



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Energía renovable obtenida a partir del diseño e
implementación de un prototipo piezoeléctrico adaptado a un
somier aprovechando el movimiento corporal, Lima 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental**

AUTORES:

Br. López León, Mily (ORCID: 0000-0003-2663-8726)

Br. Prudencio Espíritu, Daniel Ángel (ORCID: 0000-0002-1757-4946)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mis amados padres Lidia Elizabeth León Baca y Melanio López Pedemonte, por ser mi apoyo constante, y darme siempre su amor incondicional, a mis preciados hijos Carlos Andrés y Nickolaz Mateo, por ser mi alegría, motor y motivo para salir adelante, a mi amada hermana y amiga Deysi Vásquez por su confianza, por haberme alentado a seguir adelante ante las adversidades y apoyado incondicionalmente en esta etapa de mi vida profesional.

A mis padres Epifanio Prudencio Cuellar y Alejandrina Espíritu Aguilar por el apoyo incondicional en estos años de estudio, y por haberme forjado como persona; a mis hermanos por soportarme y quererme, sobre todo a mi hermana Giovanna Úrsula Prudencio Espíritu por su constante apoyo en mis decisiones y mi carrera, a todos ellos muchas gracias por todo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por que, sin él no estaríamos aquí presentes.

A nuestro asesor Dr. Elmer Benites Alfaro por su apoyo, guía y mucha paciencia para con nosotros en la realización de la tesis.

Al Profesor Jorge Hernán Olano Tantalean por su valioso apoyo, disponibilidad de tiempo y paciencia en cada consulta realizada.

A la Universidad César Vallejo y a nuestros maestros por la calidad de enseñanza en conocimientos y valores.

A José Ronal Guevara Ranilla amigo, compañero y jefe, y Eduardo Silva Delgado, por su contribución en la finalización del proyecto.

A todas las personas, familiares, compañeros que directa e indirectamente contribuyeron en el desarrollo de la tesis

Índice de Contenidos

Pág.

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de tablas	v
índice de gráficos	vi
índice de figuras	vii
Anexos.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	19
3. 1. Tipo y diseño de investigación	20
3. 2. Variables y operacionalización.....	21
3. 3. Población y muestra.....	22
3. 4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
3.4.1. Validación de instrumentos de datos.....	23
3. 5. Procedimientos.....	24
3.5.1. Elaboración del prototipo piezoeléctrico.....	24
3.5.2. Generación de energía por presión de bloque al acostarse.....	37
3.5.3. Descripción de las características físicas de los voluntarios	38
3.5.4. Prueba de presión de bloque	40
3.5.5. Batería.....	43
3.5.6. Regulador de tensión	43
3.5.7. Diodo rectificador	43
3.5.8. Prueba del prototipo piezoeléctrico en el somier.....	44
3.5.9. Verificación de la corriente almacenada.....	46
3.6. Método de análisis de datos	49
3.7. Aspectos éticos.....	49
IV. Resultados.....	50
4.1. Generación de energía	51
4.2. Análisis inferencial de datos	54

V. DISCUSIÓN.....	77
VI. CONCLUSIONES	82
VII. RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIAS	86
ANEXOS	1

Índice de tablas

Tabla 1. Kilo cal/h consumidas por actividad específica.....	15
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos	23
Tabla 3. Porcentaje de Validación de Instrumentos	24
Tabla 4. Materiales piezoeléctricos	25
Tabla 5. Características del somier	26
Tabla 6. Características del disco piezoeléctrico.....	29
Tabla 7. Generación de discos piezoeléctricos	29
Tabla 8. Generación de energía por presión	38
Tabla 9. Características físicas de los voluntarios.....	39
Tabla 10. Características de diodos led.	40
Tabla 11. Presión de bloque por movimiento	42
Tabla 12. Generación de energía por movimiento	51
Tabla 13. Decodificación de los voluntarios	52
Tabla 14. Evaluación con 10 movimientos	55
Tabla 15. Prueba de normalidad	56
Tabla 16. Prueba t- student para una muestra para la generación de energía a partir del movimiento corporal x 10 movimientos	57
Tabla 17. Masa de los voluntarios.....	58
Tabla 18. Prueba de normalidad para la masa respecto a la obtención de energía en base al movimiento.....	59
Tabla 19. Tabla Chi – cuadrado para la masa respecto a la obtención de energía en base al movimiento.....	60
Tabla 20. Altura de los voluntarios	61
Tabla 21. Prueba de normalidad para la Altura respecto a la obtención de energía en base al movimiento.....	62

Tabla 22. Tabla Chi – cuadrado para la altura respecto a la obtención de energía en base al movimiento.....	63
Tabla 23. IMC de los voluntarios	65
Tabla 24. Prueba de normalidad para el IMC respecto a la obtención de energía en base al movimiento.....	66
Tabla 25. Tabla Chi – cuadrado para IMC respecto a la obtención de energía en base al movimiento	67
Tabla 26. Amperaje obtenido	68
Tabla 27. Prueba de normalidad para el amperaje respecto a la obtención de energía en base al movimiento	69
Tabla 28. Tabla Chi – cuadrado para el amperaje respecto a la obtención de energía en base al movimiento	70
Tabla 29. Voltaje obtenido.....	71
Tabla 30. Prueba de normalidad para el voltaje respecto a la obtención de energía en base al movimiento.....	72
Tabla 31. Tabla Chi – cuadrado para voltaje respecto a la obtención de energía en base al movimiento	73
Tabla 32. Potencia obtenida.....	74
Tabla 33. Prueba de normalidad para la potencia respecto a la obtención de energía en base al movimiento	75
Tabla 34. Tabla Chi – cuadrado para la potencia respecto a la obtención de energía en base al movimiento	76

Índice de gráficos

Gráfico 1. Amperaje obtenido.....	52
Gráfico 2. # Movimientos en relación con el tiempo de descanso	53
Gráfico 3. Relación de masa VS Amper	53
Gráfico 4. Relación masa, movimiento y Amper.....	54
Gráfico 5. Personas Vs 10 movimientos.....	56
Gráfico 6. Masa de los voluntarios	59
Gráfico 7. Altura de los voluntarios.....	62
Gráfico 8. IMC de los voluntarios	65
Gráfico 9. Amperaje obtenido.....	68
Gráfico 10. Voltaje obtenido	71

Gráfico 11. Potencia obtenida	74
-------------------------------------	----

Índice de figuras

Figura 1. Energía generada en actividades rutinarias	16
Figura 2. Publicaciones científicas anuales sobre recolectores de energía por vibración.....	17
Figura 3. Diseños prometedores de dispositivos piezoeléctricos para aplicaciones de recolección de energía.	18
Figura 4. Modelo del somier – AutoCAD	22
Figura 5. Herramientas y materiales para la ejecución del proyecto	27
Figura 6. Implementación del laboratorio para la ejecución del proyecto	28
Figura 7. Polaridad de los discos piezoeléctricos	28
Figura 8. Medición de un disco piezoeléctrico	30
Figura 9. Conexión en serie de discos piezoeléctricos.....	30
Figura 10. Conexión en paralelo de discos piezoeléctricos.....	30
Figura 11. Prueba de ensayo 1	32
Figura 12. Prueba de ensayo 2	33
Figura 13. Ensayos con los resortes adaptados a la madera	34
Figura 14. Ensayos con los resortes adaptados a los sensores.....	35
Figura 15. Ensayo con sensores nuevos y pernos para la unión de las planchas	37
Figura 16. Toma de peso y talla de los voluntarios	39
Figura 17. Código de bloques.	41
Figura 18. Evaluación de movimientos de los voluntarios.....	41
Figura 19. Bloques en paralelo-AutoCAD.....	44
Figura 20. Circuito armado	44
Figura 21. Prototipo piezoeléctrico AutoCAD	45
Figura 22. Prototipo piezoeléctrico	45
Figura 23. Salida de energía del somier	46
Figura 24. Salida de energía de la batería.....	47
Figura 25. Aprovechamiento de energía a través de la carga de un celular	48

Anexos

Anexo 1. Declaración de autenticidad (autores)	2
Anexo 2. Declaración de autenticidad (asesor)	3
Anexo 3. Acta de sustentación de Tesis.....	4
Anexo 4. Autorización de Publicación en Repositorio Institucional	5
Anexo 5. Matriz de operacionalización de variables.....	6
Anexo 6. Matriz de consistencia.....	7
Anexo 7. Registro de las características físicas de los voluntarios	8
Anexo 8. Validación de instrumentos	9

Resumen

La energía que es generada por combustibles fósiles contribuye al aumento de los gases de efecto invernadero, lo que incrementa progresivamente el cambio climático; el consumo y sobreexplotación de los recursos naturales conllevan hacia un futuro de escases; la obtención de energías renovables a través de fuentes inagotables proporciona una mejor alternativa sostenible para la generación de energía eléctrica limpia, disminuyendo considerablemente los efectos adversos en la utilización de estas fuentes fósiles, así esta investigación buscó diseñar e implementar un prototipo piezoeléctrico adaptándolo a un somier con la finalidad de generar energía renovable aprovechando el movimiento corporal de las personas. Se realizaron distintas pruebas en la realización del prototipo buscando la óptima eficiencia con respecto a la generación de energía por bloque, lo que arrojó una salida de 12 – 14 V con una potencia de 1.68 – 2.52 mW; además, se evaluaron las características físico-humanas de 10 voluntarios, así como las del somier. Los resultados mostraron que el prototipo diseñado es capaz de generar energía eléctrica limpia a través del movimiento de las personas, pero no está sujeta a todas las características físico-humanas de estas, solo a la masa corporal y a su vez dependerá del número de movimientos. Por lo tanto, este estudio proporciona una alternativa viable en la recolección de energía limpia, suficiente para alimentar y recargar dispositivos portátiles como celulares e iluminarias led de baja potencia.

Palabras clave: *Piezoelectricidad, somier, energías renovables, movimiento corporal, voltaje.*

Abstract

Energy that is generated by fossil fuels contributes to the increase of greenhouse gases, which progressively increases climate change; consumption and overexploitation of natural resources lead to a future of scarcity; obtaining renewable energies through inexhaustible sources provides a better sustainable alternative for the generation of clean electric energy, considerably reducing the adverse effects in the use of these fossil sources. Thus, this research sought to design and implement a piezoelectric prototype, adapting it to a bed frame with the purpose of generating renewable energy by taking advantage of people's body movements. Different tests were carried out in the realization of the prototype looking for the optimal efficiency with respect to the generation of energy per block, which gave an output of 12 - 14 V with a power of 1.68 - 2.52 mW; in addition, the physical-human characteristics of 10 volunteers were evaluated, as well as those of the bed base. The results showed that the designed prototype is capable of generating clean electric energy through the movement of people, but it is not subject to all the physical-human characteristics of these, only to the body mass and in turn depend on the number of movements. Therefore, this study provides a viable alternative in the collection of clean energy, sufficient to power and recharge portable devices such as cell phones and low-power LED lighting.

