frecuencias esperadas se utilizó la siguiente fórmula (ver Ecuación 5), y los resultados se aprecian en la Tabla 7.

$$f_e = \frac{(Total\ Fila)(Total\ Columna)}{Gran\ Total} \quad (5)$$

Tabla 6. Frecuencias esperadas

	Fe		Total
	Si	No	
Pregunta 2	23.5	3.5	27
Pregunta 10	23.5	3.5	27
Total	47	7	54

Tabla 7. Cálculos de la frecuencia observada

Fo	Fe	fo-fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
21	23,5	-2,5	6,25	0,2659574
26	23,5	2,5	6,25	0,2659574
6	3,5	2,5	6,25	1,7857143
1	3,5	-2,5	6,25	1,7857143
TOTAL				4,103

El valor total de 4,103 indica que las alternativas planteadas mejoraran las condiciones ambientales en la planta de balanceados.

Regla de decisión

Se rechaza la H_0 si: X^2 calculado $\geq X^2$ crítico.

Por lo cual se acepta la hipótesis alternativa ya que los valores de X^2 calculado es $4.103 \geq 3.841$ valor crítico, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se determina que la evaluación del material particulado generado en las tres áreas de trabajo objeto de este estudio en la planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves, Si permitirá reducir los riesgos en la salud de los trabajadores.

4. CONCLUSIONES

- La identificación de los puestos de trabajo mediante la matriz inicial de riesgo reveló la existencia considerable de material particulado suspendido en el aire en el área de producción de balanceado, siendo considerado crítico este factor de riesgo e inaceptable.
- Luego de realizar la evaluación técnica con los instrumentos adecuados se determinó que existe una dosis de exposición a material particulado con riesgo crítico que excede en un 83% del límite recomendado.
- Se determinó que la fracción inhalable y el diámetro aerodinámico de la partícula del contaminante con mayor presencia es el PM10 (10 μ m) por lo tanto se debe realizar controles técnicos de ingeniería en el área de proceso de elaboración de balanceados en la planta de carácter inmediato, debido a que representan un riesgo alto en la salud de los trabajadores.
- De acuerdo con los resultados obtenidos de las mediciones de material particulado, la insatisfacción en los trabajadores y las posibles consecuencias para la salud, se concluye diseñar un sistema de reducción de contaminación atmosférica (material particulado), plan de manejo ambiental con el fin de mejorar de la calidad del aire en la planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves.

REFERENCIAS

- [1] Organización Internacional del Trabajo, “Salud y seguridad en trabajo en América Latina y el Caribe.” 2022. [Online]. Available: <https://www.ilo.org/americas/temas/salud-y-seguridad-en-trabajo/lang--es/index.html>
- [2] L. López, *Enfermedades ocupacionales o relacionadas al trabajo*, 2a ed. León, Nicaragua, Cartilla Educativa, 2015.
- [3] E. Carrera, C. Rivadeneira, E. Navarrete, y A. Paredes, *Seguridad y salud ocupacional*, 1a ed. Guayaquil, Ecuador, Grupo Compás, 2019.
- [4] C. R. Asfahl, *Seguridad Industrial y Salud*, 4a ed., México, Pearson Educación, 2000.
- [5] R. Badía, “Salud ocupacional y riesgos laborales,” *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, vol. 98, no. 1, pp. 20–33, enero, 1985.
- [6] J. Moran, C. Carlos, y H. Soto, “Prácticas de gestión de seguridad y salud en el trabajo: Una revisión sistemática de la literatura,” *Ciencias Administrativas Teoría y Praxis*, vol. 1, no. 8, pp. 89–104, septiembre, 2022, [Online]. Available: <https://cienciasadmvastyp.uat.edu.mx/index.php/ACACIA/article/view/304>
- [7] L. Hidalgo y D. Cajamarca, “Gestión de la seguridad, salud ocupacional y ambiente, una revisión del conocimiento disponible y de la integración de los sistemas,” *Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, vol. 4, no. 35, pp. 57–68, diciembre, 2020, [Online]. Available: <https://journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/268>
- [8] P. Minga y C. Jiménez, “Identificación de peligros y riesgos en la planta procesadora de balanceados Pronaca Quevedo. Elaboración de una matriz IPER,” *Revista INVPOS*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2018, [Online]. Available: <http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/invpos/article/view/151>
- [9] Y. Hilasaca, “Implementación de un sistema de seguridad y salud ocupacional para evitar accidentes en la planta piloto de Curtiembre,” *The Design, Implementation, and Audit of Occupational Health and Safety Management Systems*, vol. 11, no. 3, pp. 205–213, septiembre, 2022, doi: 10.1201/9780429280740-4.
- [10] J. Guerrero, M. Alcívar, M. Loor, y R. Cabrera, “Ergonomic and psychosocial risk factors that affect the work performance of workers in the poultry balancing industry,” *Journal Scientific MQRinvestigar*, vol. 6, no. 3, pp. 1434–1458, septiembre, 2022, [Online]. Available: <https://www.investigarmqr.com/ojs/index.php/mqr/article/download/79/277/414>
- [11] C. Chávez, “Gestión de la seguridad y salud en el trabajo,” *Eídos*, pp. 13–17, enero, 2009, doi:10.29019/eidos.v0i2.49. <https://doi.org/10.29019/eidos.v0i2.49>
- [12] L. Buchelli y M. Reinoso, “Disminución de contaminantes aéreos en una planta de balanceados mediante la propuesta de un sistema de extracción de polvo,” *Ingenius*, no. 12, pp. 5–14, diciembre, 2014, doi: 10.17163/ings.n12.2014.01.
- [13] D. Schraufnagel, “The health effects of ultrafine particles,” *Experimental & Molecular Medicine*, vol. 52, pp. 311–317, marzo, 2020, doi: 10.1038/s12276-020-0403-3.
- [14] H. Díaz, R. González, M. Pastor, y E. Ibarra, “Evaluación de la exposición ocupacional a

- polvo de antracita,” *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, vol. 15, no. 1, pp. 17–20, octubre, 2014, [Online]. Available: <https://revsaludtrabajo.sld.cu/index.php/revsy/article/view/25>
- [15] D. Mayorga *et al.*, “Exposición al material particulado en las áreas de preparación de material abrasivo de una empresa en el parque industrial de Riobamba,” *European Scientific Journal*, vol. 13, no. 6, pp. 224–248, febrero, 2017, doi: 10.19044/esj.2017.v13n6p224.
- [16] S. Viegas *et al.*, “Cytotoxic and inflammatory potential of air samples from occupational settings with exposure to organic dust,” *Toxics*, vol. 5, no. 8, pp. 1–16, marzo, 2017, doi: 10.3390/toxics5010008.
- [17] L. Rojas y A. García, “Caracterización de la exposición a polvo orgánico en el área de producción de alimento balanceado y granjas avícolas en la empresa ‘Megaves Cía. Ltda’” *Siembra*, vol. 2, pp. 44–50, diciembre, 2015, [Online]. Available: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/129/3512>
- [18] D. Heederik *et al.*, “Health effects of airborne exposures from concentrated animal feeding operations,” *Environ Health Perspect*, vol. 115, no. 2, pp. 298–302, noviembre, 2007, doi: 10.1289/ehp.8835.
- [19] S. Viegas, V. Mateus, M. Almeida-Silva, E. Carolino, and C. Viegas, “Occupational exposure to particulate matter and respiratory symptoms in portuguese swine barn workers,” *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues*, vol. 76, no. 17, pp. 1007–1014, octubre, 2013, doi: 10.1080/15287394.2013.831720.
- [20] G. Polichetti, S. Cocco, A. Spinali, V. Trimarco, and A. Nunziata, “Effects of Particulate Matter (PM10, PM2.5 and PM1) on the Cardiovascular System,” *Toxicology*, vol. 261, pp. 1–8, junio, 2009, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300483X09002121>
- [21] ICONTEC Internacional and Consejo Colombiano de Seguridad, “Guía Técnica Colombiana GTC 45.” pp. 1–33, 2012. Accessed: Oct. 19, junio, 2023. [Online]. Available: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6034/2/ParraCuestaDianaMarcelaVasquezVeraErikaVanessa2016-AnexoA.pdf>
- [22] Norma Española UNE-EN 689, “Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición” Comité técnico CTN 81 Seguridad y salud en el trabajo, 2019
- [23] I. López, “Evaluación del manejo de los residuos sólidos cortopunzantes y su incidencia en los accidentes laborales en el hospital de SOLCA-Ambato”, Tesis de Posgrado, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, UTA, Ambato, Tungurahua, 2014.



Evaluación de las condiciones térmico-metabólicas en el área de producción de una industria alimentaria y su incidencia en los trastornos sistémicos por calor

Evaluation of the thermal-metabolic conditions in the production area of a food industry and its incidence on systemic heat disorders

Diego Armando Tuarez García¹, Cyntia Yadira Erazo Solórzano¹, Pedro Alexander Mestanza Segura¹

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador
dtuarez@uteq.edu.ec, cerazo@uteq.edu.ec, pmestanzas@uteq.edu.ec

Resumen: Este trabajo busca determinar las condiciones térmico-atmosféricas en la que los trabajadores desarrollan sus actividades y su incidencia en los trastornos sistémicos por calor como síncope, edema, calambres, agotamiento y golpe de calor, además trastornos locales como afecciones cutáneas, en una planta industrial dedicada a la elaboración de productos alimenticios, ubicada en la ciudad de Quevedo, Ecuador. Tiene por objetivo disminuir la incidencia de accidentes y enfermedades ocupacionales mediante la implementación de sistemas de medidas preventivas, efectuando controles de ingeniería y administrativos. Como etapa inicial, se efectuó la identificación de las áreas críticas y se realizó la medición del índice WBGT, con instrumentos y métodos avalados por la Norma ISO 7226, posteriormente se evaluó los resultados para proponer medidas que reduzcan, controlen o minimicen a niveles permitidos el estrés térmico por calor según la normativa vigente, estas medidas garantizarán la integridad y bienestar de todos los trabajadores.

Palabras clave: trastornos por calor, termorregulación, WBGT.

Abstract: This work seeks to determine the thermal-atmospheric conditions in which workers carry out their activities and their incidence in systemic heat disorders such as syncope, edema, cramps, exhaustion and heat stroke, as well as local disorders such as skin conditions, in an industrial plant dedicated to the production of food products, located in the city of Quevedo, Ecuador. Its objective is to reduce the incidence of occupational accidents and diseases through the implementation of preventive measures systems, carrying out engineering and administrative controls. As an initial stage, the identification of critical areas was carried out and the measurement of the WBGT index was carried out, with instruments and methods endorsed by the ISO 7226 Standard, later the results were evaluated to propose measures that reduce, control or minimize heat stress to permitted levels according to current regulations, these measures will guarantee the integrity and well-being of all workers.

Keywords: heat disorders, thermoregulation, WBGT.

1. INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento industrial a nivel global ha suscitado preocupación por los problemas de seguridad y salud en el trabajo asociados a accidentes y lesiones en el lugar de trabajo [1]; razón por la cual, es necesario que las empresas empleen un sistema que garantice condiciones de salud, higiene, seguridad y bienestar para crear el ambiente de trabajo más adecuado posible [2], donde los colaboradores puedan desempeñar sus actividades con mayor efectividad, utilizando

herramientas y equipos de protección que salvaguarden su integridad, inocuidad y calidad del producto [3]. En ese contexto, si bien el Ecuador ha tenido un crecimiento significativo en el ámbito industrial en los últimos años [4], también han surgido en una mayor demanda por parte de los trabajadores, a condiciones idóneas para el trabajo y resolver distintas problemáticas, entre los que destaca: altas temperaturas, alta humedad, fuentes de calor radiante, ambientes cerrados y contacto con fuentes calientes [5] que afectan el ambiente térmico [6] y por ende el rendimiento laboral y sobre todo su salud física.

En ese sentido, generalmente las empresas manufactureras de productos alimenticios emplean procesos de trabajo con altas temperaturas que se promueven por distintos factores como: el diseño de instalaciones, crecimiento improvisado, el clima tropical y el calor que emiten las máquinas [7]. El calor generado por el proceso y funcionamiento de las maquinarias, sumado a la incidencia de la luz del sol y las luminarias y fluidos a alta temperatura transportados por tuberías, dan como resultado la acumulación de una carga térmica en el ambiente de trabajo [8], la cual muchas veces no es atenuada por una adecuada ventilación que permita la circulación de aire fresco y la extracción de contaminantes químicos o biológicos involucrados en el proceso productivo.

El calor es uno de los contaminantes físicos más comunes en los ambientes laborales. Lo más habitual es que a los trabajadores expuestos a calor presenten incomodidad o disconfort, y en condiciones extremas, peligrosidad o toxicidad para la vida y la salud [9]. Los trabajadores que desarrollan sus labores en ambientes calurosos y realizan un esfuerzo físico significativo pueden ver afectado su sistema de regulación térmica corporal, impidiendo un intercambio normal de temperatura entre su cuerpo y el ambiente que les rodea, esto permite que el calor se acumule en el organismo y pueda llegar a niveles en que los daños producidos sean irreversibles [10], [11]. Además de causar daño directo, se ha visto que las altas temperaturas causan una exacerbación de condiciones preexistentes en pacientes con enfermedades crónicas, lo cual puede llevar a muertes asociadas al calor. Se debe tomar en cuenta que el calor es un problema para cualquier individuo, incluyendo los extremos de la edad, como niños pequeños y adultos mayores con enfermedades crónicas, o adultos jóvenes en excelente condición física [12].

La temperatura corporal es una constante biológica que en condiciones normales oscila entre 35,8 y 37,2 °C, siendo 37 °C, la temperatura óptima para la función celular normal [13]. Este parámetro está dado por la producción interna de calor que emerge del metabolismo del cuerpo, y varía en dependencia de su localización. Así tenemos la temperatura de la piel, que es superficial y aumenta o disminuye con la temperatura externa o ambiental, y la temperatura central o interna, que crece linealmente con la carga térmica, que es el resultado del calor del metabolismo más el calor ambiental [14]. El aumento de la temperatura corporal hace que entren en acción diferentes mecanismos compensadores como la sudación, la vasodilatación y la hiperventilación, las cuales generan una sobrecarga circulatoria con el consiguiente descenso de las resistencias periféricas, aumento de la frecuencia y del gasto cardíaco. Otro mecanismo es el relacionado con el centro termorregulador, el cual estimula la sed y la necesidad de disipar el calor [15].

Si el cuerpo no puede enfriarse por alguno de los mecanismos anteriormente mencionados, el trabajador puede experimentar estrés térmico. Si esto no se reconoce y trata de forma temprana, las condiciones más graves e incluso fatales pueden desarrollarse con bastante rapidez. El estrés térmico por calor es la carga de calor que los trabajadores reciben y acumulan en su cuerpo [16], [17] que genera tensión fisiológica [18], y que es capaz de causar disturbios, conocidos como trastornos producidos por el calor. Los trastornos producidos por el calor pueden ser sistémicos y locales. Los sistémicos son: síncope por calor, edema por calor, calambres por calor, agotamiento por calor y golpe de calor ($>40^{\circ}\text{C}$) que provocan delirio, convulsiones o coma. [19]. Antes de la aparición de las afecciones sistémicas, suelen presentarse sus pródromos, que no son más que los síntomas premonitores del comienzo de esas enfermedades. El individuo, utilizando el recurso de

la termorregulación o sencillamente modificando su exposición al calor, puede evitar su desarrollo [14].

Razón por la cual esta investigación se enfocó en evaluar las condiciones térmico-metabólicas a la que los trabajadores de una industria alimentaria ubicada en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, están expuestos durante su jornada de trabajo en el área de producción, para mitigar los efectos en los trastornos sistémicos por calor.

2. METODOLOGÍA

El trabajo investigativo se ejecutó en una industria dedicada a la elaboración de diferentes tipos de alimentos de consumo humano ubicada en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos-Ecuador.

2.1. Recolección de datos

Para compilar la información de primera fuente se procedió a aplicar técnicas como: encuestas y entrevistas al personal operativo y administrativo del área de producción de la industria alimentaria.

La encuesta presento las siguientes preguntas:

- ¿Son las temperaturas de las áreas o puestos de trabajo de la empresa adecuados para realizar su trabajo?
- De todos los puestos de trabajo que hay en su empresa ¿Hay alguno en particular donde la temperatura sea mucho más alta que en el resto de puesto?
- ¿Mientras realiza sus actividades en lugares con altas temperaturas ha tenido la necesidad de abandonarlas temporalmente para restablecerse físicamente?
- ¿Siente comodidad con el tipo de ropa de trabajo y equipos de protección personal que la empresa le provee?
- ¿Considera que en su puesto de trabajo la temperatura supone un riesgo grave para su salud?
- ¿Se ha hecho evaluaciones médicas en los trabajadores que desarrollan sus actividades en ambientes de altas temperaturas?
- ¿Tienen los trabajadores nuevos, un periodo de tiempo para acostumbrarse y aclimatarse a trabajar en el calor?
- ¿Están previstas pausas o descansos periódicos mientras realizan el trabajo en ambientes calurosos?
- ¿Los trabajadores tienen a su disposición agua potable, bebidas hidratantes o isotónicas?
- ¿Ha tomado la empresa alguna medida de tipo técnico para reducir la alta temperatura de las áreas o puestos de trabajo causado por el calor?
- ¿Cuentan con equipos o dispositivos para controlar la temperatura y humedad del aire?
- ¿Se capacita a los trabajadores sobre la prevención de enfermedades causadas por el calor, reconocimientos de los síntomas y primeros auxilios?

Mientras que, la entrevista abordó estos puntos:

- Fecha:
- Centro de Trabajo:

- Nombre del entrevistado:
- Cargo del entrevistado:
- Observaciones del entrevistado:

Es preciso indicar que el personal operativo estuvo conformado por 247 personas y el personal administrativo de 54 personas, dando un total de 301 personas que conformaron la población total (Tabla 1). Para establecer el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula para poblaciones finitas menores a 100.000 habitantes.

Tabla 1. Descripción obtención de la muestra

Indicador	Significado
N	Población (301 habitantes de Pasa)
N	Tamaño de la muestra
Z _c	Valor de Z crítico, correspondiente a un valor dado del nivel de confianza del 95% que es igual a 1.96
P	Proporción de éxito en la población (50 %)
Q	Proporción de rechazo (50%)
E	Error en la proporción de la muestra. (10%)

Para ello, se empleó la siguiente ecuación (ver Ecuación 1):

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

$$n = \frac{(1,96)^2(301)(0,50)(0,50)}{(0,1)^2(310 - 1) + (1,96)^2(0,50)(0,50)} \quad (1)$$

$$n = 74$$

Por lo cual la muestra en estudio estuvo conformado por 74 individuos.

2.2. Manejo del experimento

Para la identificación de riesgo, se procedió a emplear la Guía Técnica Colombiana (GTC 45), así como también la medición de Estrés Térmico por calor.

2.2.1. Guía Técnica Colombiana (GTC 45)

Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. Se realizó una visita a cada área o puesto de trabajo a identificación, evaluación y registro de los factores de riesgo encontrados.

2.2.1.1. Identificación y evaluación de los factores de riesgos

Se identificó y evaluó todos los factores de riesgos existentes en cada puesto de trabajo, empleando la matriz de la Guía para la identificación de los Peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional mediante la Guía Técnica Colombiana GTC 45 vigente, se tuvo en cuenta la siguiente clasificación (Tabla 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8).

Tabla 2. Nivel de deficiencia

Nivel de deficiencia	Valor de ND	Significado
Muy Alto (MA)	10	Se ha(n) detectado peligro (s) que determinan como posible la generación o incidentes, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo es nula o no existe, o ambos.
Alto (A)	6	Se ha(n) detectado peligro (s) que pueden dar lugar a incidentes significativa (s), o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es baja, o ambos.
Medio (M)	2	Se han detectado peligros que pueden dar lugar a incidentes poco significativos o de menor importancia, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es moderada, o ambos.
Bajo (B)	No se	No se ha detectado peligro o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es alta, o ambos. El riesgo está controlado. Estos peligros se clasifican directamente en el nivel de riesgo y de intervención cuatro (IV).

Fuente: [20]

Tabla 3. Nivel de exposición

Nivel de exposición	Valor de NE	Significado
Continua (EC)	4	La situación de exposición se presenta sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado durante la jornada laboral.
Frecuente (EF)	3	La situación de exposición se presenta varias veces durante la jornada laboral por tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	La situación de exposición se presenta varias veces durante la jornada laboral y por un periodo de tiempo corto.
Esporádica (EE)	1	La situación de exposición se presenta de manera eventual.

Fuente: [20]

Tabla 4. Clasificación de los riesgos

Biológico	Físico	Químico	Psicosocial	Biomecánicos	Condiciones de seguridad	Fenómenos naturales
Virus	Ruido (de impacto, intermitente, continuo)	Polvos orgánicos inorgánicos	Gestión organizacional (estilo de mando, pago, contratación, participación, inducción y capacitación, bienestar social, evaluación del desempeño, manejo de cambios).	Postura (prolongada mantenida, forzada, anti gravitacional).	Mecánico (elementos o partes de máquinas, herramientas, equipos, piezas a trabajar, materiales proyectados sólidos o fluidos)	Sismo
Bacterias	Iluminación (luz visible por exceso o deficiencia)	Fibras	Características de la organización del trabajo (comunicación, tecnología, organización del trabajo, demandas cualitativas y cuantitativas de la labor).	Esfuerzo	Eléctrico (alta y baja tensión. Estática)	Terremotos
Hongos	Vibración (cuerpo entero, segmentaria)	Líquidos (nieblas, rocíos)	Características del grupo social de trabajo (relaciones, cohesión, calidad de interacciones, trabajo en equipo).	Movimiento repetitivo	Locativo (sistemas y medios de almacenamiento), superficies de trabajo (irregulares, deslizantes, con diferencia del nivel), condiciones de orden y aseo, (caídas de objeto).	Vendaval
Rickettsias	Temperaturas extremas (calor, frío)	Gases y vapores	Condición de la tarea (carga mental, contenido de la tarea, demandas emocionales, sistemas de control, definición de roles, monotonía, etc.).	Manipulación manual de cargas	Tecnológico (explosión, fuga, derrame, incendio).	Inundación
Parásitos	Presión atmosférica (normal y ajustada)	Humos metálicos, no metálicos	Interface persona-área (conocimientos, habilidades con relación con la demanda de la tarea, iniciativa, autonomía y reconocimiento, identificación de la persona con la tarea y la organización).	-	Accidentes de tránsito	Derrumbe
Picaduras	Radiaciones ionizantes (rayos x, gama, beta y alfa)	Material particulado	Jornada de trabajo (pausas, trabajo nocturno, rotación, horas extras, descansos).	-	Públicos (robos, atracos, asaltos, atentados, de orden público, etc.)	Precipitaciones, (lluvias, granizadas, heladas)
Mordeduras	Radiaciones no ionizantes (láser, ultravioleta, infrarroja, radiofrecuencia, microondas)	-	-	-	Trabajo en alturas	-
Fluidos o excrementos	-	-	-	-	Espacios confinados	-

Fuente: [20]

Tabla 5. Nivel de probabilidad

Nivel de probabilidad	Valor NP	Significado
Muy Alto (MA)	Entre 40 y 20	Situación deficiente con exposición continua, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
Alto (A)	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica
Medio (M)	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición mejorada o frecuente.
Bajo (B)	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica, o situación sin anomalía destacable con cualquier nivel de exposición. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

Fuente: [20]

Tabla 6. Nivel de consecuencia

Nivel de consecuencia	NC	Daños personales
Mortal o catastrófico (M)	100	Muerte (s)
Muy grave (MG)	60	Lesiones o enfermedades graves irreparables (incapacidad permanente parcial o invalidez).
Grave (G)	25	Lesiones o enfermedades con incapacidad laboral temporal (ITL).
Leve (L)	10	Lesiones o enfermedades que no requieren incapacidad.

Fuente: [20]

Tabla 7. Nivel de riesgo

Nivel de riesgo	Valor NR	Significado
I	4000– 600	Situación crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo este bajo control. Intervención urgente.
II	500 – 150	Corregir y adoptar medidas de control de inmediato.
III	120 – 40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV	20	Mantener las medidas de control existentes, pero se deberían considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aún es estable.

Fuente: [20]

Tabla 8. Controles adicionales

Determinación de controles adicionales para riesgos no aceptables					
Eliminación	Sustitución	Controles de ingeniería	Señalización	Controles administrativos	Equipos de protección personal

Fuente: [20]

2.2.2. Medición de estrés térmico por calor

Esta medición la realizó la empresa HES CONSULTORES, previa la cualificación de riesgos en la industria alimentaria, de esta manera se logró identificar los puestos de trabajos considerados críticos respecto al estrés térmico por calor, cabe indicar que no son replicables de otro sitio o emplazamiento que realice la misma actividad, debido a que son variables combinadas propias de cada empresa, por lo que se determina los siguientes puestos:

- Volteo de plátano
- Cocción de azúcar (Control de proceso 1).
- Cocción de azúcar (Control de proceso 2).
- Refinado de ají (Control de proceso 3).
- Refinado de ají (Control de proceso 4).
- Cocción de ají (Control de proceso 5).
- Secado de soya (Control de proceso 6).
- Secado de soya (Control de proceso 7).
- Cocción de salsa de tomate (Control de proceso 8).

2.2.2.1. Equipo de medición

Se utilizó el equipo medidor WBGT marca EXTECH INSTRUMENT, procedencia norteamericana, obedece a la Norma ISO 7226 para instrumentos y métodos de medida de los parámetros físicos. El equipo midió 2 parámetros: temperatura de bulbo natural y humedad relativa.

2.2.2.2. Numero de muestras

La cantidad de muestra se estableció según norma COVENIN 2254, 1995, Pg. 4 donde indica que: para condiciones homogéneas sin exposición directa a la energía solar en interiores, se determina 1 punto definido de medición a la altura del tórax del trabajador en condiciones críticas, por persona con tres replicas para establecer la WBGT promedio en interiores y poder calcular la dosis del contaminante el TLV de la ACGIH.

2.2.2.3. Tiempo de duración de las muestras

El tiempo que demandó cada muestra se estableció según la norma COVENIN 2254; 1995, misma que indica que para condiciones homogéneas es recomendable realizar la evaluación por 25 minutos una vez que se estabilicen las temperaturas, a continuación, se detalla el muestreo (Tabla 9):

Tabla 9. Datos de muestreo

Proceso	Contaminante	Norma de muestreo	Actividad	Tiempo de medición (min)	Técnica
Volteo de plátano			Palear		
Cocción de azúcar			Control 1		
Cocción de azúcar			Control 2		
Refinado de ají	Temperatura extrema	ISO 27243:1995 ISO 8996:2004 COVENIN 2254:1995	Control 3	Lo que dure la tarea	Sensor de temperatura
Refinado de ají			Control 4		
Cocción de ají			Control 5		
Secado de soya			Control 6		
Secado de soya			Control 7		
Cocción de salsa			Control 8		
Muestreo			Mediciones		
Sampler	Por puesto		Puesto		Por actividad en puesto de trabajo
Condiciones	Criticas de mayor carga de trabajo y temperatura		Tiempo recomendado		25 minutos
Cálculos	Software especifico		Ambiente		Interno
# de muestras	3 por puesto		Repetición de tarea		Nº condiciones reales

2.2.2.4. Determinar áreas críticas y muestreo

Se determinó áreas críticas en función de la cualificación de riesgos inicial y por sondeo de campo, de acuerdo las características de definir las normas y equipos adecuados para ejecutar el trabajo.

2.2.2.5. Preparación del medidor WBGT

Se determinó la medición interna o externa, se fijaron unidades de temperatura °C o °F, se desplegó el capuchón de protección del sensor de medición.

2.2.2.6. Medición de temperatura WBGT

Se registró la temperatura ambiente (ta) en °C, temperatura de globo (tg) °C o °F, humedad relativa (HR) en %, el número de muestras y el tiempo de medición se realizaron siguiendo el ítem de muestreo correspondiente en la Norma ISO 27243;1995 pg. 8.

2.2.2.7. Realización de cálculos

- Calcular la temperatura WBGT con la ecuación: $WBGT_{interiores} = 0.7 (thn) + 0.3(tg)$
- Determinar el tiempo de trabajo, (TT)
- Determinar posición y movimiento del cuerpo (PMC)
- Determinar metabolismo basal (MB)
- Calcular carga térmica metabólica con la siguiente ecuación;
- $CTM = PMCi + TTi + MBi$
- Determinación del valor permisible de exposición de calor
- Determinación de WBGT permitido considerando número de mediciones

2.2.2.8. Cálculo de dosis de calor

Se realizó con el siguiente cálculo: $D = WBGT \text{ real} / WBGT \text{ permitido}$ (Tabla 10).

Tabla 10. Dosis de calor

Ponderación de la dosis de calor	
D < 0,5	Riesgo Bajo
D = 0,5 a 1	Riesgo Medio
D > 1	Riesgo Alto

3. RESULTADOS

3.1. Resultado matriz de identificación inicial de riesgo

Para lograr el diagnóstico inicial del riesgo se realizó el reconocimiento de las áreas de producción, se observó las actividades y condiciones climáticas en la que los trabajadores cumplen con sus obligaciones. La Tabla 11 describe un resumen de la matriz general de identificación inicial de riesgo de acuerdo con la entrevista con las personas involucradas en los diferentes procesos y la observación in-situ, donde se determina las áreas con presencia de temperaturas elevadas y que genera molestia en los trabajadores al ejercer sus actividades diarias.

Entre los puestos de trabajo con incidencia a estrés térmico por calor tenemos los siguientes: secado de plátano, cocción de azúcar, cocción de salsas, cocción de ají, refinado de ají y secado de soya, actividades que de acuerdo a la ponderación de la metodología empleada, indica un grado de probabilidad alto, considerando el nivel de riesgo se recomienda ejecutar un control inmediato, por lo que “no” se acepta el riesgo y se debe hacer la intervención, de tal manera que se evite posibles afectaciones a la salud de las personas expuestas, por lo tanto, las áreas donde se practica estas actividades se deben someter a la medición del estrés térmico por calor WBGT que permita cuantificar el grado de exposición y realizar los debidos controles.