Keywords: *Piezoelectricity, bedding, renewable energy, body movement, voltage.*

I. INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales son una gran influencia en el crecimiento social, tecnológico y económico en la población actual, esto genera una gran demanda en la explotación y consumo, lo que lleva a cabo una escasez de los recursos que no son renovables como el petróleo, gas natural, carbón, entre otros, llamado combustibles fósiles, de los que se depende para el crecimiento de diversas industrias, como la generación de energía.

La energía por combustibles fósiles ha ocasionado una serie de consecuencias al medio ambiente, ya que está asociado directamente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), por el proceso de combustión. La emisión de CO₂ se encuentra alrededor de 78-80% anual que se emite a la atmósfera y que es parte del proceso de obtención energía por combustibles fósiles (Sánchez, 2018 citando a IPCC, 2014). Estas concentraciones altas de gases de efecto invernadero ha originado una alteración en el medio, llegándose a incrementar la temperatura del planeta, lo que lleva a una serie de consecuencias graves causando diferentes desastres naturales en sitios donde no ocurría (sequías, huaicos, tormentas, huracanes, desbordes, etc.).

Es por ello, para la reducción del cambio climático el mundo tiene que plantear una serie de decisiones que reflejen un impacto en la disminución de este fenómeno, no llegar a que la temperatura del planeta se incremente en 2 °C, requiere que los países deban reducir la intensidad de carbono; lo que implica cambiar la energía obtenida de combustibles fósiles a energía renovable (Pendón, 2017). Estos procesos alternativos de energía no deben implicar o generar un aumento de la contaminación por emisiones, todo ello sin dejar de lado la gran importancia de la demanda energética de los países (López, 2017).

Así mismo la generación de energías renovables como la energía solar, eólica, hidráulica, entre otras aporta un impacto beneficioso en el desarrollo energético, a pesar de la estimación del alto costo de inversión en su implementación, muchas de las economías del mundo han optado por dar de baja a la producción de energía en centrales convencionales dando pase a la

construcción de centrales basadas en recursos energéticos renovables (RER) (Osinergmin, 2019).

En tal sentido es de suma importancia realizar investigaciones relacionadas al sector energético y buscar alternativas de energías renovables que aporten al cuidado del medio ambiente, esto lo menciona Starner, quien es considerado uno de los primeros investigadores que estudió la recolección de energía del movimiento humano, exploró la posibilidad de recuperar la energía producida por los movimientos del cuerpo, durante las actividades cotidianas (Proto, 2016). Esta investigación se planteó el objetivo de implementar un prototipo piezoeléctrico con la capacidad de generar energía eléctrica a partir del movimiento corporal, del cual se basó en 5 etapas a seguir: etapa de recopilación de información, etapa de evaluación, etapa mecánica, etapa electrónica y etapa de prueba y error. Todo ello, basándose en estudios realizados y aplicados de diferentes formas, aportando una idea innovadora, que aprovecha las horas de sueño rutinarias que tiene la persona, generando un tipo de energía sin necesidad de esfuerzo físico ni mental.

Para el desarrollo de la investigación se propone las siguiente problemática, en el cual el **problema general** de la investigación se basa en ¿Cómo generar energía renovable a partir del movimiento corporal mediante el diseño y la implementación de un prototipo piezoeléctrico adaptado en un somier, Lima 2020?, también el **problema específico 1** ¿Cuáles son las características físico-humanas que influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal? así mismo el **problema específico 2** ¿Cuáles son los parámetros para la estimación de potencia que influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal? y finalmente se plantea el **problema específico 3** ¿Cómo influyen las características del somier en la generación de energía renovable?

La presente investigación tendrá un efecto positivo en el medio ambiente, porque generará una fuente de energía renovable que sustituya o disminuya el consumo de la energía eléctrica convencional, además poder aportar en la disminución del uso de combustibles fósiles y reducir la concentración de GEI. Este proyecto aprovecho las horas de sueño y el movimiento que genera las personas,

con la cual se buscó convertir la energía mecánica (movimiento del cuerpo humano) a energía eléctrica, por medio de un prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier.

También, beneficiara a la sociedad ya que al aprovechar las energías renovables contribuimos con el desarrollo de la población más vulnerable que no tiene acceso al servicio energético, brindando una alternativa de energía sostenible. Se resalta que el uso de estos dispositivos es innovador, además de ser amigable con el medio ambiente ofreciendo la posibilidad de potenciar la energía verde en un futuro.

Por último, esta investigación tiene un beneficio económico al poder disminuir el costo energético y uso de energía, por lo que el fin es lograr implementar este dispositivo a un bajo presupuesto que esté al acceso de todos, y que se pueda aplicar en zonas rurales.

Los objetivos de la investigación se plantean de la siguiente manera: como **objetivo general**: diseñar e implementar un prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier para generar energía renovable a partir del movimiento corporal, Lima 2020. También **objetivo específico 1**: Determinar las características físico-humanas que influyen en la generación energía renovable a partir del movimiento corporal; **objetivo específico 2**: evaluar los parámetros para la estimación de potencia que influye en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal; **objetivo específico 3**: analizar las características del somier que influyen en la generación de energía renovable.

La investigación también planteó una **hipótesis general**: el diseño y la implementación de un prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier genera energía renovable a partir de movimiento corporal, Lima 2020. Como también la **hipótesis específica 1**: Las características físico-humanas influyen en la generación energía renovable a partir del movimiento corporal. Seguida de la **hipótesis específica 2**: los parámetros para la estimación de potencia que influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal. Y finalmente la **hipótesis específica 3**: las características del somier influyen en la generación de energía renovable.

II. MARCO TEÓRICO

En la búsqueda de información concerniente al tema, se consultó diversas investigaciones y artículos que se tomaron como base y referencia para darle una mayor relevancia al proyecto, entre estas se tiene a:

DU, X., et al. (2020), desarrolló un sistema convertidor piezoeléctrico (viga voladiza), para la captación de energía cinética generada por las olas del océano (WU, 2015) (MUTSUDA, 2017); este prototipo realiza la conversión de ondas oceánicas de baja frecuencia a frecuencias más altas. Estos autores tomaron como método, los elementos finitos de acoplamiento fluido-sólido-eléctrico, con lo cual identificaron el tipo de relación entre estas variables, también incluye el tamaño y posición del voladizo piezoeléctrico. El resultado de la medición del sistema generó 6.11 V de energía de salida.

KAUR, N.; MAHESH, D y SINGAMSETTY, S. (2020), desarrollaron un recolector de energía renovable a través de la vibración que genera el viento (ORREGO, 2017) (REZAEI, 2014); además de vibraciones de diferentes estructuras (puentes, carretera, etc.), por medio de un sistema piezoeléctrico. Es una investigación experimental, que se realizó en un túnel de viento, que consta de parches de titanio de circonato de plomo unido a voladizos rectangulares y trapezoidales de aluminio expuesto a velocidades de viento. El resultado mostró que hay mayor vibración en la forma rectangular, y la potencia máxima de los prototipos 1 al 4 fue de 4,3428, 11,844, 25,97 y 43,12 mW.

FORERO, E., et al. (2019), estudiaron las diversas características piezoeléctricas capaces de transformar eficientemente la energía mecánica en eléctrica, evaluando propiedades como el voltaje, la potencia y la frecuencia para la generación de electricidad, concluyendo que la geometría cilíndrica del material piezoeléctrico favorece la generación de un mayor potencial eléctrico entre los electrodos del dispositivo, considerando un aumento de 99.53% con respecto a la geometría de plano delgado, además se recomendó que el material a utilizar en la fabricación del dispositivo sea PMN-PT, por sus características.

ZHOU, M., et al. (2020), tiene como objetivo el uso de extensiones elásticas para la mejora del rendimiento de un cosechador piezoeléctrico. La investigación es descriptiva, se basa en simulaciones a través del modelo matemático de vigas de Euler-Bernoulli, para la investigación de la influencia de parámetros como relación de rigidez a la flexión λB , relación de longitud λ y relación de densidad de línea λ . Los resultados muestran que la extensión elástica mejora el movimiento del dispositivo como también el rendimiento.

VELÁSQUEZ, et al. (2020), estudio el diseño, construcción y prueba experimental de una baldosa con materiales piezoeléctricos conectado a un haz en voladizo que genera electricidad en base en el movimiento de los peatones (Kim, 2015). Fue un estudio experimental que complementa un tipo de formulación analítica para medir los niveles de deformación, que permite estudiar la fatiga en haces de cosechadora de energía piezoeléctrica. Los resultados mostraron un voltaje de salida de 25 V, esto se debió al uso del haz en voladizo que permite generar un mayor voltaje.

DĄBROWSKA y GRESZTA (2019), analizaron diferentes investigaciones de recolectores de energía implementado en las prendas de vestir, entre algunos tipos que mencionan se tiene a las redes inalámbricas de sensores, cosechadora a partir del movimiento humano, diferencias de temperatura y cosechadora a través de la radiación solar. Esta investigación resaltó el trabajo de Kim y Yun, que realizaron un conjunto de ropa interior que utiliza elementos piezoeléctricos para generar energía, este prototipo ubica los elementos piezoeléctricos en el codo, hombro, cadera y rodilla; generando una potencia de salida máxima de 1,42 mW en una frecuencia de 1Hz y la resistencia de 3 M Ω . Se concluye que las cosechadoras de energía en el fenómeno piezoeléctrico tienen una mayor eficiencia en las prendas, además la energía de salida va depender de la frecuencia del movimiento.

HANIF, N., et al. (2018), en la investigación estimó la cantidad de electricidad producida para encender dispositivos portátiles usando un actuador piezoeléctrico, se diseñó un prototipo con la capacidad de cosechar la energía cinética humana, analizando las frecuencias naturales. El resultado estimó que podría generarse una cantidad de energía máxima de 250 μ W con hasta salida de 5.5 V DC.

WENYING, C., et al. (2018), tuvieron como objetivo comparar dos tipos de cosechadoras de pandeo piezoeléctricas, configuradas horizontal y vertical, adaptada al talón de los zapatos, para ello se utilizó el difluoruro de polivinilideno (PVDF) que es el tipo de material más común, además en comparación con otro tipo de material de Titanato de circonato de plomo, tiene una mayor flexibilidad. Se comparan 2 prototipos, el prototipo 1 se adecua a un tipo común en estudios anteriores, por lo que el prototipo 2 se compara con el 1. En el prototipo 2 (cosechadora tipo C) se ajustará tres especificaciones de altura, por lo que se denominará prototipo 2a, 2b y 2c. Los resultados mostraron que el prototipo 1 tuvo un voltaje de salida pico de 2V, de igual manera el prototipo 2a, 2b y 2c tuvieron un voltaje pico de 1.8 V, 2.1 V y 3 V respectivamente.