Tabla 11. Resumen matriz inicial de riesgo

Proceso	Zona / lugar	Actividad	Descripción del peligro	Análisis del riesgo							
				Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de probabilidad (NDxNE)	Grado de probabilidad	Nivel de consecuencia	Nivel de riesgo (NR = NP x NC)	Interpretación del nivel de riesgo	Aceptabilidad del riesgo
Elaboración de harina de plátano	Cuarto de secado plátano	Secado y volteo de plátano	Temperaturas elevadas	6	3	18	Alto	25	450	Control inmediato	NO
Fermentación de soya	Galpón de cocción y secado	Cocción y secado de soya	Temperaturas altas	6	3	18	Alto	10	180	Control inmediato	NO
Elaboración de salsas	Cocción de azúcar	Cocción salsa ostión, chimichurri, tomate	Temperaturas altas	6	3	18	Alto	10	180	Control inmediato	NO
	Cocción de salsas		Temperaturas altas	6	3	18	Alto	10	180	Control inmediato	NO
Proceso de elaboración de ají	Área de cocción	Cocción de ají	Temperaturas elevadas	6	3	18	Alto	10	180	Control inmediato	NO
	Área de refinado	Refinado y homogenizado de ají	Temperaturas elevadas	6	3	18	Alto	25	450	Control inmediato	NO

Tabla 12. Resultado general de la encuesta

#	Preguntas	Respuestas (%)			
		Si	No	No se	Total
1	¿Son las temperaturas de las áreas o puestos de trabajo de la empresa adecuados para realizar su trabajo?	31	58	11	100
2	De todos los puestos de trabajo que hay en su empresa ¿Hay alguno en particular donde la temperatura sea mucho más alta que en el resto de puesto?	76	18	6	100
3	¿Mientras realiza sus actividades en lugares con altas temperaturas ha tenido la necesidad de abandonarlas temporalmente para restablecerse físicamente?	65	26	9	100
4	¿Siente comodidad con el tipo de ropa de trabajo y equipos de protección personal que la empresa le provee?	28	57	15	100
5	¿Considera que en su puesto de trabajo la temperatura supone un riesgo grave para su salud?	47	46	7	100
6	¿Se ha hecho evaluaciones médicas en los trabajadores que desarrollan sus actividades en ambientes de altas temperaturas?	11	82	7	100
7	¿Tienen los trabajadores nuevos, un periodo de tiempo para acostumbrarse y aclimatarsen a trabajar en el calor?	8	77	15	100
8	¿Están previstas pausas o descansos periódicos mientras realizan el trabajo en ambientes calurosos?	14	64	22	100
9	¿Los trabajadores tienen a su disposición agua potable, bebidas hidratantes o isotónicas?	38	49	13	100
10	¿Ha tomado la empresa alguna medida de tipo técnico para reducir la alta temperatura de las áreas o puestos de trabajo causado por el calor?	9	59	32	100
11	¿Cuentan con equipos o dispositivos para controlar la temperatura y humedad del aire?	59	36	5	100
12	¿Se capacita a los trabajadores sobre la prevención de enfermedades causadas por el calor, reconocimientos de los síntomas y primeros auxilios?	8	87	5	100

3.2. Resultados de encuesta

Para realizar la encuesta se empleó únicamente al personal operativo de la industria alimentaria, entre ellos se encuentran personal antiguo y personal nuevo que ha ingresado a laborar.

En la Tabla 12, se expresa el diagnóstico mediante el planteamiento de preguntas sobre las molestias y complicaciones para realizar el trabajo en las áreas de producción, que por la naturaleza de los procesos tienen una alta incidencia a desarrollarse a temperaturas elevadas.

Como tendencia en las respuesta se determina inconformidad sobre las condiciones térmicas actuales, considerándolas como inadecuadas e incluso han tenido la necesidad de abandonarlas temporalmente para reestablecerse físicamente, la ropa de trabajo también les dificulta realizar su

trabajo con normalidad, los trabajadores nuevos no tienen un periodo de aclimatación, falta de controles médicos, existe poca información y formación en los trabajadores sobre el riesgo al que se exponen a diario, además de desconocer como brindar los primeros auxilios y las consecuencias de la exposición.

3.3. Resultados de evaluación de estrés térmico por calor WBGT

En la Tabla 13 se expresa el resultado de la evaluación de los 8 puestos de trabajo considerados como críticos, fueron evaluados para determinar el índice WBGT.

3.4. Desarrollo de la hipótesis

Se realizó la prueba de Chi-cuadrado para comprobación de la hipótesis planteada en este estudio. Es una prueba estadística de tipo no paramétrico con un nivel de confianza del 95%.

Ho = La evaluación de las condiciones térmicas metabólicas en el área de producción de una industria dedicada a la elaboración de diferentes tipos de alimentos de consumo humano, no permite reducir los trastornos sistémicos por calor.

H1 = La evaluación de las condiciones térmicas metabólicas en el área de producción de una industria dedicada a la elaboración de diferentes tipos de alimentos de consumo humano, si permite reducir los trastornos sistémicos por calor.

Se trabaja con las preguntas 3 y 8 de la encuesta realizada a la industria dedicada a la elaboración de diferentes tipos de alimentos de consumo humano.

Pregunta 3: ¿Mientras realiza sus actividades en lugares con altas temperaturas ha tenido la necesidad de abandonarlas temporalmente para restablecerse físicamente? (Tabla 14)

Pregunta 10: ¿Ha tomado la empresa alguna medida de tipo técnico para reducir la alta temperatura de las áreas o puestos de trabajo causado por el calor? (Tabla 14).

Tabla 14. Frecuencia Observada

Nº	Pregunta	Fo			
		Si	No	No/se	Total
3	¿Mientras realiza sus actividades en lugares con altas temperaturas ha tenido la necesidad de abandonarlas temporalmente para restablecerse físicamente?	66	24	10	100
10	¿Ha tomado la empresa alguna medida de tipo técnico para reducir la alta temperatura de las áreas o puestos de trabajo causado por el calor?	9	57	34	100
Total		75	81	44	200

Los grados de libertad para la prueba son:

$$gl = (f - 1) (c - 1)$$

Donde:

gl = Grados de libertad

f = número de filas = 2

c = número de columnas = 3

$$gl = (2 - 1) (3 - 1)$$

$$gl = (1) (2)$$

$$gl = 2$$

El valor crítico de X^2 para $\alpha = 0,05$ y 2 gl se obtiene de la tabla de la distribución Ji-Cuadrado $X^2 = 5,991$

Tabla 13. Resultado global estrés térmico por calor

Actividad	Palear	Control de proceso 1	Control de proceso 2	Control de proceso 3	Control de proceso 4	Control de proceso 5	Control de proceso 6	Control de proceso 7	Control de proceso 8
Proceso	Volteo de plátano	Cocción de azúcar	Cocción de azúcar	Refinado de ají	Refinado de ají	Cocción de ají	Secado de soya	Secado de soya	Cocción de salsa de tomate
WBGT	30,41 °C	30,41 °C	30,41 °C	30,41 °C	30,41 °C	30,41 °C	30,41 °C	30,41 °C	30,41 °C
Gasto metabólico (W/m²)	275,6	155,6	155,6	180,1	180,1	181,6	201,6	201,6	196,6
Dosis	1,28	0,94	0,94	1,01	1,05	1,01	1,05	1,2	0,97
Riesgo	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio
%Trabajo/descanso	25-75	100	100	100	100	100	75-25	25-75	100

Se observa que en las actividades de volteo de plátano (1,28), refinado de ají (1,05), cocción de ají (1,01) y secado de soya (1,2) presentan valores altos en lo que respecta a la dosis diaria de exposición, dichos valores superan los límites diarios permitidos, interpretándose estos resultados como valores de riesgo alto, por lo que se recomienda tomar medidas de control inmediatas.

Estadístico de prueba

Para el cálculo de X^2 se utilizó la siguiente fórmula (ver Ecuación 2):

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad (2)$$

Para el cálculo de las frecuencias esperadas se utilizó la siguiente fórmula (ver Ecuación 3):

$$f_e = \frac{(Total\ Fila)(Total\ Columna)}{Gran\ Total} \quad (3)$$

Tabla 15. Frecuencias esperadas

N°	Pregunta	Fe			
		Si	No	No/se	Total
3	¿Mientras realiza sus actividades en lugares con altas temperaturas ha tenido la necesidad de abandonarlas temporalmente para restablecerse físicamente?	37,5	40,5	22	100
8	¿Ha tomado la empresa alguna medida de tipo técnico para reducir la alta temperatura de las áreas o puestos de trabajo causado por el calor?	37,5	40,5	22	100
Total		75	81	44	200

Tabla 16. Cálculos de la frecuencia observada

fo	Fe	fo-fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
66	37,5	28,5	812,25	21,66
24	40,5	-16,5	272,25	6,72
10	22	-12	144,00	6,55
9	37,5	-28,5	812,25	21,66
57	40,5	16,5	272,25	6,72
34	22	12	144	6,55
Total				69,86

Comprobación de la hipótesis

- Se rechaza H_0 , si X^2 calculado $\leq X^2$ crítico.
- Se acepta la hipótesis alternativa si X^2 calculado $\geq X^2$ valor crítico.

En los cálculos realizados se determinó que X^2 calculado = 69.86 y X^2 valor crítico = 5,991

por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa ya que la evaluación de las condiciones térmicas metabólicas en el área de producción de una industria dedicada a la elaboración de diferentes tipos de alimentos de consumo humano permite reducir los trastornos sistémicos por calor.

4. CONCLUSIONES

- La identificación de los puestos de trabajo en el área de producción reveló que existen varias áreas donde la exposición a altas temperaturas es significativa, notándose fatiga y molestia en los trabajadores mientras realizan sus actividades, información que se utilizó para determinar los puestos críticos a ser evaluados.
- Se observa que el 66 % de los puestos evaluados supera los límites de la dosis diaria, se determina que debe tomar acciones correctivas de inmediato que mejoren significativamente las condiciones ambientales de trabajo haciéndolas saludables, debido a que las actuales condiciones representan altas probabilidades que el personal sufra accidentes de trabajo, adquieran alguna enfermedad profesional e incluso el riesgo de morir.
- Conociendo la incidencia de las condiciones térmicas altas en los trabajadores se concluye diseñar un sistema de medidas preventivas para reducir del estrés térmico por calor en los trabajadores que realizan sus actividades diarias en el área de producción de una industria dedicada a la elaboración de diferentes tipos de alimentos de consumo humano aplicando legislación Nacional y Normas Internacionales.

REFERENCIAS

- [1] J. Moran, C. Carlos, y H. Soto, “Prácticas de gestión de seguridad y salud en el trabajo: Una revisión sistemática de la literatura,” *Ciencias Administrativas Teoría y Praxis*, vol. 1, no. 8, pp. 89–104, septiembre 2022, [Online]. Available: <https://cienciasadmvastyp.uat.edu.mx/index.php/ACACIA/article/view/304>
- [2] U. Luquez, G. Solórzano, M. Martínez, C. Rodríguez, y A. Morris, “Estrés térmico en el área de producción de una panadería de acuerdo a la norma Convenin 2254-1995,” in 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology, Lima 2018, pp. 1–8. doi: 10.18687/LACCEI2018.1.1.376.
- [3] C. Chávez, “Gestión de la seguridad y salud en el trabajo,” *Eídos*, pp. 13–17, 2009, doi: 10.29019/eidos.v0i2.49.
- [4] L. Yoza, O. Tang, R. Yaringaño, y Y. Huachaca, “Medición de estrés térmico en los ambientes de una fábrica de chocolates en la ciudad de Lima,” *Anales Científicos*, vol. 76, no. 1, pp. 17–20, enero 2015, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6171074>
- [5] J. Arakaki, O. Tang, y R. Yaringaño, “Evaluación del estrés térmico durante el verano 2015 en los ambientes de una fábrica de chocolates en la ciudad de Lima,” *Anales Científicos*, vol. 77, no. 2, pp. 229–232, diciembre 2016, [Online]. Available: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/544>
- [6] W. Villacis, S. Julio, y I. Bravo, “Estudio del estrés térmico y su efecto en la salud de los trabajadores en el área de producción de una industria alimenticia,” *Revista Carácter*, vol. 10, no. 1, pp. 1–21, diciembre 2022, [Online]. Available: <https://upacifico.revistasjournals.com/index.php/up/article/view/113>

- [7] L. Arce y K. Rojas, "Trabajadores costarricenses expuestos a sobrecarga térmica; implicaciones en la salud y la producción," *Enfermería en Costa Rica*, vol. 28, no. 1, pp. 20–25, enero 2007, [Online]. Available: <https://www.binasss.sa.cr/revistas/enfermeria/v28n1/art4.pdf>
- [8] L. Sánchez, "Condiciones térmicas ambientales en el área de productos pasteurizados de una empresa procesadora agroindustrial venezolana," *Revista Salud de los Trabajadores*, vol. 28, no. 2, pp. 135–146, julio 2020, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7817892>
- [9] A. Cújar y G. Julio, "Evaluación de las condiciones térmicas ambientales del área de producción en una panadería en Cereté (Córdoba)," *Entramado*, vol. 12, no. 1, pp. 332–343, (MES) 2016, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/2654/265447025020.pdf>
- [10] R. Gutiérrez, K. Guerra, y M. Gutiérrez, "Evaluación de riesgo por estrés térmico en trabajadores de los procesos de incineración y secado de una empresa de tableros contrachapados," *Información Tecnológica*, vol. 29, no. 3, pp. 133–144, junio 2018, doi: 10.4067/S0718-07642018000300133.
- [11] J. Ararat, E. Cavadia, L. Tapia, y I. Villadiego, "Evaluación de estrés térmico en una empresa productora de alimentos en Córdoba-Colombia," *Clepsidra*, no. 19, pp. 113–124, febrero 2014, [Online]. Available: <http://revistas.fuac.edu.co/index.php/clepsidra/article/view/451>
- [12] K. Blandón, M. Méndez, y J. Vega, "Golpe de calor: patología inminente en el servicio de emergencias," *Revista Médica Sinergia*, vol. 8, no. 6, p. e1069, junio 2023, doi: 10.31434/rms.v8i6.1069.
- [13] W. Cheshire, "Thermoregulatory disorders and illness related to heat and cold stress," *Auton Neurosci*, vol. 196, pp. 91–104, abril 2016, doi: 10.1016/j.autneu.2016.01.001.
- [14] M. Revueltas, J. Betancourt, R. Del Toro, y Y. García, "Caracterización del ambiente térmico laboral y su relación con la salud de los trabajadores expuestos," *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, vol. 16, no. 2, pp. 3–9, julio 2015, [Online]. Available: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=61753#:~:text=Todos los trabajadores consideraron el,su bienestar y generarles disconformidad.>
- [15] A. Gómez, "Trastornos de la temperatura corporal," *OFFARM*, vol. 26, no. 7, pp. 48–53, julio 2007, [Online]. Available: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13108301>
- [16] C. Pizarroso, "Evaluación y diagnóstico del estrés térmico en una planta de producción en fábrica de alimentos de galletas Santa Cruz-Bolivia gestión 2019," *Atacama Journal of Health Sciences*, pp. 1–3, septiembre 2022, [Online]. Available: <http://www.salud.uda.cl/ajhs/index.php/ajhs/article/view/77>
- [17] K. Blandón, M. Méndez, y J. Vega, "Golpe de calor: patología inminente en el servicio de emergencias," *Revista Médica Sinergia*, vol. 8, no. 6, p. e1069, junio 2023, doi: 10.31434/rms.v8i6.1069.
- [18] R. Gutiérrez, K. Guerra, y M. Gutiérrez, "Evaluación de riesgo por estrés térmico en trabajadores de los procesos de incineración y secado de una empresa de tableros contrachapados," *Información Tecnológica*, vol. 29, no. 3, pp. 133–144, junio 2018, doi: 10.4067/S0718-07642018000300133.