KIM, I., et al. (2017), Investigaron las características de un recolector de energía en forma de L y propusieron el método de diseño de ajuste geométrico, el cual consiste en una viga en voladizo piezoeléctrica, con un sistema que tiene movimiento de flexión y torsión, la longitud total de la barra rígida es de 140 mm, y la separación de cada orificio es de 30 mm, en un estudio experimental, se midió y comparó el voltaje de salida normalizado por la aceleración. Los experimentos mostraron que las frecuencias naturales fundamentales del sistema son correspondientemente 17, 13.3, 11.4 y 9.2Hz. Este resultado es ligeramente diferente en comparación con los resultados del análisis modal (es decir, 16.5, 14.5, 11.8 y 9.5Hz). Es decir, la frecuencia de resonancia disminuye a medida que avanza la ubicación de la masa, concluyendo que podemos diseñar fácilmente la cosechadora que tenga una frecuencia específica cambiando la ubicación de la masa en la barra rígida.

ABBASIPOUR, M., et al. (2019), tuvieron como objetivo aumentar las propiedades piezoeléctricas y piroeléctricas de las nanofibras de fluoruro de polivinilideno (PVDF), usando nanofillers específicos, el procedimiento consistió en combinar los nanotubos de óxido de grafeno (GO), grafeno y halloysita con diferentes concentraciones (0, 0,05, 0,4 y 1,6% peso / peso) con solución de PVDF luego se fabricaron en forma de nanofibras mediante electrohilado. Las propiedades piezoeléctricas de las muestras se evaluaron mediante pruebas de flexión en donde los resultados experimentales mostraron que agregar nanofillers

podría mejorar las propiedades piezoeléctricas y piroeléctricas de todas las muestras, asociadas con el incremento de β - fase en las nanofibras. Concluyendo que al agregar nanofillers podría aumentar la piroelectricidad aproximadamente un 50% más que la piezoelectricidad en la red de nanofibras de PVDF, El PNG que contenía 1,6% en peso de GO mostró la mayor eficiencia en términos de piezoelectricidad y piroelectricidad.

ČEPONIS, A. y MAŽEIKA, D. (2017), propusieron un diseño de cosechadora de energía consta de cinco voladizos formando un sistema de tipo cuadrado, en la cual presentaron resultados de investigaciones numéricas y experimentales relacionadas con la cosechadora de energía piezoeléctrica que funciona en modo multifrecuencia, estos revelaron que la cosechadora tiene cinco frecuencias de resonancia con un rango de 15 Hz a 300 Hz. Además, el análisis numérico de la cosechadora determinó que la densidad de voltaje de circuito abierto más alta es (19.85mV / mm³); por otro lado, la densidad de la energía eléctrica total alcanzó (27.5 • J / mm³). Concluyendo que las propiedades de respuesta de frecuencia se obtienen durante la investigación numérica demostrando que la densidad de energía de todo el sistema alcanzó (30.8 • J / mm³).

SHAHAB, S., et al. (2018), compararon el rendimiento de cerámicas piezoeléctricas entre blandas, duras y cristales individuales para la generación de energía basándose en la vibración aleatoria de banda ancha y fuera de resonancia limitada, se encontró que las cerámicas piezoeléctricas blandas basadas en Titanato de Zirconato de plomo (p. Ej., PZT-5H y PZT-5A) superan a su contador duro partes (p. ej., PZT-4 y PZT-8), y también cristales individuales blandos basados en niobato de plomo y Titanato de plomo y PZT (p. ej., PMN-PT y PMN-PZT) superan a los relativamente duros (p. ej., manganeso dopado PMN-PZT-Mn). En general, para tales vibraciones aleatorias fuera de resonancia, las cerámicas piezoeléctricas duras ofrecen una mayor potencia de salida en comparación con las cerámicas blandas. Concluyendo que PMN-PT entre los materiales estudiados es el más recomendado.

BUTT, Z., et al. (2016), desarrollaron un modelo analítico simple de cosechadora de energía piezoeléctrica, con un solo grado de libertad para determinar el voltaje de salida del Titanato de circonato de plomo (PZT-5A),

adaptada de forma rectangular en varias condiciones de frecuencia y carga, ofreciendo un enfoque sencillo para diseñar e investigar el comportamiento del material piezoeléctrico, este modelo se verificó sobre la base de los resultados experimentales y de simulación, obteniendo una tensión de salida máxima de 4.435 V esta se calculó a una resistencia de 50 Hz, 20 N y 1 Ω .

HE, W., et al. (2019), propusieron un transductor de platillo en modo de corte para convertir la energía de vibración en energía eléctrica. La cosechadora se compuso de una matriz piezoeléctrica, dos tapas de latón, masa añadida y una placa de aluminio, los resultados arrojaron que cuando la frecuencia aumenta de 20 Hz a 38 Hz, el voltaje de salida exhibe un valor mínimo de 19.44 mV y un valor máximo de 19.93 mV. Para validar el rendimiento de la estructura propuesta la parte experimental del estudio arroja en el mismo rango de frecuencia un voltaje de salida con una variación de un rango de 11.69 mV y 12.12.

PROTO, A., et al. (2016), compararon dos transductores piezoeléctricos diferentes: un piezoeléctrico cerámico, Titanato de circonato de plomo (PZT) y un fluoruro piezoeléctrico polimérico, polivinilideno (PVDF), con la capacidad de cosechar energía mecánica durante las actividades diarias de las personas (Ylli, 2015) (Li, 2015); los transductores se colocaron en un traje ajustado cerca de las articulaciones del cuerpo humano, en la cual la prueba inicial se realizó colocando los transductores en el cuello, hombro, codo, muñeca, cadera, rodilla y tobillo; luego, se eligieron las actividades básicas (caminar, trotar, correr, subir y bajar escaleras,) para las pruebas. Los valores de la potencia de salida medidos durante las cinco actividades estuvieron en el rango 6 μ W – 74 μ W utilizando ambos transductores para cada articulación; comparando los resultados, la tecnología PZT suave es más eficiente que PVDF en cuanto a potencia de salida generada; sin embargo, la tecnología PVDF es más cómoda para el portador del dispositivo.

LEINONEN, M., et al. (2016), investigaron la aplicación de pre esfuerzo mecánico instalando una cosechadora de energía con diafragmas bimorfos multicapa que estaban pretensados mecánicamente dentro de una funda, y su funcionalidad se probó dentro de una zapatilla para correr, obteniéndose una potencia promedio de 6.0 mW al correr a 12 km/h con una persona de prueba cuyo peso era de 67 kg, se midió que la salida de potencia promedio más alta de cuatro

bimorfos conectados en paralelo era de 11.30 mW a una frecuencia de compresión de 1.07 Hz, estos resultados muestran que los diafragmas piezoeléctricos apilados y pretensados de tipo bimorfo pueden proporcionar una estructura suficientemente compacta y eficiente para cosechar cantidades útiles de energía; suficiente, por ejemplo, para alimentar y recargar varios dispositivos portátiles y sensores en futuras aplicaciones.

XIONG, X. y OYADIJI, S. (2017), diseñaron una cosechadora de energía de vibración piezoeléctrica multimodal la cual consiste en una viga base en voladizo y algunas vigas de capa superior e inferior con masas rígidas unidas entre las vigas como espaciadores la reubicación de las posiciones de masa conduce a la generación de hasta cuatro frecuencias de resonancia cercanas en el rango de frecuencia de 10 Hz a 100Hz con una potencia de salida relativamente grande. Los cosechadores están conectados con una caja de década de resistencia y se determinan las funciones de respuesta de frecuencia del voltaje y la potencia en cargas resistivas.

CHEW, Z. y ZHU, M. (2019), presentaron un sistema de adaptación auto configurable rectificador para aumentar las vibraciones que tiene el cosechador de energía piezoeléctrica y mejorar la eficiencia. Fue un estudio experimental en el que el circuito propuesto se configura como un duplicador de voltaje, para que el voltaje de salida de la cosechadora de energía piezoeléctrica aumente, para que cumpla con el voltaje de funcionamiento mínimo (energía de baja tensión). Se concluye que el rectificador propuesto permite que el circuito recolecta energía con vibraciones más altas, por lo que tiene una mejor eficiencia en el desarrollo.

UCHINO (2018), proporcionó estrategias integrales de mejoramiento de la eficiencia de los sistemas de recolección de energía, basándose en investigaciones históricas sobre tecnología piezoeléctrica así como varios conceptos erróneos de los investigadores actuales referente al tema; para ello se basó en los sistemas detallados y paso a paso de análisis de flujo de energía con dispositivos basados en titanato de circonato de plomo (PZT), considerando tres fases: adaptación de impedancia mecánica, transducción electromecánica y adaptación de impedancia eléctrica; resaltando que el transductor de platillo se emplea para la recolección de

energía de vibraciones mecánicas de alta potencia, mientras que el compuesto de macro fibra MFC es adecuado para una pequeña vibración de energía flexible.

STUBER, V., et al. (2019), realizaron una investigación sobre los recolectores de energía piezoeléctrica vibratoria con la finalidad de reemplazar las baterías en los sistemas de sensores integrados, tomando en cuenta tanto la carga piezoeléctrica como el coeficiente de voltaje. Los materiales piezoeléctricos comúnmente utilizados se basan en cerámicas inorgánicas, como el Titanato de circonio y plomo (PZT), ya que exhiben altos coeficientes piezoeléctricos, sin embargo estos tienen deficiencias al ser frágiles, es por ello que fabricaron fibras cerámicas cuasi 1–3 de potasio niobato de litio y sodio (KLN) en un polietileno flexible, demostrando que los materiales son respetuosos con el medio ambiente, libres de plomo y mecánicamente pueden reemplazar los materiales cerámicos de última generación en cosechadoras piezoeléctricas de energía vibracional.

FANG, M., et al. (2018), diseñaron un sistema de recolección de energía de vibración piezoeléctrica autoadaptativa, basado en un voladizo vertical con el fin de obtener el estado homogéneo de tensión, con una distribución uniforme de la tensión, Los voladizos piezoeléctricos de la cosechadora de micropoder propuesta se basan en la gran desviación de los voladizos y las longitudes de los voladizos pueden cambiar, todas las partes de los materiales piezoeléctricos se pueden utilizar de manera efectiva y, por lo tanto, se puede mejorar la eficiencia de recuperación de energía. La estructura asimétrica fue adoptada para lograr la autoadaptación.