- [19] C. Yic, D. Gindel, J. Pontet, y M. Cancela, “Golpe de calor,” *Revista Argentina de Terapia Intensiva*, vol. 33, no. 4, enero 2016. <https://revista.sati.org.ar/index.php/MI/article/download/476/396>
- [20] Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional, GTC 45:2012. p. 36, 2012.



Reciclaje arquitectónico. Caso: zona de regeneración urbana de Portoviejo

(Architectural recycling. Case: urban regeneration area of Portoviejo)

María Lozano Molina¹, Cristina Suárez Loo¹, María Pita Mera¹, Silvia Corrales Zambrano¹

¹Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Ecuador
e.mblozanom@sangregorio.edu.ec, e.cpsuarez@sangregorio.edu.ec, e.mvpita@sangregorio.edu.ec,
e.sgccorales@sangregorio.edu.ec

Resumen: En esta investigación, se presenta una propuesta de intervención en el ámbito del reciclaje arquitectónico, la cual ha sido elaborada específicamente para la Zona Cero de la ciudad de Portoviejo. Uno de los aspectos destacados en este estudio fue la identificación de un proceso de selección que permitió elegir la edificación que cumplía con los requisitos necesarios para convertirse en el proyecto ideal para su desarrollo. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de cada elemento que conforma la Casa Amén, desde su historia hasta sus funciones y su estado físico actual. Un desafío importante en esta propuesta fue el hecho de que la casa está catalogada como Patrimonio de la Ciudad, lo que implica la necesidad de preservar cuidadosamente sus características distintivas. Como resultado de este análisis detallado, se formuló una propuesta destinada a revitalizar y prolongar la vida útil de esta edificación.

Palabras clave: Reciclaje, intervención, desuso.

Abstract: In this research, an intervention proposal is presented in the field of architectural recycling, which has been developed specifically for Ground Zero of the city of Portoviejo. One of the highlights in this study was the identification of a selection process that allowed the building to be chosen that met the necessary requirements to become the ideal project for its development. An exhaustive analysis was carried out on each element that makes up the Amen House, from its history to its functions and its current physical state. A major challenge in this proposal was the fact that the house is listed as a City Heritage Site, implying the need to carefully preserve its distinctive features. As a result of this detailed analysis, a proposal was formulated to revitalize and extend the useful life of this building.

Keywords: Recycling, intervention, disuse.

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad, entendida como un entorno voluble que acoge vida, está sujeta a transformaciones constantes en su proceso de evolución, influido por el propio cambio de las sociedades urbanas [1], siendo la construcción y la arquitectura áreas que tienen una contribución especial en las transformaciones de las ciudades y en el desarrollo social y económico de un país, D. Acosta [2] manifiesta que: “Problemas como el de la vivienda, el hábitat y la recuperación del patrimonio edilicio construido, son característicos de la contribución que estas actividades pueden dar a la sociedad”. Sin embargo, la huella ambiental es innegable, además del impacto económico y social que significa poner en marcha un proyecto de edificación o construcción.

La sociedad de consumo en la que se desenvuelve el ser humano está acostumbrada a demoler y crear nuevas edificaciones, en vez de conservar y convertir edificaciones obsoletas en renovadas y contemporáneas, con adaptaciones propias que se ajusten a las necesidades propias

del entorno y del tiempo. Teniendo en cuenta que cuando se pone en marcha un proyecto de demolición y construcción nuevo, se realiza extracción de recursos y se genera mayor cantidad de residuos y contaminación. Cáceres Guerrero [1] plantea que las consecuencias en el ambiente por el exagerado consumo de suelo, entre otras actividades relacionadas se pueden medir de muchas maneras. Una de ellas es evaluar la contaminación en el entorno urbano, teniendo varios fenómenos relacionados; uno de ellos es la emisión de CO₂, en lugares más urbanizados se llega a registrar hasta un 70% de las emisiones globales.

Como respuesta evidente al impacto en el ambiente, consecuencia en parte por la industria de la construcción, se propone el reciclaje arquitectónico, como ya lo manifestó Calleja Molina [3] “En un presente en el que los recursos naturales y el medio ambiente se encuentran cada día más afectados por la mano del hombre, se plantea el reciclaje arquitectónico como medida sostenible para reutilizar las edificaciones en desuso y reducir los efectos nocivos producidos por las nuevas construcciones”.

Para continuar, es necesario realizar un acercamiento a la definición de reciclaje arquitectónico, según la Real Academia de la Lengua (RAE) [4] Reciclar significa:

- “Someter un material usado a un proceso para que se pueda volver a usar”.
- “Someter repetidamente una materia a un mismo ciclo, para ampliar o incrementar los efectos de este”.

Reciclar significa tomar algo que ya existe y cuya vida útil ha finalizado y transformarlo de tal manera que se reinicie su ciclo de vida, respondiendo a una necesidad puntual. Si se toma este concepto y lo llevamos al área de la arquitectura, lo que se busca es renovar y transformar edificaciones en desuso por obsolescencia, esta transformación no busca regresarlo al estado original, sino innovarlo para adaptarlo a las necesidades actuales del entorno y de los propietarios.

La aplicación del reciclaje arquitectónico como estrategia de sostenibilidad en la ciudad construida, permite hacer uso y dotar de nueva vida a edificaciones abandonadas en capacidad de hacerlo y también generar una revalorización del suelo y ralentizando el proceso de expansión en las periferias de las ciudades manteniendo los recursos naturales que se ven afectados por la misma.

Al reciclar edificaciones que se encuentran en desuso en la zona de regeneración urbana, no solo se da nueva vida a los inmuebles como tal, sino que también se reconfigura el espacio y la funcionalidad como urbe y permite el retorno de los habitantes a esta zona que por varios motivos tuvieron que abandonarla. Se trata de devolver al habitante al lugar donde nació la ciudad y donde se hace ciudad.

Sin embargo, el reciclaje arquitectónico encierra algo más significativo, dado que según Valero citado por Martínez Monedero [5] el reciclaje surge de un planteamiento mucho más ambicioso y exigente que la simple rehabilitación entendida de manera convencional. El reciclaje supone iniciar un nuevo ciclo de vida a partir de lo viejo, sin conformarse con meras actuaciones de reparación centradas exclusivamente en solventar problemas inmediatos y aspectos parciales y epidérmicos, ni tampoco embalsamar lo que ya está muerto, como sería prolongar a toda costa situaciones insostenibles, ya sea por el grado de deterioro constructivo-estructural o por un inaceptable planteamiento inicial.

Reciclaje, así entendido, es algo que se ha hecho en la arquitectura desde sus más inmediatos comienzos, al ser un concepto inherente a la amortización por uso de cualquier objeto. En la historia de la arquitectura se han reciclado materiales y edificios buscando siempre prolongar su vida [5] y esto es lo que se quiere conseguir en el presente proyecto.

Además, se destacan los puntos positivos de aplicar el reciclaje arquitectónico en estas zonas: El primero, desde la óptica de los dueños de las propiedades, que poseen un bien sin usar, ni generar, ni proyectar ingresos, que, con un plan arquitectónico bien trazado, puede conseguir la reutilización de este espacio en desuso que atribuye a generar alquileres comerciales, alquileres de viviendas, etc., alimentando la economía de estas familias propietarias y generando la dinamización del caso de estudio. Otro punto a considerar es ahorrar a la ciudad el gasto que genera la expansión poblacional, optimizando el uso de recursos como lo son los servicios básicos y el capital invertido en la revalorización de la zona de estudio escogida, considerando también que el reciclaje como tal podría atraer a la inversión privada o extranjera que aportaría a la recaudación de impuestos.

El trabajo de investigación tiene sus bases y ha tomado como zona de impacto las primeras nueve manzanas intervenidas en el proceso de regeneración urbana del centro histórico de la ciudad de Portoviejo, como parte de la ciudad heredada; en la cual después del terremoto del 16 de abril del 2016 fue, y en el presente contexto es, el principal protagonista de un proyecto integral de regeneración a nivel urbano que marca claramente su proceso de revalorización en el tiempo pero sin capacidad de auto-regenerarse en términos de habitabilidad. El nuevo centro de la ciudad de Portoviejo cuenta con un gran capital invertido en post de darle al habitante un entorno a escala humana y con cualidades únicas de accesibilidad, sin embargo, su revalorización como entorno urbano se ve amenazado por su escaso porcentaje de población residente y su poca capacidad de satisfacer al ciudadano en propuestas de espacios para residir y recrearse.

Portoviejo es la capital de la provincia de Manabí, una ciudad con un gran arraigo cultural, debido a la antigüedad que la trasciende, la rica historia que permanece en ella, manifestaciones culturales tangible e intangibles que forman parte de todo el patrimonio cultural [6], en esta ciudad se encuentra una gran cantidad de agencias de viajes encasilladas en el turismo emisor, comisionando por la venta de productos proporcionados por los mayoristas, dejando un poco de lado las operaciones receptoras, situación que no ha contribuido de manera adecuada al desarrollo turístico local. Existe una gran cantidad de atractivos culturales, que manejados de manera adecuada pueden formar parte del inventario turístico de la ciudad, aprovechando el catolicismo y otras manifestaciones religiosas de manera adecuada [7].

El Patrimonio arquitectónico de Portoviejo está conformado en su gran mayoría por una serie de edificaciones poseedoras de características y atributos propios de la arquitectura tradicional de la costa ecuatoriana [8]. Además, si se considera que la zona de intervención, en su mayoría es considerada patrimonio cultural, la cual representa riqueza colectiva de importancia crucial de identidad nacional, exigiéndose el compromiso ético y la cooperación de toda la sociedad para garantizar tanto su conservación como su adecuada explotación. Numerosos son los países que han visto en él, un nuevo incentivo para su desarrollo y han puesto en funcionamiento un sistema de protección en el que se establecen relaciones entre empresas públicas y actores privados. La reflexión sobre el patrimonio se ha enriquecido con una valoración de su papel económico como creador de empleo y de ingresos [9].

Ante esta situación, surge una nueva manera de intervenir en la ciudad heredada, denominada reciclaje arquitectónico, basado en la premisa de iniciar un nuevo ciclo de vida (reciclar), sometiendo una materia ya utilizada, a un proceso de transformación profundo. Siendo su objetivo el de “revitalizar” un trozo de ciudad en obsolescencia, a través de herramientas válidas que permitan medir la capacidad de reciclaje de una edificación, entendiendo este proyecto de arquitectura como un recorrido parcial de un proceso más extenso gestionado de manera integral.

Con esta investigación se quiere demostrar que, mediante la aplicación del reciclaje arquitectónico y que por medio de estrategias de diseño y reconfiguración de espacios se

puede revalorizar las edificaciones y flexibilizar su funcionalidad dándoles un ciclo de vida nuevo, aportando no solamente a la recuperación de un bien en estado de obsolescencia sino también devolviéndole a la ciudad un espacio de alta inversión favoreciendo el retorno de los habitantes, potenciando la economía local y fomentando la conservación del patrimonio cultural y arquitectónico.

2. METODOLOGÍA

El presente trabajo investigativo está dividido en 3 fases:

2.1. Fase 1

Aplicar un método de selección para identificar el edificio a intervenir más idóneo, que brinde parámetros que se consideren convenientes.

A partir del estudio del arte relacionado con el tema de Reciclaje Arquitectónico, y tomando en cuenta la literatura científica realizada entre el 2010 y el 2020, se eligió el método para la selección de edificaciones, propuesto por [10], denominado: “La decisión multicriterio: aplicación en la selección de ofertas competitivas en edificación”, con la finalidad de elegir la construcción más idónea, se valoró de manera objetiva varios criterios ponderados y al final se seleccionó la edificación en desuso que obtuvo la puntuación mayor. Se escogieron los criterios, subcriterios y ponderaciones de acuerdo a un análisis primario de las características básicas de las edificaciones (ver Tabla 1).

Al aplicar este método las calificaciones obtenidas deben ser mayores al 65% para que se consideren dentro del grupo que califique para reciclaje arquitectónico, este porcentaje fue definido en concordancia a las recomendaciones realizadas por Casaña [10] en donde manifiesta que el resultado de la evaluación para considerarse viables debe fluctuar entre el 60% al 70% de cumplimiento.

2.2. Fase 2

Definir tipo de intervención de la edificación.

Se inicia con el análisis del soporte edificatorio para identificar indicadores de obsolescencia y activadores del reciclaje que son aquellos elementos que favorecen la regeneración, definiendo prioridades y condicionantes previos.

Para esto se realiza:

- **Análisis histórico.** Esto permite tener un antecedente claro de la procedencia del bien, ubicación, usos, tiempo de vida y previas intervenciones.
- **Análisis funcional.** En este punto se realiza un recorrido por las distintas plantas y se observa todos los espacios con lo que cuenta, se define su espacio y su función actual.
- **Análisis de la condición física.** Mediante la observación in situ se analiza la condición física del bien, tomando en cuenta aspectos importantes como su estructura, el estado de la misma, sus divisiones, los materiales empleados en su construcción y las condiciones en que se encuentra todo el sistema de instalaciones.
- **Análisis de los usuarios.** Se considera en esta parte las intenciones de los propietarios para el bien inmueble, considerando que este es un patrimonio cultural tangible de la ciudad y aterrizando el planteamiento para el proyecto en sí.

2.3. Fase 3

Emplear métodos de rediseño de espacios que permitan dilucidar la capacidad de las edificaciones para transformarse y albergar nuevos usos por medio de las estrategias de reconformación espacial.

Tabla 1. Criterios y subcriterios del proceso de selección

Nº	Criterios y subcriterios	Tipo de Calificación	Nivel de importancia (1-10)	Porcentaje
1	Soporte Relacional			35%
1.1	Posibilidad de uso de la vivienda	Calificar del 1-5	10	9%
1.2	Situación actual de tipología	Calificar del 1-5	8	7%
1.3	Accesibilidad al terreno	Si/No	7	7%
1.4	Limpieza del terreno	Calificar del 1-5	6	7%
1.5	Espacios comunes disponibles	Cantidad	8	5%
2	Análisis histórico			20%
2.1	Patrimonio histórico	Si/No	10	6%
2.2	Año de construcción	Año exacto	8	4%
2.3	Reconstrucciones	Número de reconstrucciones enteras	8	5%
2.4	Modificaciones	Número de reconstrucciones parciales	8	5%
3	Soporte Físico			20%
3.1	Soporte Estructural	Calificar del 1-5	10	5%
3.2	Soporte habitacional	Calificar del 1-5	9	4%
3.3	Confort de espacios interiores	Calificar del 1-5	8	3%
3.4	Instalaciones eléctricas	Calificar del 1-5	7	2%
3.5	Instalaciones sanitarias	Calificar del 1-5	7	2%
3.6	Instalaciones hidráulicas	Calificar del 1-5	7	2%
3.7	Prospecciones cromáticas	Calificar del 1-5	7	2%
4	Conectividades			15%
4.1	Equipamientos de proximidad	Cantidad	8	4%
4.2	Barrios colindantes	Si/No	8	4%
4.3	Transporte público	Si/No	8	4%
4.4	Capacidad de aparcamiento	Calificar del 1-5	8	4%
5	Apreciación general			10%
5.1	Apreciación general	Recuperable/ No recuperable	10	10%

Fuente: [10]

Descripción del procedimiento

Para el presente trabajo investigativo fue necesario utilizar dos tipos de exploración, el primero fue el bibliográfico documental, que permitió buscar y analizar toda la literatura existente

acerca del tema de estudio para tomar las memorias de otros autores con respecto al reciclaje arquitectónico, este tipo de investigación tuvo una connotación especial en el desarrollo del proyecto debido a que dio pautas a las autoras y sirvió como guía basados en la experiencia previa de otras personas; el segundo tipo de investigación fue la de campo, en donde las autoras tomaron contacto en forma directa con la realidad de las edificaciones, para obtener mayor información, recabando datos in situ y permitió tomar la mejor decisión acerca de la selección de la edificación y para realizar la mejor propuesta de rediseño, tomando en consideración las necesidades puntuales de reconstrucción de la vivienda y las necesidades del entorno.

3. RESULTADOS

3.1. Fase 1

En el contexto nacional se aprecia que gran parte de las rehabilitaciones desarrolladas en el último tiempo tienen como objeto la recuperación de un patrimonio dañado o comprometido por las acciones sísmicas. Es decir, existe una variable que, en un país sísmico como el nuestro, obliga a gestiones específicas para la recuperación de estas edificaciones y que tiene relación con la vulnerabilidad constructivo-estructural de las obras y las lesiones de origen mecánico que las han afectado producto de los terremotos. Por lo tanto, la obsolescencia o el abandono funcional de una obra arquitectónica no son las únicas condiciones que originan un proyecto de rehabilitación [11].

Con base a lo anterior y mediante el uso de mapas catastrales se seleccionaron 9 manzanas como Zona de Estudio, la cual fue escogida porque es la zona delimitada por tener más afectaciones en el terremoto del 16 de abril de 2016 y de la cual se conocía que existen aún edificaciones en desuso o parcialmente utilizadas. Como primer paso se determinaron la cantidad de construcciones por cuadra existentes y mediante una visita de campo se pudo determinar que 18 de estas se encontraban en desuso con la capacidad de intervenir en ellas para un reciclaje arquitectónico. En la figura 1 se determinan las construcciones existentes por manzana y la Figura 2 se pueden observar ver las construcciones por manzana que se podrían potenciar y darles un nuevo uso mediante el reciclaje:



Cantidad de edificaciones por manzana

Figura 1. Manzanas escogidas como zona de estudio



- # Cantidad de edificaciones en desuso
- # Manzana sin edificaciones en desuso

Figura 2. Edificaciones identificadas

En la zona de estudio, existen un total de 122 edificaciones (ver Figura 1), de las cuales 18 se encuentran en desuso y en estado de abandono y 17 terrenos se encuentran baldíos (ver Figura 2); no han sido contabilizadas las construcciones que se encuentran en un uso parcial en el cual solo uno de sus pisos está siendo utilizado. Este análisis nos muestra que aproximadamente un 15% de las edificaciones existentes se encuentran abandonadas. En este 15% (18 edificaciones) se realizaron los análisis correspondientes que permitieron determinar cuál, según los parámetros establecidos será tomada como objeto de estudio para el ejemplo propositivo a intervenir.

Se llevó a cabo la recopilación de datos correspondiente, el cual consistía en la visita a cada uno de los inmuebles para la respectiva toma de datos: croquis, mediciones reales, fotografías, informe estructural de campo, información básica de los propietarios, información de las instituciones involucradas e historia del inmueble, además de identificar las patologías y problemas estructurales para estimar los daños tanto por elemento como en porcentajes, que a través de una inspección organoléptica, se conozca de antemano el estado de cada una de los inmuebles hasta la fecha de la visita.

Luego del análisis in situ y del posterior procesamiento de la información con los criterios y subcriterios escogidos, se obtuvieron los siguientes resultados (ver Tabla 2)

Como se menciona en los métodos, para considerar que una construcción sea apta para un reciclaje arquitectónico las calificaciones obtenidas deben ser mayores al 60% este porcentaje fue definido en concordancia a las recomendaciones realizadas por [10] en donde manifiesta que el resultado de la evaluación para considerarse viables, debe fluctuar entre el 60% al 70% de cumplimiento, este proceso arrojó los siguientes resultados, de acuerdo a las 18 edificaciones identificadas como objeto de estudio:

- El 61% aproximadamente (11 edificaciones) están capacidad de ser utilizadas para reciclaje arquitectónico,
- El 39% (7 edificaciones) según el estudio inicial no aplican para utilizar este tipo de técnica.
- Para la presente investigación, se realizó la intervención en la edificación denominada E12 (ver Figura 3) cuyo resultado ponderado fue el más alto (80,50) y se la identificó como la más idónea y la que cumplía en mayor parte con los criterios valorados en el proceso de selección.

En el siguiente apartado se describirán las principales características y detalles de la edificación seleccionada.

Tabla 2. Calificación final

Edificación	Calificación final	Reciclaje arquitectónico
E1	63,25	NO
E2	53,50	NO
E3	78,10	SI
E4	76,75	SI
E5	69,20	SI
E6	66,75	SI
E7	76,75	SI
E8	58,65	NO
E9	77,90	SI
E10	54,15	NO
E11	53,75	NO
E12	80,50	SI
E13	76,75	SI
E14	76,30	SI
E15	55,45	NO
E16	74,00	SI
E17	71,40	SI
E18	55,15	NO



Figura 3. Casa seleccionada luego de aplicar el proceso

La edificación E12 ubicada en la esquina de la calle Colón y avenida Morales, cuyo propietario es el Dr. Ángel Amén, se escogió principalmente por cumplir los parámetros de calificación que la hacen apta para la realización de los distintos tipos de intervención. Su estructura se encuentra en buen estado, sin embargo, requiere el reemplazo de ciertos elementos y en otros tratamientos de preservación y/o consolidación, los cuales pueden ser por: impregnación, inmersión y por inyección profunda (en perforaciones exploratorias), según requiera el elemento estructural.

Considerando que esta casa está dentro de los 36 bienes culturales remanentes después del 16A, que fueron declaradas Patrimonio Cultural por parte del INPC y el Ministerio de Cultura en el año 2003, su fachada será restaurada considerando los parámetros de rehabilitación y conservación que indican la norma por ser un Patrimonio. Sin embargo, su uso será modificado para aprovechar su ubicación, potenciar su uso y la reactivación de la zona, convirtiéndola en un hostel turístico de carácter patrimonial, cubriendo la necesidad de un espacio en el centro histórico de la ciudad que albergue a los turistas que vienen a conocer y disfrutar de la nueva regeneración dada en la zona, como los espacios verdes abiertos en el nuevo Parque de las Vegas o las verbenas extendidas en el parque Vicente Amador Flor.

La “Casa Dr. Ángel Amén” cuenta con una planta baja, dos plantas altas y una terraza; tiene una estructura mixta, en la que existen: pórticos de hormigón armado, columnas y vigas de madera y su uso original era como casón familiar. [12]

3.2. Fase 2

Análisis histórico. La casa Amén es una casa patrimonial ubicada en la esquina de la calle Colón y Calle Morales en la ciudad de Portoviejo, la cual fue construida en el año 1950, y presenta una composición interior reducida y con muchas divisiones, esto se explica desde el contexto que fue creado. Nace como una casa familiar que quedó en desuso luego del terremoto del 16 de abril de 2016 debido a daños en mampostería evidenciados. Está ubicado en una zona estratégica y comercial en la zona cero de la ciudad de Portoviejo, no existen registros de modificaciones parciales o totales que se hayan realizado con anterioridad en la vivienda, es decir que se cree que se está tratando con una vivienda en estado original.

Análisis funcional. La Casa Amén cuenta con un frente de 29.15m, ocupa una superficie de 210.63m² y un área total construida de 795.91m² en tres plantas. Se puede encontrar en su estructura y división original en su planta baja 4 áreas grandes donde anteriormente funcionaban consultorios médicos de la familia, 3 medios baños y 2 escaleras de accesos a la planta alta. En la primera planta alta se encuentra la división original dada para 10 habitaciones de distintas dimensiones con distintos servicios y 6 baños completos, solo 2 habitaciones cuentan con su baño independiente. El último piso se divide en 6 habitaciones y 5 baños, a la vez que se encontró un área inaccesible por cuestiones de estructura de techo. La mayoría de las divisiones de esta casa están realizadas en mampostería de ladrillo, propios del estilo de construcción de la época.

Análisis de la condición física. La estructura de la casa es de hormigón armado y en la visita in situ no se registraron problemas estructurales mayores, pero si se evidencian algunos daños de mampostería, cuenta con una cubierta plana. La fachada exterior se encuentra bien conservada; interiormente algunas paredes presentan desprendimiento de la cubierta, el piso al ser completamente de madera requiere el reemplazo de ciertas partes como tablas y cuerdas. Las instalaciones eléctricas y sanitarias se encuentran obsoletas y carece de instalaciones para telecomunicaciones; la accesibilidad es aceptable y si existen los medios de circulación necesarios. La edificación carece de ventilación e iluminación natural. Existe un área inaccesible por problemas de la estructura del techo. El inmueble cuenta con dos escaleras de acceso a las plantas superiores, la escalera que se encuentra en el lado derecho está deteriorada en un 70% y la otra escalera tiene un 30% de deterioro.

Análisis de los usuarios. Los dueños del inmueble no tienen interés de utilizar la casa como vivienda familiar, en su lugar quieren aprovechar las características de la zona para convertirla en un hostel que les genere rentabilidad, con base en esto se realizará la propuesta. El proyecto comprende tres plantas, y su diseño parte de unos criterios rehabilitación de la fachada y de reinterpretación de los espacios internos, donde unos espacios se conserven y otros se liberen.3.3.

3.3. Fase 3

El principal objetivo es adaptar una construcción proyectada como vivienda a una de albergue (hostal), reconociendo como principal estrategia de restructuración el **Restar**, que como expresa Sánchez [13] la resta y la renuncia son alternativas de intervención pertinentes y necesarias: No hacer, No construir, Proteger, Habitar, Despejar, Conservar, Defender, Renunciar, Condesar, Concentrar, Prescindir, Reutilizar, Revisar, Reinterpretar, Comprender, Rehabilitar, Reactivar, Recuperar, Minimizar, Eliminar, Suprimir, Limitar, Limpiar, Simplificar, Borrar, Resistir, Silenciar, Derribar, Desmantelar, Deshacer, Desprender, Sustraer, Entender, Eliminar, Vaciar. La propuesta se basa en mantener la morfología urbana aprovechando los espacios internos del inmueble con cambios parciales en su configuración, el cual debe modificarse para adaptarse a las propiedades de un hostel, además de proteger y salvaguardar los bienes inmuebles que fueron seleccionados por el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural y el Municipio de Portoviejo como Patrimonio Cultural de la Ciudad y la preservación en el tiempo para las presentes y futuras generaciones; por tanto, el esfuerzo y recursos invertidos o propuestos para el presente proyecto, están destinados a este fin.

En el inmueble de carácter moderno, se conservarán muchas partes de su estructura interior, y se mantendrá su envoltente exterior dándole un nuevo ciclo de vida a la edificación, considerándose este proceso como un enfoque mixto en donde se consoliden por un lado la rehabilitación de la fachada, en donde se dará vida a los elementos deteriorados, recuperándolos de manera parcial; y por otro lado la reinterpretación, en donde se adaptarán los espacios para que guarden concordancia con la tipología de un hostel. De acuerdo a lo anterior, se plantea lo siguiente:

Fachada. La casa ha sido considerada como Patrimonio Cultural del Cantón, por lo que se tiene conservar su diseño original, se realizará la reparación o reemplazo de partes deterioradas como paredes, puertas, ventanas, balcones, entre otros, y se procederá a pintar la fachada. En la fachada planta baja se jugarán con grandes ventanales que permitirán una visión ampliada del espacio tanto interno como externo, volviéndola más atractiva, pero conservando su estética moderna con la cual fue concebida en sus inicios (ver Figura 4).



Figura 4. Estado actual y propuesta

Consolidación estructural. Se ha decidido hacer una consolidación de toda la estructura de la casa, comprendiendo que es imprescindible para asegurar la pervivencia de la misma. Esta consolidación se realizará efectuando una intervención sumamente respetuosa de la tecnología y los materiales con los que fue construido el inmueble, sin obviar la posibilidad de realizar reforzamientos puntuales con nuevos materiales (como el hormigón armado y el acero) que permitan garantizar la estabilidad del inmueble.

Escaleras. La casa estudiada cuenta con dos escaleras que funcionan como acceso a los pisos superiores, una de estas tiene que ser reconstruida al 100% realizando una réplica de lo que ahora se tiene y la otra escalera se debe reparar en las partes que lo requieran.

Planta baja. Como se plantea en apartados anteriores, la planta baja consta de 4 áreas que funcionaban como consultorios médicos de la familia, 3 medios baños y dos escaleras de acceso a la planta alta (ver Figura 5). En la propuesta se plantea convertir estos 4 espacios en la administración, bodega y recepción del hostel que tendrá conexión a un área que se convertirá en cafetería/restaurante, el mismo que contará con baños y cocina, complementando los servicios que la edificación pueda prestar, de esta manera se reutilizarán las instalaciones, ampliando solo necesario para cumplir con el requerimiento de usuarios de servicios (ver Figura 6).