AL-HAIK, M., et al. (2018), realizaron una investigación experimental aplicada en una cosechadora de energía basada en piezo-electricidad integrada y un dispositivo de almacenamiento de energía orgánica. La energía se extrae de un haz unimorfo compuesto vibrante. Este dispositivo de almacenamiento está hecho de un material semiconductor orgánico y elementos de almacenamiento a partir de nanopartículas sintetizadas. El polímero semiconductor se obtiene mezclando poli (alcohol vinílico) y poli (ácido acrílico) en polímeros de estado cristalino con sorbitol que actúa como plastificante. Las nanopartículas de óxido de zinc con un diámetro de entre 50 y 70 nm se utilizan como elementos de almacenamiento de carga. Un elemento de generación de energía piezoeléctrica hecho de compuesto de

macrofibra se utiliza para cosechar la energía del haz vibrante. La energía cosechada se almacena en el condensador orgánico. El rendimiento del dispositivo orgánico se evalúa a través de su comparación con condensadores comerciales. Los resultados mostraron que el voltaje producido fue lo suficientemente alto como para almacenar la energía cosechada en el condensador orgánico.

ZURITA (2017), tuvo como objetivo de investigación aprovechar la energía almacenada en los seres humanos a través de un prototipo que convierte un sistema mecánico a eléctrico adaptado a una bicicleta convencional, la cual será utilizado en dispositivos de bajo voltaje. Fue un estudio aplicado y experimental, los instrumentos empleados fueron medidores externos como el osciloscopio, multímetro y oxímetro para validar la información de los componentes que integran el sistema. El resultado mostró una intensidad de corriente generada de 2.63 A y un valor de voltaje de salida de 15.5 V, lo que genera una potencia de 40.77 W; concluyendo que este prototipo genera energía sustentable, aunque tuvo un costo elevado.

FISCHER y DUARTE (2018), analizaron las implementaciones de sistemas piezoeléctricos que sean sustentables para la obtención de energía eléctrica en centros urbanos. Fue un estudio descriptivo a través de recopilación de bibliografía, el análisis comparó diferentes publicaciones de revistas de la página Web of Science relacionadas al tema, la investigación constó de tres etapas: determinar y calcular la potencia eléctrica, evaluar los diferentes fabricantes de losas, determinar el tipo de batería y por último evaluar la rentabilidad del proyecto. Los resultados mostraron que el proyecto tiene un alto costo de implementación, esto se debe a que este tipo de método aún se encuentra en proceso de desarrollo y el costo de equipos es alta dependiendo el lugar a implementar. Se concluyó a través del análisis que el proyecto no se considera rentable comparado con el precio de la energía en centros urbanos.

MELGAREJO Y LOZANO (2018), tuvo como objetivo el diseño de una plantilla para el calzado usando un sistema piezoeléctrico que produzca energía eléctrica capaz de realizar la carga de batería de dispositivo móvil (Yi, 2016). Fue una investigación aplicada y experimental, se desarrolló el prototipo considerando el punto de más apoyo de la planta del pie, lo cual va depender la distribución de la

carga corporal de cada persona. Los resultados mostraron un voltaje obtenido al caminar de 4.5 V en 1100 pasos dados en un tiempo de 12 minutos, esto realizó la carga del celular en 15% de su capacidad.

NUÑEZ (2018), evaluó la capacidad del uso de energía renovable para reducir tanto el consumo de energía convencional como el monto de la factura mensual por consumo energético de la discoteca La Cayet (Bolaños, 2016). Fue un estudio aplicado y pre-experimental, se evaluó la instalación del dispositivo en un área de 15 m², en donde permanecen un promedio de 75 personas con pesos aproximados de 65 kg dentro de la pista de baile; los instrumentos empleados fueron la guía de observaciones y el cuestionario previa a la instalación de los generadores piezoeléctricos. El resultado más resaltante fue la obtención de una potencia instalada de 413 W en la pista de baile, concluyendo la efectividad del dispositivo con el medio ambiente además que al instalarlo se genera un ahorro en la facturación mensual de s/. 91.03 estimando la recuperación del capital en 9 años con 4 meses.

De las investigaciones referidas, se consideró diversas definiciones, empezando con los diferentes tipos de energía.

Los tipos de **energías renovables** son aquellas que se pueden utilizar de manera ilimitada, permaneciendo constante e inalterable en cuanto a su cantidad en el entorno, algunos ejemplos son, el movimiento del agua, del viento, la energía del interior de la tierra, del sol, así también la bioenergía o biomasa, la cual mediante un proceso adecuado puede regenerarse a medida que se use (Coxtinica, 2015). Estas energías útiles pueden sustituir a la energía convencional, que es generada mediante la quema de combustibles fósiles, que son recursos que se encuentran depositados en el subsuelo y que se forman durante millones de años, producto de materiales orgánicos (EPA, 2018).

Los **combustibles fósiles** o no renovables son recursos utilizados en su gran mayoría por países desarrollados como subdesarrollados que dependen de esta para su crecimiento y funcionamiento, pero este tipo de recurso trae consigo altos impactos en el medio ambiente generando emisiones de GEI, que están

compuestos por (CO₂, CH₄, N₂O, etc.), los cuales se encuentran en el ambiente por las diversas actividades antropogénicas, estos han aumentado su concentración, contribuyendo con el calentamiento global (OSINERGMIN, 2017). Una de las energías que últimamente se está aprovechando, es la que genera el cuerpo humano al realizar actividades cotidianas como correr, caminar, trotar o ejercitarse, por lo que el cuerpo humano tiene un potencial de recolección de energía mecánica abrumador; la energía mecánica es considerada, como la sumatoria de la energía cinética (movimiento) y potencial (posición), en relación con un cuerpo con masa (Coxtinica, 2015),

A continuación, se presenta la tabla 1, la energía humana consumida en diferentes actividades en la cual hace mención la actividad rutinaria del descanso del ser humano, que indica la potencia de energía producida en vatios, esto demuestra la factibilidad de aprovechar esta actividad para generar energía renovable.

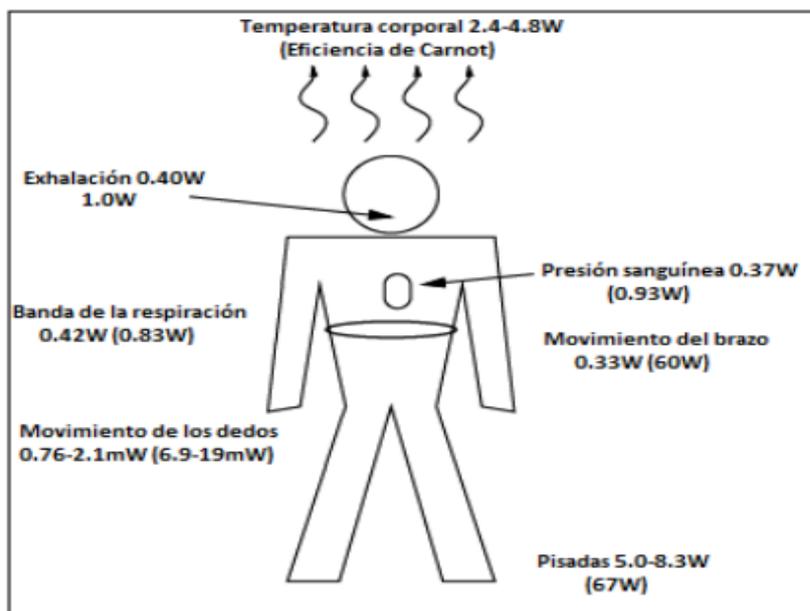
Tabla 1. *Kilo cal/h consumidas por actividad específica*

Actividad	Kilocal/hr	Vatios
Dormir	70	81
Estar quieto	80	93
Estar sentado	100	116
Estar de pies comodamente	110	128
Hablar	110	128
Comer	110	128
Dar un paseo	140	163
Conducir	140	163
Tocar violín o piano	140	163
Hacer aseo	150	175
Trabajar en carpintería	230	168
Realizar senderismo 4mph	350	407
Practicar natación	500	582
Practicar montañismo	600	698
Correr	900	1048
Hacer un sprint	1400	1630

Fuente: Sepúlveda (2014)

Para complementar la tabla 1, la figura 1 detalla el consumo de energía por actividad rutinaria de las personas, como respirar, movimiento del brazo, la presión sanguínea, entre otras que se visualiza, además se observa la energía que se

puede reaprovechar para diferentes usos, tales como iluminación de focos led y carga de dispositivos de baja potencia.



Fuente: Sepúlveda (2014)

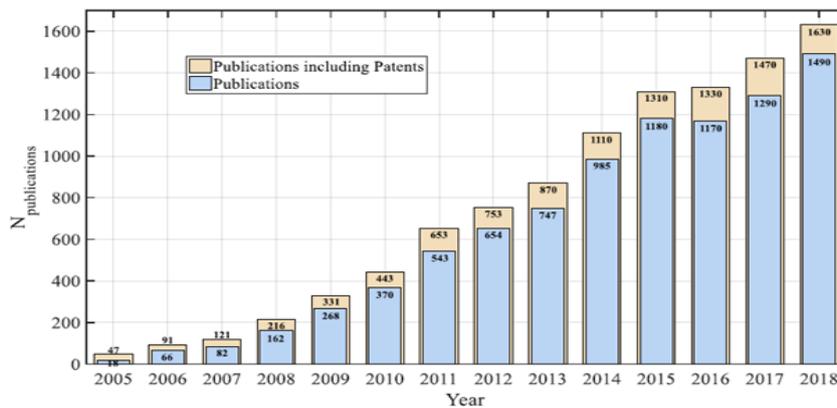
Figura 1. *Energía generada en actividades rutinarias*

Investigadores han estudiado las formas de extracción de energía en base a fuentes naturales, como la luz, sonido, vibración, etc., entre estas una que se ha visto con mayor énfasis de investigación es la vibración, que tiene un potencial energético aprovechable por la volubilidad y la abundancia que está presente en la naturaleza; existen una variedad de tipos de vibraciones, como el movimiento humano, el agua, movimientos rotativos (mareas, olas), viento, y otros. Estos tipos, se caracterizan por generar variaciones de frecuencias y amplitudes, pero generalmente son de frecuencia baja y con una gran amplitud, además de ser multidireccionales (movimientos cíclicos) (Halim, 2019). Las vibraciones naturales en forma de energía mecánica pueden ser transformadas efectivamente a energía eléctrica empleando dispositivos de transducción electromagnética, que pueden ser piezoeléctrico, electrostática, magnetostrictivo/ magneto eléctrico y electromagnético (Elvira-Hernández, 2018).

Estos transductores también llamados recolectores de energía resonante, son mecanismos capaces de realizar la conversión de energía mecánica, relacionada a

una fuente de vibración directa, tienen la funcionalidad de ser materiales (cerámicos, polímeros, cuarzo, etc.) que al estar sujetos a deformaciones o presiones (provocadas por vibraciones mecánicas) producen un voltaje eléctrico (Costano y Vitelli, 2020). De igual manera, estas no solo pueden generar electricidad a través de las presiones que se pueden dar, sino también es posible en las condiciones opuestas (Büyükkeskin, 2019).

Como detalla la figura 2, entre los años 2005 - 2018 se evidencia un avance considerable en cuanto a publicaciones de investigaciones que incluso cuentan con patentes sobre recolectores de energía por vibración.



Fuente: Constanzo (2020)

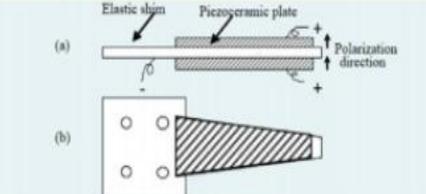
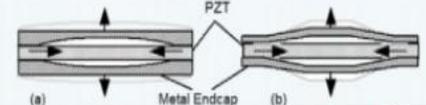
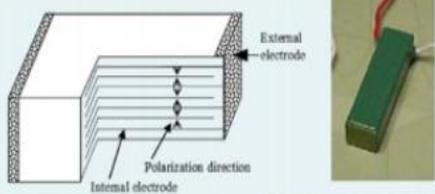
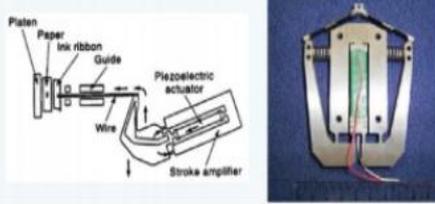
Figura 2. Publicaciones científicas anuales sobre recolectores de energía por vibración.

A una gran escala convencional, estos transductores de vibración están basados en técnicas electromagnéticas, mientras que a una escala pequeña los transductores electrostáticos y piezoeléctricos son una técnica más práctica y más adecuada; en el tipo electrostático y el piezoeléctrico la principal diferencia entre estas dos técnicas de recolección de energía es que uno se basa en depender de una fuente de alimentación directa, mientras que la piezoeléctrica no, esta depende de una fuente natural de energía (autosustentable) (Proto, 2016).

Los dispositivos piezoeléctricos o también llamados dispositivos de energía de vibración resonante piezoeléctrica (PVEH), cuenta con características únicas como el poseer altas densidades de energía, capacidad de generación autónoma, además que son sensibles, ligeras, delgadas en peso y compacto, y que su

estructura es fácil de manejar, que puede ser adaptable a otros dispositivos (Zhao. et al, 2020).

A continuación, en la figura 3, se muestra a detalle los diseños más prometedores actualmente recomendados para desarrollar este tipo de investigaciones.

Device Design	k_{eff} (%)	Response
Unimorph/ Bimorph 	10%	0.5 – 2 kHz
Moonie/ Cymbal 	30%	10 – 40 kHz
Multilayer 	70%	50 – 300 kHz
Multilayer + Hinge Lever 	70%?	1 – 20 kHz

Fuente: Uchino (2018)

Figura 3. Diseños prometedores de dispositivos piezoeléctricos para aplicaciones de recolección de energía.

III. METODOLOGÍA

3. 1. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, de acuerdo con el CONCYTEC una investigación de este tipo determina, a través del conocimiento científico, los medios (tecnologías, metodologías y protocolos) por los cuales se puede cubrir una necesidad reconocida y específica. (2018, p. 7). Por su parte Lozada (2014) manifiesta que la investigación aplicada tiene por objetivo generar conocimiento aplicado tanto directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo, generando un valor agregado por la utilización del conocimiento que proviene de la investigación básica. La investigación analizó las variables según las teorías estudiadas que define “Piezoeléctrico” como la generación de energía, por presión, a través de la conversión de energía mecánica (Fischer y Duarte, 2018); también energía renovable que se entiende por toda forma de energía producida a partir de fuentes de energía inagotable de manera sostenible. (Osinergmin, 2019. citando a IRENA, 2016).

Por otra parte, el nivel de la investigación fue explicativo, ya que estableció una relación entre dos variables, en este caso el prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier influyó en la energía renovable de salida a partir del movimiento corporal.

Finalmente, el diseño fue experimental, definiendo a los diseños experimentales como el método, procedimiento o conjunto de reglas para asignar los tratamientos aleatoriamente a las unidades experimentales (Gabriel, 2017). Esta investigación fue experimental ya que estableció en principio la etapa de recopilación de información basándose en artículos e investigaciones relacionadas al tema; en la etapa de evaluación se determinó las propiedades piezoeléctricas que influyen en el prototipo como también el material piezoeléctrico con mayor eficiencia en recolección de energía basándose en recomendaciones de estudios realizados; además se evaluó el tipo, tamaño y forma del somier como las características físicas (masa, índice de masa corporal, altura, tiempo de descanso y edad) como la posición al dormir de las personas, tomando como referencia a 11 personas voluntarias entre hombres y mujeres para realizar esta actividad cotidiana (dormir); la etapa mecánica consistió en los ensayos realizados para la obtención

del modelo de los bloques y la verificación de su funcionamiento, al obtener los resultados deseados se realizó el armado del circuito con los materiales piezoeléctricos y la batería a emplear, este prototipo listo se adaptó debajo del colchón del somier; en la etapa eléctrica se midió el funcionamiento del circuito que contó con un regulador de salida de energía y una batería para el almacenamiento de la energía cosechada, la cual fue medida con un multímetro corroborando que la potencia fue suficiente para alimentar dispositivos de bajo voltaje como celulares, lámparas, luminaria led, etc.

3. 2. Variables y operacionalización

Este proyecto experimental manipulo estímulos, intervenciones, influencias o tratamientos, de los cuales se denominan variables dependientes, para analizar estos efectos del proyecto se tomó en cuenta posibles situaciones de control y manejo, el cual será la variable dependiente. (Hernández, 2014).

- **Variable dependiente:** Es la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal, esta no se llega a manipular, se cuantifica para observar los cambios que se tiene a través del manejo de la variable independiente y como está afecta a la dependiente.
- **La variable independiente:** Es el diseño e implementación en sí del prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier, que es la que manipula la variable dependiente. Esta variable es considerada la causa entre las dos variables, y al efecto de esta, se le considera como variable dependiente.

(*) La matriz de operacionalización de variables y la de consistencia se visualizan en el Anexo 3 y 4 respectivamente.

3. 3. Población y muestra

En esta investigación, la población y muestra estuvo constituida por un prototipo piezoeléctrico, para la generación de energía renovable conforme al diseño que se observa en la figura 4.

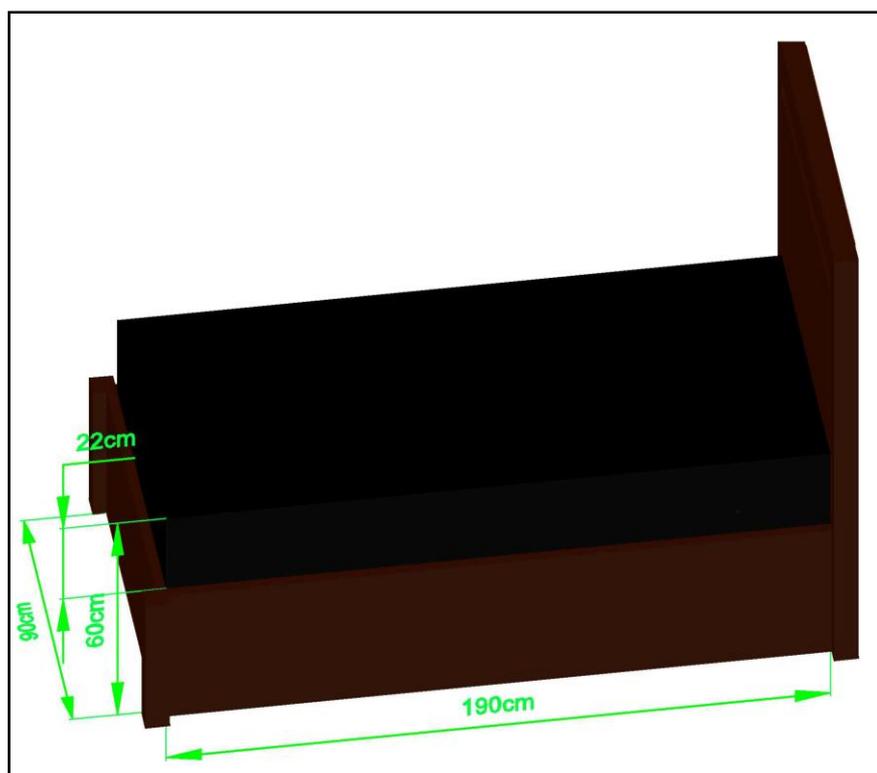


Figura 4. *Modelo del somier – AutoCAD*

3. 4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se plantearon para el desarrollo del proyecto de investigación están detallados en la **tabla 2**.

Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

ETAPAS	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
E1: Determinación de las características y toma de datos personales de los voluntarios	Encuesta	Registro de características físico-humanas de los voluntarios (ANEXO 1)	Información recopilada
E2: Evaluación de la eficiencia del prototipo mediante estimación de potencia	Observación	Registro de estimación de potencia (ANEXO 2)	Información estadística
E3: Obtención de la energía eléctrica final	Observación	Ficha de estimación de energía de salida (ANEXO 3)	Información estadística

3.4.1. Validación de instrumentos de datos

Los instrumentos fueron validados bajo el criterio de especialistas:

- Registro de características físico-humanas de los voluntarios
- Registro de estimación de potencia
- Ficha de estimación de energía de salida

Los especialistas realizaron la evaluación y revisión de cada instrumento basándose en la claridad, objetividad, consistencia, así como la coherencia, en concordancia con lo que se está investigando.

A continuación, se detallan los resultados en la evaluación del porcentaje de validación de los instrumentos para la recopilación de datos y sus respectivos especialistas a cargo de la evaluación, (ver tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de Validación de Instrumentos

CIP N°	NOMBRE DE EXPERTOS	VALIDACIÓN (%)	PROMEDIO DE VALIDEZ
71998	Dr. Benites Alfaro, Elmer	95%	93%
25450	Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio	90%	
56071	Mg. Peralta Medina, Juan Alberto	95%	

De acuerdo con el porcentaje de valoración realizada por los especialistas se obtuvo un resultado significativo del 93%, lo cual nos indica que los instrumentos son válidos y aceptables para el desarrollo del proyecto de investigación que se planteó.

3. 5. Procedimientos

3.5.1. Elaboración del prototipo piezoeléctrico

Para la elaboración del prototipo piezoeléctrico, primero se determinaron los distintos materiales piezoeléctricos, buscando el más adecuado para el diseño del prototipo, el cual fue adaptado al somier; para ello se tomó como referencia las recomendaciones de investigaciones anteriores en las cuales emplearon estos materiales siendo los más recomendados: PZT (ZIRCONATO TITANATO DE

PLOMO) y PVDF (DIFLUORURO DE POLIVINILIDENO), para este proyecto se empleó el PZT, en forma de discos cerámicos piezoeléctricos.