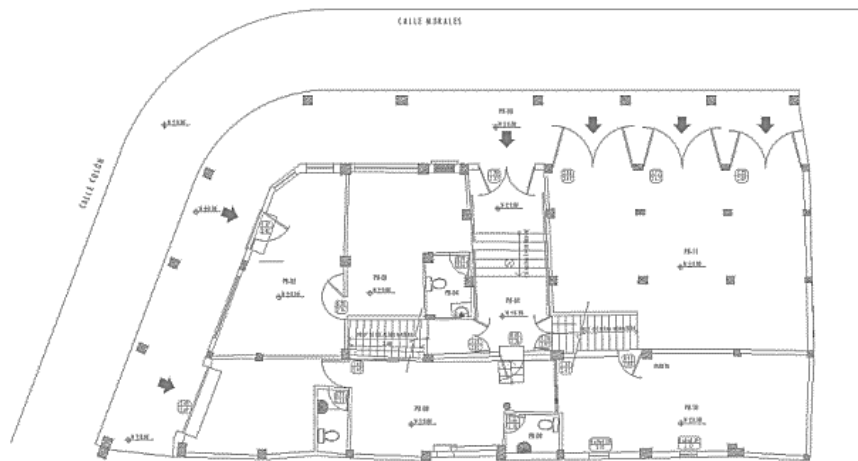


Figura 5. Estado actual

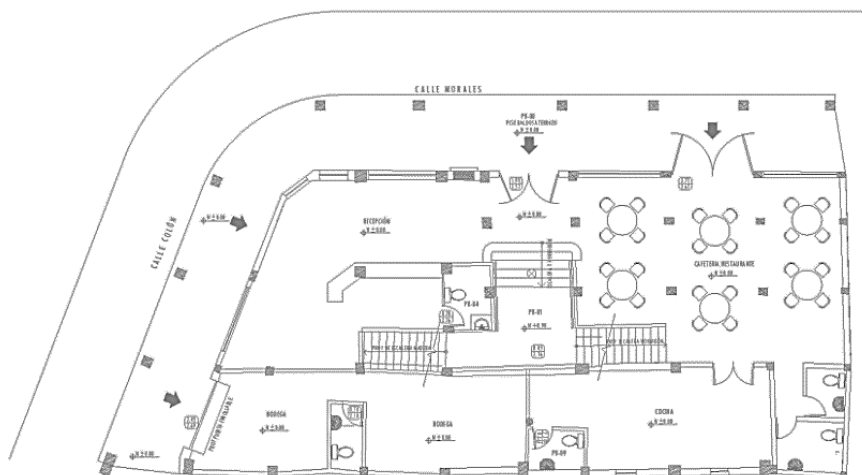


Figura 6. Propuesta

Segunda y tercera planta alta. Se acondicionarán los espacios para las habitaciones correspondientes, velando porque cada una de ellas cuente con la iluminación y ventilación adecuada y que cada piso cuente con un área de estar que permita crear descansos y desarrollar una estrategia que ayude con la falta de iluminación interna que requiere la edificación (ver Figura 7). Todas estas redistribuciones se harán intentando respetar la mayoría de las divisiones originales, considerando la rehabilitación, reconfiguración y restauración como principales intervenciones en el reciclaje arquitectónico a realizar.

En la reinterpretación del espacio de la segunda y tercera planta alta se dará lugar a 6 habitaciones con baño privado en cada planta, y considerando que las instalaciones al ser un entepiso de madera se pueden hacer de manera descolgada de losa cumpliendo con el objetivo de rediseñar la planta atribuyéndole la comodidad a las habitaciones correspondientes (ver Figura 8)

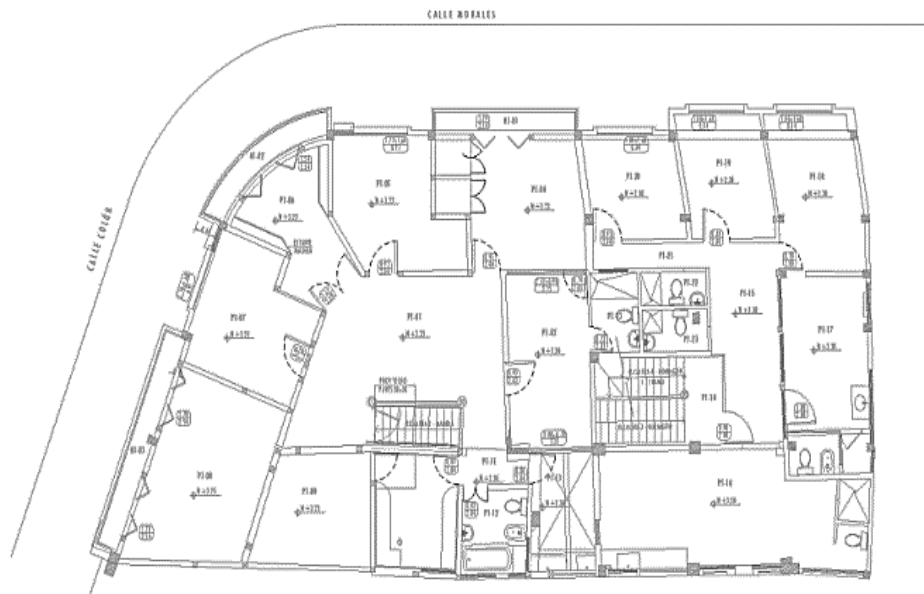


Figura 7. Estado actual

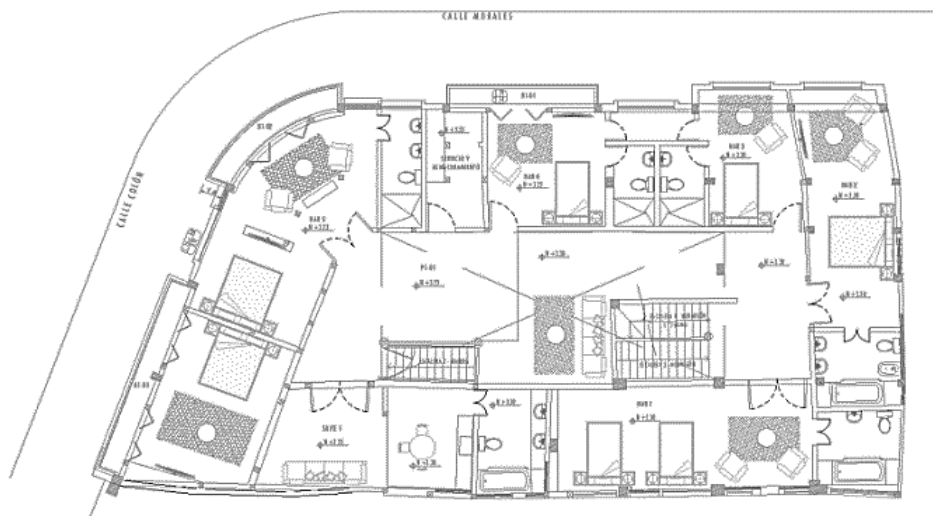


Figura 8. Propuesta

Liberación. Se propone liberar elementos ajenos al bien inmueble, así como los que están en mal estado como las instalaciones eléctricas, redes sanitarias obsoletas, elementos extraños en fachada (cables, grapas, tornillos, bridas rótulos), y pegatinas o rótulos que degradan la fachada.

Incorporación. La propuesta incorpora redes técnicas y servicio, como eléctrico, hidráulico, sanitario, pluvial y comunicaciones; en el caso de redes sanitarias, se ubica un colector y dos cajas de registro tanto dentro como fuera, calculando las posibles pendientes desde una caja en una zona profunda del predio, para una pendiente y profundidad de los registros óptimos. En el caso de redes pluviales se incorporará canalones y bajantes, con sus respectivos colectores y registros desde el interior hasta la calle.

4. DISCUSIÓN

Es necesario discutir algunos aspectos de relevancia en el desarrollo de esta investigación, cuando se empezó la búsqueda de información que daría sustento a este trabajo, se comprobó que existen muchos estudios acerca del reciclaje arquitectónico, pero no existe un estudio concreto relacionado con un proceso de selección de edificaciones previo a la aplicación de la metodología, vinculado con reciclaje arquitectónico, con base en la indagación se utilizó el proceso denominado “Proceso analítico Jerárquico” propuesto por [10], en donde aplicó dicho proceso para determinar el peso de los criterios establecidos en una licitación del Ayuntamiento de Buñol y posteriormente a comparar entre las distintas ofertas, para determinar la prioridad de cada una de ellas. Para que se pudiera utilizar en el presente trabajo, se tuvo que adaptar con criterios relacionados a reciclaje arquitectónico y se obtuvo como resultado que la edificación que tuvo la ponderación más alta era la más idónea y la que según el análisis realizado presentaba mejores condiciones de acuerdo a los criterios escogidos.

Sin embargo, existe mucha información de los autores que realizan el reciclaje arquitectónico con edificaciones elegidas directamente, como es el caso de [14] en donde la propuesta pretende alcanzar objetivos desde diferentes puntos de vista como el urbano, arquitectónico y constructivo, utilizando lo que ya se tiene y dándole un nuevo sentido mediante el uso de nuevas tecnologías para la estructura y accesorios del edificio con impacto menor al medio ambiente, da como resultado el proyecto de reciclaje y nuevo proyecto urbano, una forma completa de conexión en tres escalas: escala manzana, escala barrial y escala ciudad.

Otro autor que ha aplicado esta técnica fue [15], que realiza un reciclaje arquitectónico a la casa Apesteuguía construida en el siglo XIX, en donde destaca que la durabilidad en el tiempo constituye uno de los principios indispensables de un edificio sostenible, y se le dio un nuevo uso a la casa, convirtiéndolo en un conjunto de oficinas, guardando relación con esta investigación en donde se hace la propuesta que mediante el aprovechamiento de la estructura actual se haga acondicionamiento y se transforme en un hostel funcional, cambiando el uso inicial que se le daba a la Casa Amén.

5. CONCLUSIONES

Luego del proceso investigativo, las autoras concluyen lo siguiente:

- La aplicación del método de selección denominado “proceso analítico jerárquico”, permitió evaluar cada uno de los criterios de las diferentes edificaciones en base a calificaciones y ponderaciones, logrando que se destaquen los puntos favorables, para de esta manera identificar la que requería menor intervención y estructuralmente sea más viable, a través de este proceso se escogió la casa Amén constituyéndose en el centro de esta investigación. Es recomendable usar este tipo de metodologías cuando se tenga q escoger entre muchas opciones.

- Cada edificación tiene rasgos distintivos desde la estructura hasta la fachada, antes de decidir qué tipo de intervención se va a realizar, es necesario analizar cada una de sus partes, realizando diferentes tipos de análisis como el histórico, funcional y de condición física. En este caso se trata de una edificación considerada patrimonio cultural de la ciudad en donde se tiene que redefinir con mucho cuidado salvaguardando todas aquellas partes que destacan y la convierten en una edificación única y característica.
- Luego del respectivo análisis es necesario definir la propuesta y en este caso se buscó mantener la morfología urbana aprovechando los espacios internos del inmueble adaptándose a las características de un hostel y conservando la fachada como lo dicta la norma la reconstrucción de edificaciones declaradas patrimonio de la ciudad. Las autoras consideran importante la reinterpretación bajo los preceptos de reciclaje arquitectónico lo que lo convierte en una obra sostenible, dejando su huella verde y a la vez volver a dar vitalidad a aquellos espacios que se consideraban obsoletos o se encontraban en desuso, contribuyendo a la activación económica desde el área turística.
- La presente investigación sirve como precedente para próximas investigaciones en las que se necesite aplicar un método de selección para escoger la edificación más idónea para aplicar reciclaje arquitectónico. En donde la elaboración de la rúbrica que establece los criterios, subcriterios y pesos recomendados sirve como base para calificar cada edificación y de acuerdo al resultado que arroje, se pueda tomar una decisión acertada y objetiva.

REFERENCIAS

- [1] E. F. Caceres Guerrero, "Estrategias de reciclaje arquitectónico : la transformación de la vivienda colectiva en edificaciones preexistentes", Trabajo Final de Máster, Universitat Politècnica de València, Valencia, 2018.
- [2] D. Acosta, "Arquitectura y construcción sostenibles: Conceptos, Problemas y Estrategias", *de Dearq*, no, pp. 14-23, 2009
- [3] M. Calleja Molina, "Reciclaje arquitectónico : Definición, historia y capacidad", Trabajo Final de Máster, Universitat Politècnica de València, Valencia, 2014.
- [4] RAE, "Real Academia Española", 2023. [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/reciclar%20?m=form>.
- [5] M. Martínez Monedero, "Reciclaje de arquitectura vs restauración arquitectónica, ¿herramientas contrapuestas?", *Hábitat y sociedad*, vol. 5, pp. 23-33, 2012.
- [6] S. Atiaga y R. Saltos (2001). "Inventario de Bienes Inmuebles de San Gregorio de Portoviejo" [Online]. Available: <https://site.inpc.gob.ec/pdfs/Publicaciones/Ciudades%20Patrimoniales/Expediente%20T%E9cnico%20PORTOVIEJO.pdf>
- [7] Á. Félix y Y. Doumet, "Patrimonio Cultural como Nueva Oferta Turística en el Cantón Portoviejo - Ecuador", *Revista Latino-Americana de Turismología*, vol. 1, no. 2, pp. 56-61, junio, 2016.
- [8] M. Barcia, "El Patrimonio Arquitectónico del Centro Histórico de Portoviejo (Ecuador). Estudio y análisis para la redacción del catálogo de protección del núcleo central tradicional", Trabajo Final de Máster, Universitat Politècnica de València, Valencia, 2018.

- [9] L. López, N. Plaza, K. Ferrín y M. Sarduy, "El patrimonio cultural: una alternativa para generar ingresos propios en el cantón ecuatoriano Portoviejo" *Cofin Habana*, vol. 13, no. 1, junio, 2019.
- [10] A. Casaña Pérez, "La decisión multicriterio : aplicación en la selección de ofertas competitivas en edificación", Trabajo Final de Máster, Universitat Politècnica de València, Valencia, 2013.
- [11] C. Torres, "La rehabilitación arquitectónica planificada", *ARQ*, nº 88, pp. 30-35, diciembre 2014.
- [12] Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, Sistema de Información del Patrimonio Cultural del Ecuador (SIPCE), [Online]. Available: <http://sipce.patrimoniocultural.gob.ec:8080/IBPWeb/paginas/busquedaBienes/resultadoArbolNavegacion.jsf>.
- [13] V. Sanchez Carrera y A. del Castillo, *Desde la resta*, n°UNDO, 2017.
- [14] J. B. Castellanos-Peña, "Reciclaje y reestructuración de Edificio Saraga", Tesis de Grado, Universidad Católica de Colombia, 2015.
- [15] A. G. Nieto, "Casa Apesteguía: La capacidad de reciclaje de un edificio en el tiempo", *Paideia XXI*, vol. 6, no. 7, pp. 119-128, Perú, 2018.



Estimación de potencial energético renovable en el recinto Malqui Machay

(Estimating Renewable Energy Potential in the Malqui Machay Area)

Kenny Jair Medina Coro¹, Alex Darwin Paredes Anchatipán¹

¹ Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Electromecánica, Ecuador
kenny.medina6105@utc.edu.ec, alex.paredes4935@utc.edu.ec

Resumen: El estudio “Estimación de potencial energético renovable en Malqui Machay” analiza el potencial de energías renovables en Malqui Machay, Ecuador, usando una metodología avanzada que integra análisis geoespacial y aplicación de fórmulas y ecuaciones matemáticas, con datos de fuentes como la NASA (National Aeronautics and Space Administration). Los resultados indican un notable potencial solar de 361,80 KWh/m², lo cual sobresale en comparación con las estimaciones más moderadas para la energía eólica y biomasa. Esta discrepancia subraya la idoneidad de la región para proyectos fotovoltaicos y sugiere la implementación de aerogeneradores de baja potencia y el aprovechamiento de biomasa a partir de residuos orgánicos, además el uso de sistemas híbridos que integren el uso de estas energías renovables no convencionales. El estudio resalta la importancia de las energías renovables en la transición energética sostenible de la región, enfatizando la energía solar fotovoltaica y sugiriendo investigaciones futuras sobre el potencial geotérmico. Este análisis posiciona a Malqui Machay como un sitio clave para el desarrollo de proyectos de energía renovables.