A continuación, se detalla una lista con los tipos de materiales piezoeléctricos en la tabla 4.

Tabla 4. *Materiales piezoeléctricos*

N°	TIPO DE MATERIAL
01	PZT-5H
02	PZT-5A
03	PMN-PT
04	PMN-PZT
05	PMN-PZT-Mn
06	AZO
07	ZnO
08	AIN
09	PVDF
10	PIEZO COMPUESTOS

En el proceso del diseño del prototipo también se evaluó las características del somier, tomando como referencia el de una 1 plaza, con un material de espuma y cubierta de tela, se detalla las especificaciones en la **tabla 5**, realizándose las mediciones respectivas y plasmándolas en un modelo 3D AUTOCAD.

Tabla 5. Características del somier

LARGO	1.9 m	190 cm
ANCHO	0.9 m	90 cm
GROSOR	0.11 m	11 cm
ALTURA NIVEL PISO	0.6 m	60 cm
VOLUMEN	0.3762	37.62 cm ³
ÁREA	1.71	171 cm ²

Fuente: *Elaboración propia*

Luego de realizar estos procedimientos se buscaron los materiales necesarios para el desarrollo del prototipo piezoeléctrico y su funcionamiento, a continuación, se detalla todos los materiales empleados en la Figura 5.

HERRAMIENTAS - MATERIALES

- ✓ Discos piezoeléctricos
- ✓ Multitester
- ✓ Estaño
- ✓ Cautil
- ✓ Cuchilla
- ✓ Pasta de soldar
- ✓ Alicate de corte
- ✓ Colchón de 1 plaza
- ✓ Tarima
- ✓ Sabanas
- ✓ Almohada
- ✓ Lámpara
- ✓ Balanza
- ✓ Cojín
- ✓ Cinta aislante
- ✓ Cable RJ45
- ✓ Diodos
- ✓ Capacitores
- ✓ Leds
- ✓ Batería
- ✓ Transformador
- ✓ Wincha
- ✓ Libro de apuntes

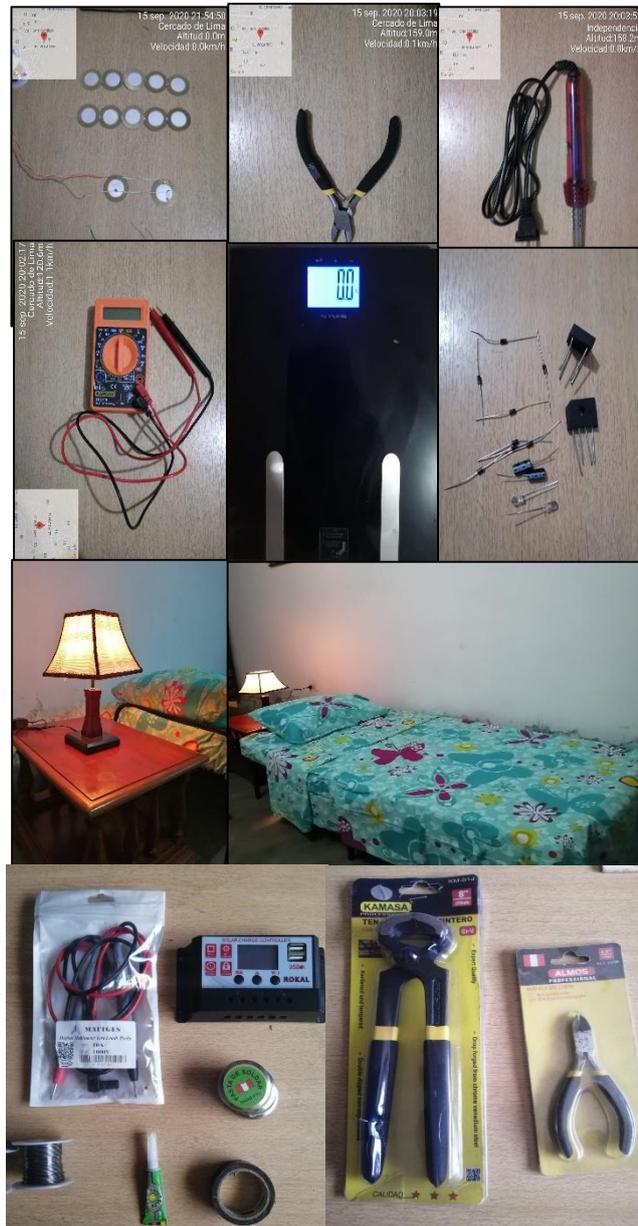


Figura 5. Herramientas y materiales para la ejecución del proyecto

En el proceso del desarrollo del proyecto se implementó el laboratorio para las pruebas experimentales, armando el somier de acuerdo con las características establecidas, como se muestra en la figura 6.



Figura 6. *Implementación del laboratorio para la ejecución del proyecto*

Una las características del sensor a tener en cuenta, es que los discos piezoeléctricos al ser sometidos a una presión, tienen una variación en la polaridad de sus cargas, ya que al estar en estado normal su carga es (+) en la parte central, pero al ser sometida a presión esta carga se vuelve (-), es por ello que se debe instalar un diodo rectificador de onda completa para aprovechar la energía eléctrica generada al someter a presión mecánica y retirar la presión mecánica como se muestra en la Figura 7.

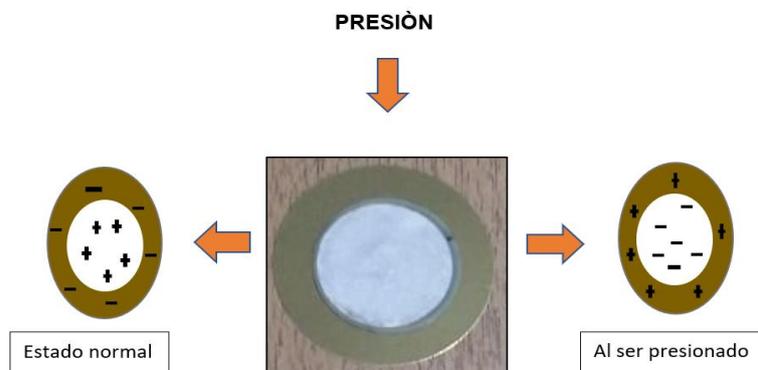


Figura 7. *Polaridad de los discos piezoeléctricos*

La tabla 6, detalla las características físicas del disco piezoeléctrico utilizado.

Tabla 6. *Características del disco piezoeléctrico*

Características del disco piezoeléctrico
Disco cerámico piezoeléctrico 35 mm
Ref. DH35.453/35
Dimensiones A 35 mm
B □ 25 mm
C 0'50 mm
Frecuencia de resonancia 3'3 kHz

Para calcular la potencia (watt), se tiene que medir la generación de voltaje y amperaje por sensor (unidad), así poder iniciar con el armado de los bloques, teniendo en cuenta si lo recomendable es que cada tira vaya en serie o en paralelo (en serie, se suman los voltajes mas no los amperes; en paralelo se suman los amperes, pero no el voltaje)

Al construir el sistema generador piezoeléctrico, el cual está constituido de discos cerámicos PZT (ZIRCONATO TITANATO de Plomo), se realizó ensayos para obtener valores reales de generación de energía piezoeléctrica, se midió tensión y corriente de los discos piezoeléctricos obteniendo los valores que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. *Generación de discos piezoeléctricos*

Nº DISCOS PIEZOELÉCTRICOS	VOLTAJE OBTENIDO	AMPER GENERADO
1	3.6 V	6 uA
6 (EN SERIE)	12 - 17 V	0.035 mA
2 tiras (EN PARALELO)	12 - 17 V	0.07 mA

Para la generación de energía piezoeléctrica, se midió el voltaje de un disco piezoeléctrico como se evidencia en la Figura 8.

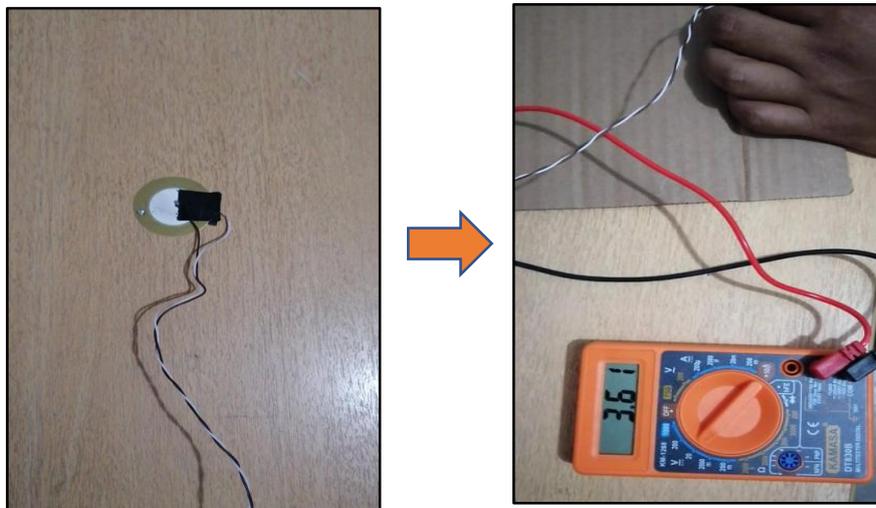


Figura 8. *Medición de un disco piezoeléctrico*

Luego se soldaron 6 discos piezoeléctricos en serie, con el fin de incrementar el voltaje de los sensores, figura 9.

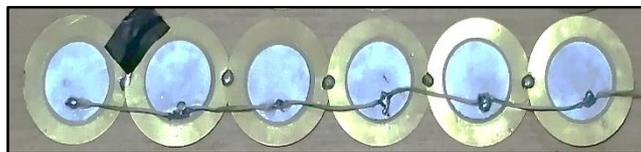


Figura 9. *Conexión en serie de discos piezoeléctricos*

Posteriormente se realizó la conexión en paralelo de 2 tiras (figura 10) de la conexión en serie, para que el voltaje se mantenga, pero el amperaje se suma (Ver tabla 7).

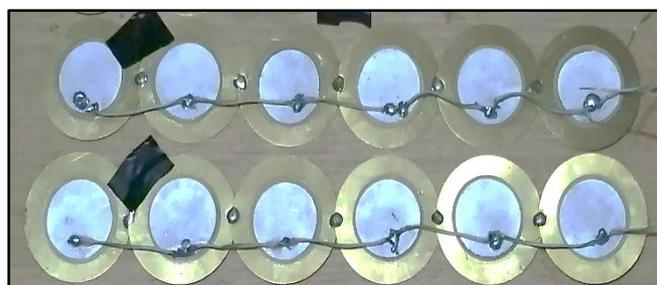


Figura 10. *Conexión en paralelo de discos piezoeléctricos*

Realizado estas mediciones, se pasó a las pruebas experimentales, una serie de ensayos para comprobar el funcionamiento de los bloques, y manejar cambios según los resultados de estos.

ENSAYO Nº 1: PLANCHA DE MADERA

En este ensayo se formó 6 tiras con 6 sensores en serie, unido en paralelo cada tira, como se muestra en la figura 11, adicional a ello se colocó una superficie de tecnopor en la cubierta de esta plancha.





Figura 11. *Prueba de ensayo 1*

OBSERVACIONES:

- ✓ La presión de esta plancha arrojó 2.3 – 3 v, por teoría nos debió generar de 12 – 17v por plancha con un amperaje de 0.22 mA.
- ✓ La presión que se ejerció no era equitativa, no se presionaba a todos los sensores a la vez.
- ✓ El tecopor utilizado, se deformaba al realizar la presión, por lo que no es un material apropiado.
- ✓ El cable utilizado UTP (Unshielded Twisted Pair) o cable de par trenzado no ayudaba en el manejo de cada tira, por lo que se colocó cinta aislante para inmovilizar los sensores.

El ensayo 1 mostro dificultades, se corrigieron las observaciones y se generó ideas, para que todos los sensores en una plancha fueran presionados a la vez, además de la mejora de la soldadura y el manejo del sensor.

ENSAYO 2: TIPOS DE RESORTES

Para realizar este ensayo se probó diferentes tipos de resortes (revisando antecedentes), de esta forma se quería resolver que la presión que se ejercía fuera distribuida a cada sensor por igual, en la figura 12, se muestra los tipos de resortes que fueron pegados en una plancha de madera (1 resorte por cada sensor) y probados en una tira de sensores.



Figura 12. Prueba de ensayo 2

OBSERVACIONES:

- ✓ De los resortes probados solo un tipo de resorte funciono según lo esperado, dando un voltaje de 12 – 17 v, las características de este resorte son: 2.3 cm de largo y 0.8 cm de diámetro.
- ✓ Los otros tipos de resortes eran muy largos, la presión que se necesitaba era mayor, que en algunos casos el resorte se despegó de la plancha de madera.
- ✓ Resortes con un diámetro más ancho, chocaban con los cables soldados, por lo que no generaban el voltaje adecuado.
- ✓ Habiendo probado con una hilera, se implementó el bloque sobre una caja de madera, con los resortes pegados en la tapa de la caja de tal modo que presionen los discos piezoeléctricos y se obtenga el voltaje deseado.

Los resortes, deben hacer presión en la parte central del sensor, sin que este choque con el cable soldado, para que realice un buen funcionamiento y arroje el voltaje con el amperaje deseado.

ENSAYO Nº 3: RESORTES ADAPTADOS A LAS PLANCHAS DE MADERA

En este ensayo se adaptaron los resortes a las planchas de madera (figura 13), utilizando pegamento; con lo cual se buscó ejercer una mayor presión sobre cada uno de los discos piezoeléctricos (individualmente), los cuales se adaptaron en filas sobre la base de la caja de madera; aplicando presión sobre estos bloques, arrojó un voltaje de entre (3V - 4V), el cual no fue suficiente para lograr el funcionamiento del prototipo piezoeléctrico.

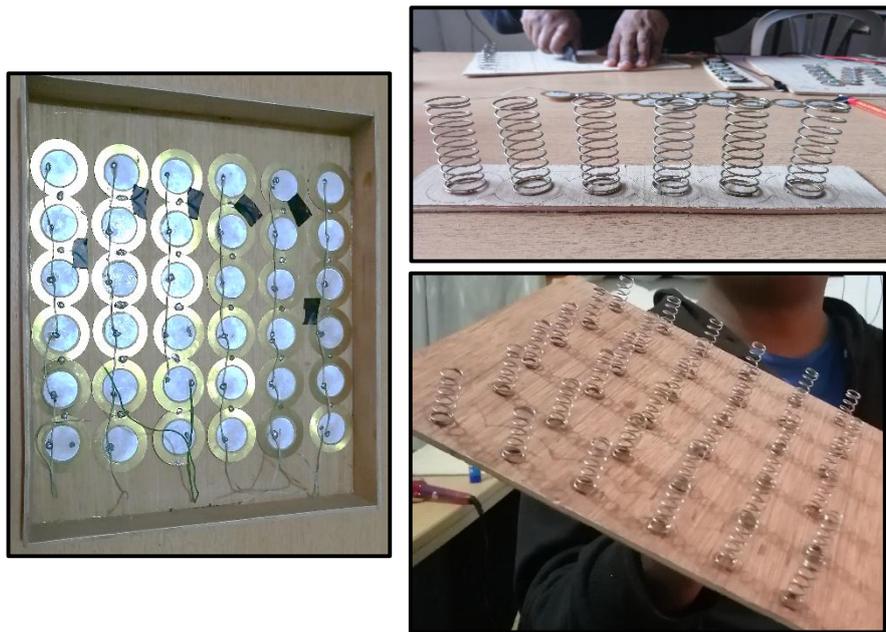


Figura 13. *Ensayos con los resortes adaptados a la madera*

OBSERVACIONES:

- Se necesita mucha más fuerza para ser aplicados a los resortes, la ligera presión debió funcionar aplicando a cada disco por igual, pero solo se obtuvo 3V.
- Los resortes adaptados a la madera no coincidieron con la ubicación de los discos piezoeléctricos, además que en algunos casos presionaban los cables y no el centro del disco siendo la parte más sensible y con la que debía hacer contacto.

- La tapa no genera presión a todos los discos piezoeléctricos al mismo tiempo, además que los resortes sufrían una deformación y otros se despegaban.

ENSAYO Nº 4: RESORTES ADAPTADOS AL SENSOR EN LA CAJA DE MADERA

En este ensayo se adaptaron los resortes a los discos piezoeléctricos de forma individual (figura 14), en la parte más sensible (centro del disco); además se hicieron orificios en los extremos de las cajas para la salida de los cables, lo que ayudaría para medición del voltaje y amperaje con el multímetro.



Figura 14. *Ensayos con los resortes adaptados a los sensores*

OBSERVACIONES:

- La soldadura en el sensor es fundamental, en este ensayo se observó que la soldadura realizada en la unión de cada sensor era deficiente, además que los sensores perdían su capacidad de generación de electricidad al ser demasiado manipulados.
- Los cables UTP (Unshielded Twisted Pair) o cable de par trenzado que se utilizó eran muy delgados (frágiles), en constante manipulación se rompían de la soldadura.

- La caja en donde se colocaron los discos no cumplió con expectativa para el funcionamiento, por lo que se buscó otra alternativa de como ejercer presión hacia el disco piezoeléctrico empleando los resortes.

Como mejora de las observaciones se buscó otras alternativas tanto en cables como el reemplazo de la caja por dos planchas de triplay.

ENSAYO N° 5: RESORTES ADAPTADOS A LOS DISCOS PIEZOELÉCTRICOS, CON LAS PLANCHAS DE TRIPLAY.

En este ensayo se adaptaron los resortes a los discos piezoeléctricos de forma individual, y en la parte más sensible, el centro del disco; además no se utilizó la caja de madera, sino dos planchas de triplay a las cuales denominamos plancha 1 y plancha 2 respectivamente, estas sirvieron como base y cubierta para el ensayo, con lo cual se buscó lograr el funcionamiento del prototipo piezoeléctrico.

Por otro lado, para lograr un mejor funcionamiento, se hizo el proceso de soldadura con discos nuevos no manipulados empleando cable tipo mellizo con el cual se logró una mayor eficacia en el manejo de las tiras de discos con los resortes adaptados como se observa en la **figura 15**.

También, se emplearon pernos de 1 1/2" en cada esquina de las planchas de triplay con la finalidad de unir las, de tal forma que ejerzan presión sobre los discos piezoeléctricos, considerando una altura de 3.5 cm en la separación entre la plancha 1 y plancha 2, este procedimiento se aplicó para los 21 bloques armados



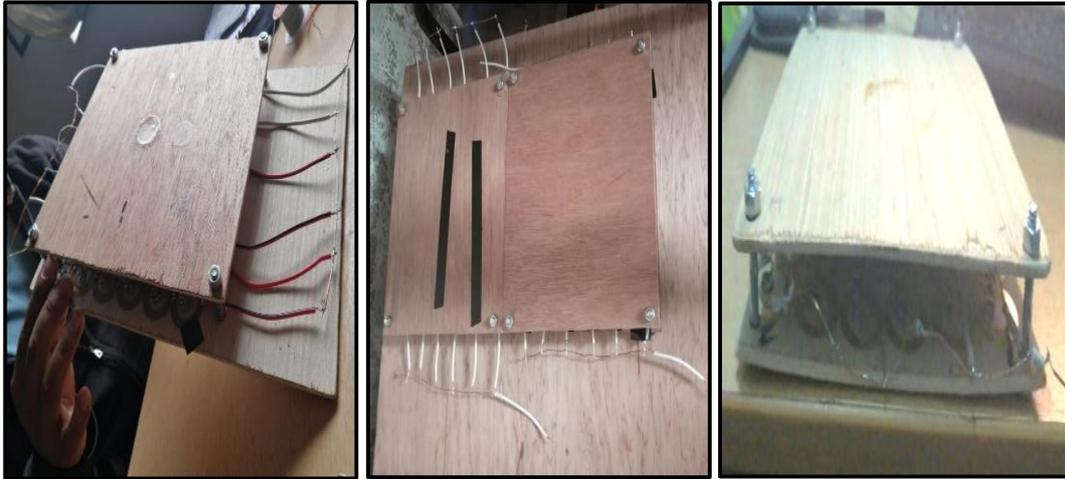


Figura 15. *Ensayo con sensores nuevos y pernos para la unión de las planchas*

OBSERVACIONES:

- Con la presión ejercida, se llegó al voltaje requerido de 12 – 17 V.
- Al colocarlos en el somier, los cables excedían el tamaño en su longitud, el cual no concordaba con el espacio previsto para cada bloque dentro del somier, por ello se procedió a reducir el tamaño a 21cm de largo.
- El bloque tenía una dimensión de 23.0 cm de ancho * 25.5 cm de largo, por lo que se debió replantear la posición de los bloques en el somier.

3.5.2. Generación de energía por presión de bloque al acostarse

Se realizó las mediciones del amperaje, voltaje y el cálculo de la potencia de un bloque, simulando a una persona acostada (**Tabla 8**).