Palabras clave: Malqui Machay, energías renovables, eólica, solar, biomasa.

Abstract: The paper “Estimation of Renewable Energy Potential in Malqui Machay” performs an analysis of renewable energy potential in Malqui Machay, Ecuador, utilizing an advanced methodology that integrates geospatial analysis and application of mathematical models and equations, with data sources including NASA (National Aeronautics and Space Administration). The results show a significant solar photovoltaic potential of 361.80 KWh/m², which is remarkably high compared to the more moderate wind power density and biomass energy estimates. This variance highlights the suitability of the region for solar PV projects and suggests implementation of small-scale wind turbines, harnessing of biomass from organic waste streams, in addition to hybrid systems integrating these non-conventional renewables...

Keywords: Malqui Machay, renewable energy, wind, solar, biomass.

1. INTRODUCCIÓN

Ante la grave crisis climática que enfrenta nuestro planeta y con las proyecciones de un incremento en la temperatura global superior a 1.5°C [1], la necesidad de actuar con urgencia se hace más evidente que nunca. La dependencia de la matriz energética basada en fuentes de energía fósiles que han impulsado la economía global durante más de 150 años, y que en la actualidad representan aproximadamente el 80% del suministro energético mundial [2], ha llegado a un punto crítico. Según la Agencia Internacional de Energía, es preciso expandir masiva y sostenidamente las energías solar, eólica, hidroeléctrica, y otras renovables para cumplir con los objetivos establecidos en el Acuerdo de París sobre cambio climático [3]. En este contexto decisivo, la evaluación precisa del potencial energético renovable no es solo una prioridad, sino una piedra angular para el desarrollo de proyectos energéticos viables y sostenibles que nos

permitan avanzar hacia una descarbonización efectiva de la matriz energética mundial [4].

Ecuador, alineado con la tendencia global hacia la sostenibilidad energética, en la actualidad el 92% de la generación de energía proviene de centrales hidráulicas, el 7% de centrales térmicas y sólo el 1% de fuentes no convencionales (fotovoltaica, eólica, biomasa, biogás, geotermia, entre otras) [5]. Ecuador, además, posee una riqueza de recursos renovables, beneficiándose de su privilegiada ubicación ecuatorial y una geografía predominantemente montañosa [6]. Pese a esta ventaja natural, la estructura histórica de su matriz eléctrica ha estado dominada por el uso intensivo de fuentes fósiles y la implementación de grandes centrales hidroeléctricas [7]. En la última década, sin embargo, se han iniciado reformas significativas orientadas a promover el uso de energías renovables no convencionales [8]. A pesar de estos avances, existe una necesidad imperativa de realizar estudios más exhaustivos sobre el potencial de las energías renovables en localidades específicas del país [9]. Estos estudios son cruciales para acelerar la transición hacia un sistema energético más sostenible y respetuoso con el medio ambiente [10].

Malqui Machay está ubicado 0°44'14.6"S 79°03'49"V Via Pucayacu - Chugchilan Kilómetro 7 La Maná, se distingue por su clima cálido-húmedo, con una temperatura promedio de 22°C, y una topografía montañosa que brinda oportunidades únicas para la explotación de energías renovables [11], [12] Este estudio se enfoca en una evaluación técnico-económica del potencial de energías renovables en la región, abordando la viabilidad y las implicaciones de su aprovechamiento en un contexto de desarrollo sostenible [13], [14].

2. TRABAJOS RELACIONADOS

La estimación del potencial de energías renovables ha sido objeto de múltiples investigaciones a nivel global, regional y local. Varios autores han realizado análisis integrales del potencial renovable considerando diversas fuentes. Por ejemplo, un estudio a nivel mundial [15] evaluó el potencial solar, eólico, geotérmico, hidroeléctrico y de biomasa encontrando que estas fuentes podrían satisfacer la demanda energética global varias veces. Asimismo, investigaciones regionales [16], [17] analizaron el potencial eólico, hídrico y solar en Centroamérica estimando un alto potencial renovable sin explotar.

En Ecuador, los trabajos de [17], [18] y [19] estimaron el potencial nacional de energía solar, eólica e hidroeléctrica a pequeña escala. Sin embargo, se encuentra una limitada investigación a nivel local enfocada en el potencial renovable de áreas geográficas específicas. En la provincia de Cotopaxi, el estudio de [20] evaluó solo el potencial solar y eólico concluyendo que existen emplazamientos alto potencial.

3. METODOLOGÍA

Para estimar el potencial energético renovable en Malqui Machay, se implementó una metodología que combina análisis geoespacial y el empleo de fórmulas para la realización de los cálculos.

3.1. Procedimiento

Se utilizaron datos de radiación solar y patrones de viento obtenidos de satélites que todo el tiempo están recolectando información climatológicos desde el espacio y esta información es facilitado por la NASA [21].

3.1.1. Temperatura

Los datos obtenidos de temperaturas mínimas y máximas de la localidad se presentan a continuación en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Valores de temperaturas mínimas y máximas

Mes	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)
Enero	18,05	32,15
Febrero	18,59	33,79
Marzo	18,59	31,83
Abril	18,54	32,58
Mayo	18,15	32,42
Junio	17,26	33,19
Julio	16,77	34,30
Agosto	16,72	35,24
Septiembre	17,48	34,39
Octubre	17,00	34,71
Noviembre	17,08	34,48
Diciembre	17,94	35,52
Promedio Anual	17,68	33,47

La variabilidad de las temperaturas mínimas y máximas a lo largo del año se presenta en la Figura 1. El análisis técnico de estos datos es relevante para evaluar el potencial renovable, ya que la eficiencia de tecnologías como la solar fotovoltaica y la eólica depende fuertemente de las condiciones térmicas.

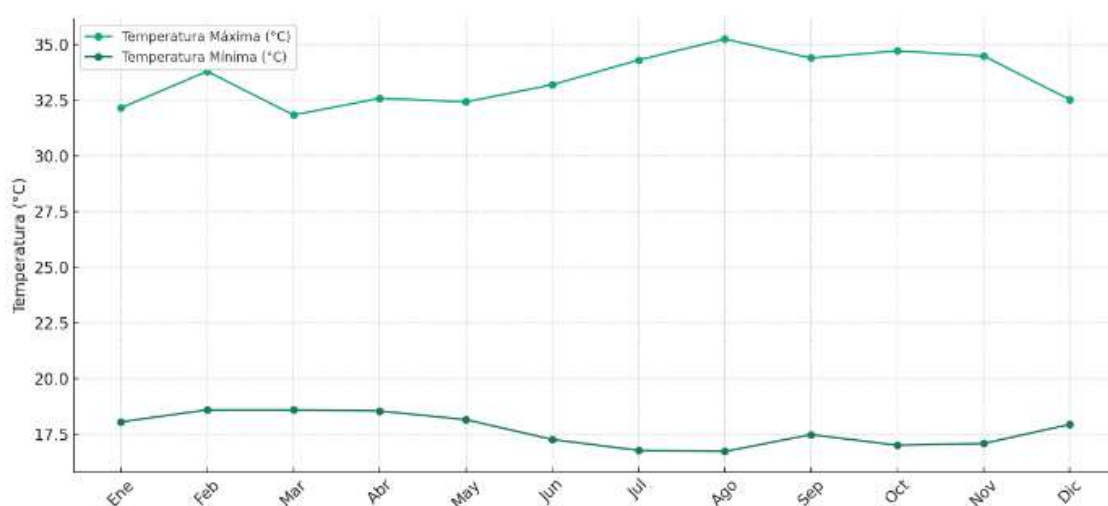


Figura 1. Valores de temperatura mínima y máxima de Malqui Machay

3.1.2. Solar

También se hizo la recopilación de datos de irradiación solar y se obtuvo la cantidad de irradiación diaria, que es la cantidad promedio de energía solar recibida por metro cuadrado y por día, y los cuales se muestran a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores de irradiancia solar promedio diaria

Mes	Irradiancia solar promedio diaria KWh/m ² /día
Enero	1,84
Febrero	1,89
Marzo	2,1
Abril	2,32
Mayo	1,99
Junio	1,87
Julio	1,96
Agosto	2,2
Septiembre	2,11
Octubre	1,9
Noviembre	2,12
Diciembre	1,87
Promedio anual	2,01

Con estos valores obtenidos se procederá a realizar la estimación del potencial energético diario de la localidad, utilizando la Ecuación 1.

$$E_{diaria} = H \times HSP \quad (1)$$

Donde, E_{diaria} Energía diaria por metro cuadrado

H Irradiancia solar promedio diaria KWh/m²/día

HSP representa las Horas Solares Pico para el entorno 6 horas

Para determinar el potencial energético mensual se utilizará la Ecuación 2.

$$E_{mensual} = E_{diaria} \times \text{días del mes} \quad (2)$$

3.1.3. Eólico

Se consideró los valores de la velocidad del viento a 10 metros, mostrados en la Tabla 3, ya que es un factor crítico en la evaluación del recurso eólico.

Con estos valores obtenido se aplicará la Ecuación 3, para realizar la estimación del potencial energético eólico en función de la velocidad del viento a 10 metros de altura.

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3 \quad (3)$$

Donde, P es la potencia medida en W

ρ es la densidad del aire

A es el área de barrido en m² si se utilizará generadores eólicos.

V^3 es la velocidad del viento en m³

Tabla 3. Velocidad del viento a 10 m

Mes	Velocidad del viento a 10 m. (m/s)
Enero	3,19
Febrero	3,04
Marzo	2,80
Abril	2,73
Mayo	2,78
Junio	2,79
Julio	2,91
Agosto	3,11
Septiembre	3,35
Octubre	3,29
Noviembre	3,12
Diciembre	3,16
Promedio anual	3,02

3.1.4. Biomasa

Para calcular el potencial energético derivado de la biomasa, se considerará el uso de residuos orgánicos [22]. Dada la abundancia de árboles y vegetación en la localidad, se estima que se generan aproximadamente 500 kilogramos de residuos vegetales y materiales similares. Esta cantidad será la base para estimar el potencial energético mensual, asumiendo una producción constante de residuos orgánicos a lo largo del año.

Para estimar el potencial energético que se puede obtener mediante la utilización de biomasa, es necesario seguir una serie de pasos establecidos. El primer paso implica calcular la producción total de biogás. Este cálculo se realizará de acuerdo con lo estipulado en la Ecuación 4 [23],[24].

$$\text{Producción de Biogas} = \text{Masa de Biomasa} \times \text{Producción de biogas por kg} \quad (4)$$

A continuación, determinaremos la energía total contenida en el biogás utilizando la Ecuación 5. Este paso es importante para comprender el valor energético total que se puede obtener de la biomasa.

$$\text{Energía Total} = \text{Producción de biogas} \times \text{Poder Calorífico del biogas} \quad (5)$$

3.2. Materiales

La georreferenciación se realizó utilizando el recurso “NASA Prediction of Worldwide Energy Resources” [21]. Esta herramienta proporciona mapas interactivos, aplicaciones y servicios de datos que describen condiciones meteorológicas variadas, incluyendo radiación solar, velocidad del viento y temperatura, entre otros. Destaca por la actualización diaria de la mayoría de sus productos de datos y por contar con registros históricos que se extienden a más de 35 años.

4. RESULTADOS

El análisis de las temperaturas mínimas y máximas en una localidad es crucial, ya que estas tienen un impacto significativo en diversos aspectos. Un ejemplo clave es la eficiencia de los paneles solares [25]. Las temperaturas extremas, especialmente el calor, pueden influir negativamente en

esta eficiencia. A medida que la temperatura aumenta, la eficiencia de conversión de un panel solar tiende a disminuir. Por tanto, conocer la temperatura máxima de una localidad es fundamental para diseñar sistemas solares capaces de mantener su eficiencia incluso bajo condiciones extremas, o para seleccionar tecnologías más adecuadas en climas más cálidos.

En la evaluación del potencial de la energía eólica, un factor clave es la densidad del aire, que influye directamente en la cantidad de energía que se puede extraer del viento [26]. Esta densidad varía con la temperatura: el aire más frío, al ser más denso, puede contribuir a una generación de energía eólica más eficiente. Por lo tanto, estimar las temperaturas mínimas y máximas es esencial para prever las variaciones estacionales en la eficiencia de las turbinas eólicas.

Las temperaturas extremas tienen un impacto significativo en la demanda de energía. Comúnmente, se asocian con un incremento en esta demanda, ya sea por la necesidad de calefacción durante el invierno o de refrigeración en el verano. Comprender y anticipar estas variaciones es crucial para planificar adecuadamente la capacidad de generación y almacenamiento de energía renovable, asegurando así que se pueda satisfacer eficientemente la demanda pico.

4.1. Análisis del potencial energético solar

Los resultados del estudio revelan un potencial significativo para el aprovechamiento de energía renovable en Malqui Machay. Mediante la utilización de la Ecuación 1, se estimó que el Potencial Energético Solar promedio anual es de 361,80 KWh/m² como se aprecia en la Tabla 4. Este cálculo tomó en cuenta el número de días de cada mes, permitiendo una estimación precisa del potencial energético solar, como se muestra en la Figura 1. Estos hallazgos sugieren un alto potencial para el desarrollo de proyectos de energía solar en la región.

Tras realizar la estimación mensual del potencial energético, obtuvimos resultados detallados que se presentan en la Figura 2. Esta visualización ofrece una clara comprensión de las variaciones mensuales del potencial energético.

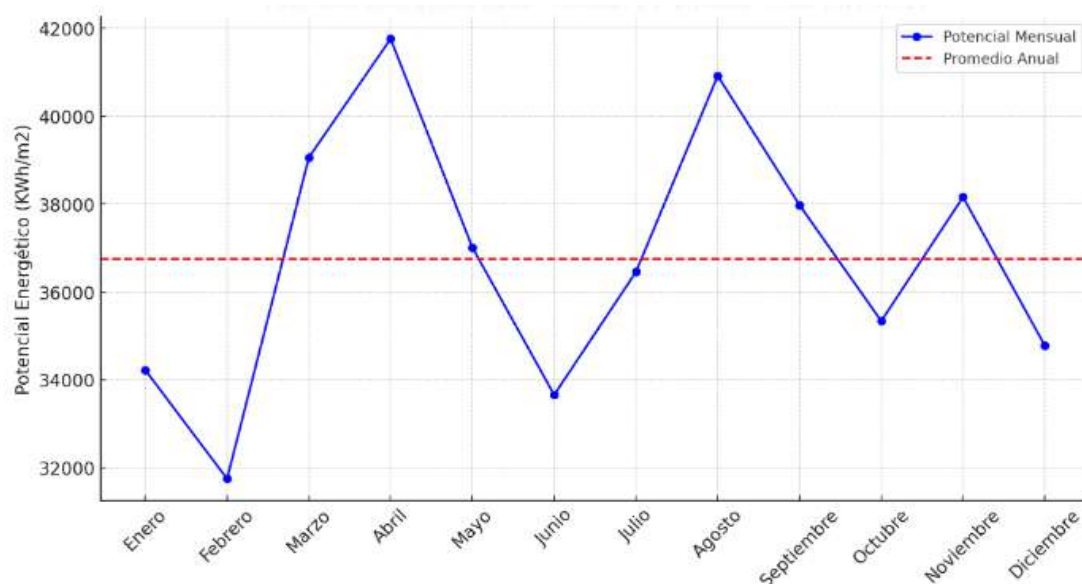


Figura 2. Potencial energético solar mensual por metro cuadrado

Los datos obtenidos se presentan detalladamente en la Tabla 4, proporcionando una vista clara y organizada de la información.

Tabla 4. Potencial energético solar mensual por metro cuadrado

Mes	Potencial energético solar mensual KWh/m ²
Enero	342,24
Febrero	317,52
Marzo	390,60
Abril	417,60
Mayo	370,14
Junio	336,60
Julio	364,56
Agosto	409,20
Septiembre	379,80
Octubre	353,40
Noviembre	381,60
Diciembre	347,82
Promedio anual	361,80

4.2. Análisis del potencial energético eólico

Respecto al potencial eólico, nuestros análisis indican que las velocidades promedio del viento son de 17,15 m/s a una altura de 10 metros. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo para la generación de energía eólica. Los detalles de estos datos se muestran tanto en la Figura 3 como en la Tabla 5, ofreciendo una representación clara y detallada de las variaciones estacionales y geográficas del potencial energético de la región.

Tabla 5. Potencial energético eólico

Mes	Potencia por metro cuadrado W/m ²
Enero	19,88
Febrero	17,21
Marzo	13,45
Abril	12,46
Mayo	13,16
Junio	13,30
Julio	15,09
Agosto	18,42
Septiembre	23,03
Octubre	21,81
Noviembre	18,60
Diciembre	19,33
Promedio anual	17,15

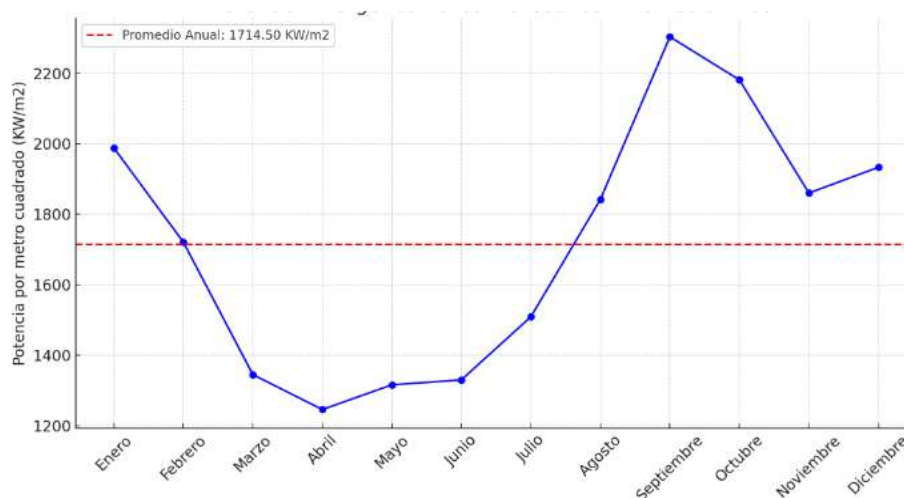


Figura 3. Potencial energético eólico

4.2. Análisis del potencial energético biomasa

En esta estimación, se contempla utilizar 500 kilogramos de materia orgánica, principalmente compuesta por hojas y materiales similares. Se ha adoptado un valor de $0,375 \text{ m}^3/\text{kg}$ para el volumen de gas producido, que es el promedio dentro del rango de $0,25$ a $0,50 \text{ m}^3/\text{kg}$. Asumiendo un poder calorífico de 6 kWh/m^3 , se calcula un total de 1.125 kWh de energía generada. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos valores son estimativos y pueden variar según las características específicas de los residuos y las condiciones operativas del proceso de digestión anaeróbica.

4.2. Análisis del potencial geotérmico

Realizar una estimación completa del potencial geotérmico en Malqui Machay requeriría un extenso y costoso programa de exploración que incluya estudios geológicos, geofísicos, geoquímicos y de perforación [27]. Si bien esto brindaría una evaluación definitiva, los altos costos y el tiempo requerido podrían ser un factor determinante para realizar la estimación del potencial energético [28].

5. DISCUSIÓN

Los resultados del estudio corroboran un potencial renovable favorable en Malqui Machay, principalmente en energía solar. La velocidad de viento promedio anual a 10 m de altura alcanza $3,02 \text{ m/s}$, por debajo del óptimo de $3,5 \text{ m/s}$ requerido para generación eólica a gran escala. Por ende, a pesar de presentar un potencial eólico moderado, no se recomienda esta fuente para producción eléctrica significativa en el sitio. La irradiación solar anual de $361,8 \text{ kWh/m}^2$, obtenida a partir de bases de datos globales, se cataloga como un recurso óptimo para implementación de sistemas fotovoltaicos en distintas escalas.

En cuanto al recurso eólico, la velocidad promedio anual resulta insuficiente para parques de mediana o gran envergadura, que requieren $3,5$ - $4,5 \text{ m/s}$ según el aerogenerador. No obstante, podría evaluarse el uso de aerogeneradores de baja potencia ($<10 \text{ kW}$) en sistemas aislados o híbridos. Se sugieren mediciones a mayor altura para identificar emplazamientos de mayor velocidad.

En cuanto a la biomasa, la disponibilidad de residuos orgánicos vegetales representa un recurso interesante para producir energía a partir de biomasa. La estimación realizada sugiere

un moderado potencial energético utilizando 500 kg mensuales de residuos orgánicos, con una producción de biogás equivalente a 1.125 kWh. Si bien este valor es relativamente bajo, el uso de biomasa podría complementar otras fuentes renovables en un esquema híbrido. Se requieren más estudios para cuantificar el potencial geotérmico en la zona, Malqui Machay presenta condiciones prometedoras para la transición energética, particularmente en energía solar.

6. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio realizado corroboran que el sitio Malqui Machay presenta un potencial renovable favorable, especialmente en energía solar fotovoltaica. La velocidad promedio anual del viento a 10 m de altura alcanza solo 3,02 m/s, insuficiente para la implementación de parques eólicos de mediana o gran escala, que requieren velocidades sobre 3,5 m/s.

Sin embargo, la irradiación solar anual de 361,8 kWh/m² obtenida de bases de datos globales, representa un excelente recurso para el desarrollo de sistemas fotovoltaicos para la implementación de microsistemas de generación eléctrica Off – Grid de algunos kW de capacidad.

Respecto a la energía eólica, si bien no es viable para generación masiva actualmente, podrían evaluarse aerogeneradores de baja potencia (<10 kW) para aplicaciones aisladas o híbridas. Se recomiendan estudios más detallados del recurso eólico a mayor altura.

En cuanto a la biomasa procedente de residuos orgánicos vegetales, se estima un potencial moderado equivalente a 1.125 kWh/mes, que podría complementar otras fuentes renovables en un esquema híbrido.

La realización de una estimación completa del potencial geotérmico en Malqui Machay implica un extenso y costoso programa de exploración, abarcando estudios geológicos, geofísicos, geoquímicos y de perforación. Aunque este enfoque proporcionaría una evaluación definitiva del potencial energético de la región, los altos costos y el tiempo requerido representan factores significativos que podrían influir decisivamente en la decisión de proceder con dicha estimación.

Con base a los resultados obtenidos sobre la estimación de potencial energético renovable se deduce que Malqui Machay se destaca como un emplazamiento estratégico de importancia energética para impulsar la transición energética en Ecuador, y a pesar de que los valores de energía estimada eólica y proveniente de la biomasa son menores en comparación con la solar fotovoltaica, la implementación de tecnologías híbridas podría optimizar el aprovechamiento del potencial renovable. La implementación de sistemas híbridos para el desarrollo de proyectos a gran escala en la región es fundamental para cumplir con las metas nacionales de reducir en un 7% la dependencia de centrales térmicas y de incrementar en más de un 1% el uso de energías renovables no convencionales en los próximos años. Esta sinergia entre estas fuentes de energía renovables no convencionales posicionaría a la región como un foco de atracción para inversiones y para la escalada rápida de implementación de tecnologías de energías limpias e innovadoras. En consecuencia, Malqui Machay se perfila como un pilar fundamental en la transición hacia una industria energética renovable robusta, eficiente y descarbonizada, alineada con los objetivos de sostenibilidad y mitigación del cambio climático a nivel nacional e internacional.

REFERENCIAS

- [1] “Global Warming of 1.5 °C —.” Accessed: Jan. 04, 2024. [Online]. Available: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- [2] “Fossil Fuels | EESI.” Accessed: Jan. 04, 2024. [Online]. Available: <https://www.eesi.org/topics/fossil-fuels/description>

- [3] “Global Energy Review 2021 – Analysis - IEA.” Accessed: Nov. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021>
- [4] C. A. Smith y D. M. Hart, “The 2021 Global Energy Innovation Index: National Contributions to the Global Clean Energy Innovation System”, 2021.
- [5] Ministerio de Energía y Minas, “ECUADOR CONSOLIDA LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES” Accessed: Jan. 04, 2024. [Online]. Available: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>
- [6] F. N. Plaza, “Fuentes energéticas renovables en Ecuador. Perspectivas a futuro,” *Polo del Conocimiento*, vol. 7, no. 3, pp. 4–6, marzo, 2022. <https://orcid.org/0000-0002-0433-4724>
- [7] J. A. Vicente Reyes, “Evaluación general de la matriz energética ecuatoriana y el aporte de las energías renovables no convencionales a la descarbonización de la generación eléctrica con énfasis en el potencial geotérmico”, Tesis de Grado, Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, 2021.
- [8] J. Lata, C. Reyes y F. Jurado, “Attaining the energy sustainability: Analysis of the Ecuadorian strategy,” *Problemy Ekorozwoju*, Vol. 13, no. 1, pp. 21-29, enero, 2024.
- [9] J. M. Clairand, X. Serrano-Guerrero, A. González-Zumba, y G. Escrivá-Escrivá, “Techno-Economic Assessment of Renewable Energy-based Microgrids in the Amazon Remote Communities in Ecuador”, *Energy Technology*, vol. 10, no. 2, p. 2100746, octubre, 2021, <https://doi.org/10.1002/ente.202100746>
- [10] M. O. Amankwa, I. Musah-Surugu, G. Dagba, y P. Opoku, “S Scaling-up Renewable Energy Share of Global Energy Mix: Analysis of Spatial Variability,” 2020. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-71057-0_153-1
- [11] “Ruinas de Malqui - Machay.” Accessed: Nov. 12, 2023. [Online]. Available: <https://acortar.link/0jvgeJ>
- [12] B. Maier. (2021, Dic. 31). Malqui Machay, la morada de Atahualpa y el último espacio de la resistencia [Online]. Available: <https://revistamundodineros.com/malqui-machay-ultima-morada-atahualpa/>
- [13] O. Krishan y S. Suhag, “Techno-economic analysis of a hybrid renewable energy system for an energy poor rural community,” *J Energy Storage*, vol. 23, pp. 305–319, junio 2019. <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.04.002>
- [14] M. S. Eirin, D. Messina, R. Contreras, L. René, y S. Pavez, “Estudio sobre políticas energéticas para la promoción de las energías renovables en apoyo a la electromovilidad”. CEPAL, 2022.
- [15] P. A. Østergaard, N. Duic, Y. Noorollahi, y S. Kalogirou, “Renewable energy for sustainable development,” *Renew Energy*, vol. 199, pp. 1145–1152, Nov. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.09.065>
- [16] A. Dolezal, A. M. Majano, A. Ochs, y R. Palencia, “La Ruta hacia el Futuro para la Energía Renovable en Centroamérica: Evaluación de la Situación Actual, Mejores Prácticas, Análisis de Brechas”, Worldwatch Institute, 2013. [Online]. Available: <https://cdkn.org/sites/default/>

files/files/La-Ruta-hacia-el-Futuro-para-la-Energia-Renovable.pdf

- [17] J. Cevallos-Sierra and J. Ramos-Martin, "Spatial assessment of the potential of renewable energy: The case of Ecuador," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81, pp. 1154–1165, enero 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.015>
- [18] A. Krysovaty, M. Zenovii, y I. Ivashchuk, "II International Scientific and Practical Conference students and young scientists," pp. 94–96, 2023.
- [19] V. Minaya, P. L. Haro y M. J. Guerra, "Small hydro in Ecuador: Potential and prospects", *Hydropower & Dams*, vol. 6, 2020.
- [20] D. Jiménez, Á. Jaya, D. Lagla, C. Chasi, A. Roberto Salazar y P. Zurita, "An Optimization Model Assessment for the Economic Dispatch of Isolated Microgrids", 2022 IEEE Sixth Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM), Quito, 2022, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/ETCM56276.2022.9935730>
- [21] "POWER | Data Access Viewer." Accessed: Nov. 09, 2023. [Online]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- [22] A. R. Pascual, E. E. Víctor, C. Martín, M. Broda, D. J. Yelle, y K. Serwá Nska, "Bioethanol Production from Lignocellulosic Biomass—Challenges and Solutions," *Molecules* 2022, vol. 27, no. 24, p. 8717, diciembre 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27248717>
- [23] A. Nsair, S. O. Cinar, A. Alassali, H. A. Qdais, y K. Kuchta, "Operational Parameters of Biogas Plants: A Review and Evaluation Study," *Energies*, vol. 13, no. 15, pp. 3761, Julio. 2020. <https://doi.org/10.3390/en13153761>
- [24] A. Wanjohi (2023, marzo, 2). Fixed Dome Biogas Plant Size and Gas Amount Calculations. [Online]. Available: <https://www.kenpro.org/fixed-dome-biogas-plant-size-and-gas-amount-calculations/>
- [25] J. Balent, M. Topič, y J. Krč, "A simulation study of temperature effects on performance parameters of silicon heterojunction solar cells with different ITO/a-Si:H selective contacts," *Opto-Electronics Review*, vol. 30, pp. 1-13, febrero 2022. <https://doi.org/10.24425/opelre.2022.140557>
- [26] C. Sequeira, A. Pacheco, P. Galego, y E. Gorbeña, "Analysis of the efficiency of wind turbine gearboxes using the temperature variable", *Renew Energy*, vol. 135, pp. 465–472, mayo 2019. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.040>
- [27] S. Jacko, Z. Babicová, A. D. Thiessen, R. Farkašovský y V. Budinský, "The Use of Multi-Geophysical Methods to Determine the Geothermal Potential: A Case Study from the Humenné Unit (The Eastern Slovak Basin)," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 5, pp. 1-18, marzo 2022. <https://doi.org/10.3390/app12052745>
- [28] T. S. Lowry, "Understanding Uncertainty in Geothermal Energy Development Using a Formalized Performance Assessment Approach", Sandia National Laboratories, 2021. [Online]. Available: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1891084>

Copyright (2023) © Kenny Jair Medina Coro, Alex Darwin Paredes Anchatipán.

Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Usted es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. También podrá adaptar: remezclar, transformar y construir sobre el material. [Ver resumen de la licencia.](#)





Más artículos científicos aquí