Tabla 8. *Generación de energía por presión*

Presión	Voltaje (v)	Amperaje (mA)	Potencia (mW)
1	14	0.18	2.16
1	13	0.16	2.08
1	14	0.18	2.52
1	14	0.18	2.52
1	13	0.16	2.08
1	14	0.18	2.52
1	13	0.16	2.08
1	14	0.18	2.52
1	14	0.18	2.52
1	12	0.14	1.68
1	14	0.16	2.24
1	14	0.18	2.52
1	13	0.16	2.08
1	13	0.16	2.08
1	13	0.16	2.08
1	13	0.16	2.08
1	12	0.14	1.68
1	13	0.16	2.08
1	13	0.16	2.08
1	13	0.16	2.08
TOTAL		3.3 mA	43.68 mW

3.5.3. Descripción de las características físicas de los voluntarios

Se tuvo la colaboración de 11 voluntarios, entre amigos y familiares, de los cuales se recopilaron las características físicas, en cuanto a peso, talla, índice de masa corporal y edad; además se registraron sus datos personales en la **tabla 9**.

Tabla 9. Características físicas de los voluntarios

ITEM	DATOS PERSONALES	EDAD (años)	MASA (kg)	ALTURA (m)	IMC (kg/m)
1	MILY LÒPEZ LEON	30	49	1.54	20.7
2	DANIEL ANGEL PRUDENCIO ESPÌRITU	28	90	1.69	31.5
3	ORLANDO PRUDENCIO ESPÌRITU	37	89	1.75	29.1
4	JOSUE RIOS ESPÌRITU	21	64.6	1.65	23.7
5	CARLOS ANGEL BEDRILLANA OSORIO	34	76	1.67	27.3
6	MANUEL PRUDENCIO ESPÌRITU	31	88.3	1.68	31.3
7	GIOVANA URSULA PRUDENCIO ESPÌRITU	35	63.2	1.58	25.3
8	WILLIAM CENTENO LUJAN	34	85	1.75	27.8
9	ALEJANDRO PAREDES MEJIA	34	70	1.69	24.5
10	CARLOS ANDRES DE LA CRUZ LOPEZ	12	44	1.48	20.1
11	MELANIO LÒPEZ PEDEMONTTE	57	73	1.7	25.3

Para la medición se empleó una balanza digital y una wincha que midió de forma manual la talla (Figura 16), estos fueron registrados en el instrumento de recopilación de datos.



Figura 16. Toma de peso y talla de los voluntarios

3.5.4. Prueba de presión de bloque

Con el armado de los 21 bloques en el somier, se determinó el área donde los voluntarios generan mayor presión al momento de acostarse. Esto se realizó a través de diodos Leds (diodo de emisor de luz) (Tabla 10), que fueron soldados en la salida de cada bloque y que fueron colocados en la parte externa del somier, de esta manera cada vez que se generó presión en una determinada área, el foco led se encendió, determinando que áreas son las que más son presionadas al momento de acostarse.

Tabla 10. *Características de diodos led.*

Led	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Potencia (mW)
Color azul	3.04	1.8	5.47
Color blanco	2.72	2.2	5.98
Color verde	1.94	3.0	5.82
Color naranja	1.95	3.0	5.85
Color rojo	1.87	3.1	5.79

Para contabilizar el encendido de los diodos según la presión, se utilizó una video cámara; a cada bloque se asignó un código (A1 – A21), detallando el área junto con el diodo led, para su respectivo análisis (**figura 17**). El tiempo que se empleó por voluntario fue de 1 minuto, esto se consideró para determinar de una manera rápida y eficaz las áreas donde cada bloque debe ser colocado, además evaluar en que zonas los bloque colocados no serían presionados y utilizarlos de una manera óptima.

Se les indicó a los voluntarios que recreen los movimientos en los que ellos suelen dormir (Figura 18).



Figura 17. Código de bloques.



Figura 18. Evaluación de movimientos de los voluntarios

En la **tabla 11** se muestra el número de presiones que se realizó por bloque, se contabilizo el número de diodos led prendidos al momento del movimiento.

Tabla 11. Presión de bloque por movimiento

Nº	Voluntario	#Movimiento	Bloques																				
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21
1	Josue Rios Espiritu	10	1	2	0	3	1	11	3	7	6	0	7	18	0	8	3	0	1	0	0	4	0
2	Carlos Angel Bedrillana Osorio	10	1	2	0	2	0	5	0	4	4	0	5	10	0	2	4	0	0	1	1	1	0
3	Daniel Angel Prudencio Espiritu	10	0	3	1	4	1	12	2	7	8	1	13	23	1	7	3	0	0	0	0	4	0
4	Giovana Ursula Prudencio Espiritu	10	0	1	1	2	1	8	1	6	5	0	9	11	0	5	2	0	0	0	1	3	0
5	Manuel Prudencio Espiritu	10	1	4	1	4	0	11	2	8	8	1	14	17	0	6	3	0	0	1	1	3	0
6	Mily Lopez Leon	10	0	2	0	1	0	8	1	7	6	1	6	8	1	4	4	1	0	0	1	2	0
7	Melanio Lopez Pedemonte	10	0	2	0	3	0	7	2	4	6	0	5	14	0	4	2	0	0	0	0	3	0
8	Alejandro Paredes Mejia	10	1	1	1	2	0	8	2	3	4	0	5	11	1	5	2	0	0	0	0	2	0
9	Orlando Prudencio Espiritu	10	2	1	2	3	1	12	3	5	8	2	14	17	2	7	4	1	0	1	1	2	0
10	Carlos Andrés De La Cruz López	10	0	1	0	1	0	5	1	3	2	1	4	5	0	2	1	1	0	0	0	1	0
11	William Centeno Lujan	10	1	0	0	2	0	11	1	6	6	1	12	13	1	2	2	0	0	0	0	1	0
		Total	7	19	6	27	4	98	18	60	63	7	94	147	6	52	30	3	1	3	5	26	0

Las zonas de mayor presión de los bloques fueron: A4, A6, A8, A9, A11, A12, A14, A15 y A20 (Figura 19).

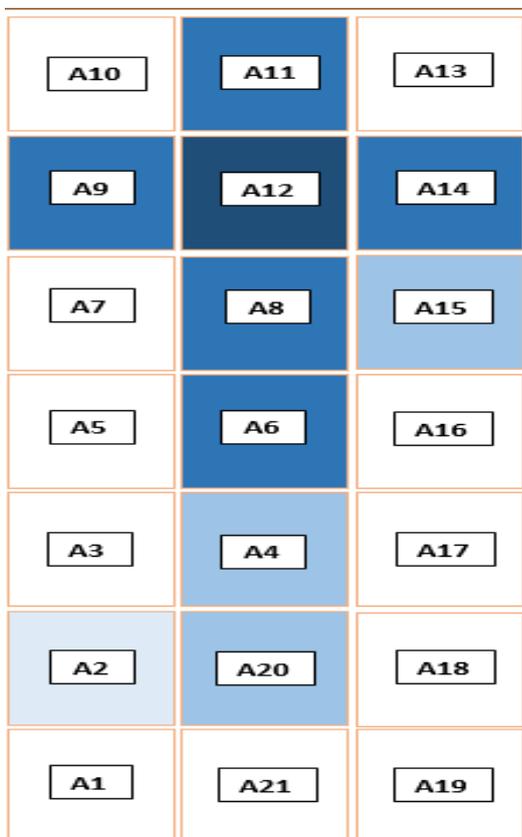


Figura 19. Bloques de mayor presión al movimiento

Con las áreas de mayor presión, se pasó al armado del somier con 9 bloques respectivos.

3.5.5. Batería

Para la elección de la batería a utilizar, se determinó según el voltaje y el amperaje que se generó en cada presión, el voltaje máximo fue 14 V indirectamente del amperaje generado, ya que para la carga de la batería, esta debe tener una entrada mayor o igual a 12 V, si es menor a este voltaje, la batería no se cargaría; de ello se utilizó la batería de marca Chicron con una entrada de carga de 12 V y con el almacenamiento de batería de 9AH, utilizado mayormente en cargadores de paneles solares.

3.5.6. Regulador de tensión

Se utilizó un regulador de voltaje o también llamado de tensión, ya que cada bloque generó tensiones variables (12 -14 V), el regulador es un circuito que mantiene una tensión constante, aunque la tensión de entrada a este circuito sea mayor al permitido, por ejemplo, si se tiene una tensión de 50 V conectado al regulador de voltaje que tiene la especificación de entrada de 12V, este circuito reducirá el voltaje de entrada a solo 12 V, por más que se tenga una tensión de entrada superior. Se utilizó el regulador de marca ROKAL de modelo YJSS10A, que tiene una tensión de salida de 12V/24V y una capacidad de entrada de 10 A.

3.5.7. Diodo rectificador

Se utilizó un diodo rectificador de la serie 1N4000, en específico 1N4001, para cada bloque en el somier, este diodo es un instrumento eléctrico que permite la circulación de una corriente máxima de 1 ampere con un voltaje máximo de 50V; tiene la funcionalidad de conducir la corriente, además que convierte la entrada de corriente alterna a corriente continúa dándole una polaridad.

Este dispositivo, permitió que los bloques sean adaptados a una conexión en paralelo, de esta forma el amperaje por bloque se sumaría (Ley de Ohm), pero el voltaje de salida es el mismo, todo ello según los bloques presionados.

3.5.8. Prueba del prototipo piezoeléctrico en el somier

Con las áreas de mayor presión en el somier, se dispuso a colocar los bloques según el análisis de presión, se colocaron en total 9 bloques, cada bloque conectado a un diodo rectificador, este se encargó de polarizar la carga, además convertir la corriente alterna generada en continua. Cada bloque fue conectado en un circuito en paralelo para aumentar la corriente y mantener el voltaje de salida (Figura. 19).

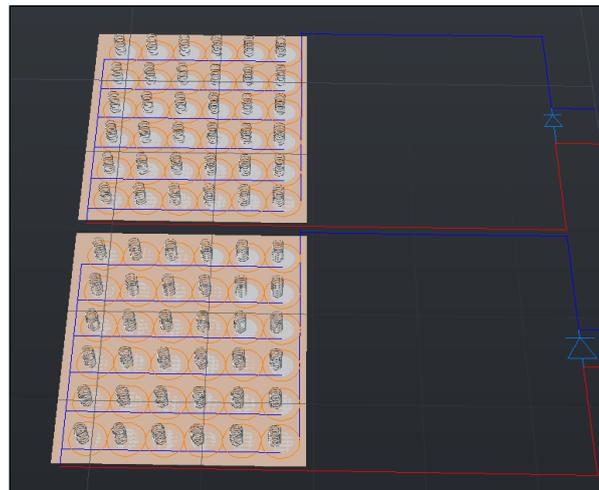


Figura 19. Bloques en paralelo-AutoCAD

Conectado los 9 bloques, genero dos polos tanto positivo como negativo, estos fueron conectados directamente al regulador de tensión, y del regulador a la batería (figura 20). Armado el prototipo, se realizó las pruebas en los 10 voluntarios.

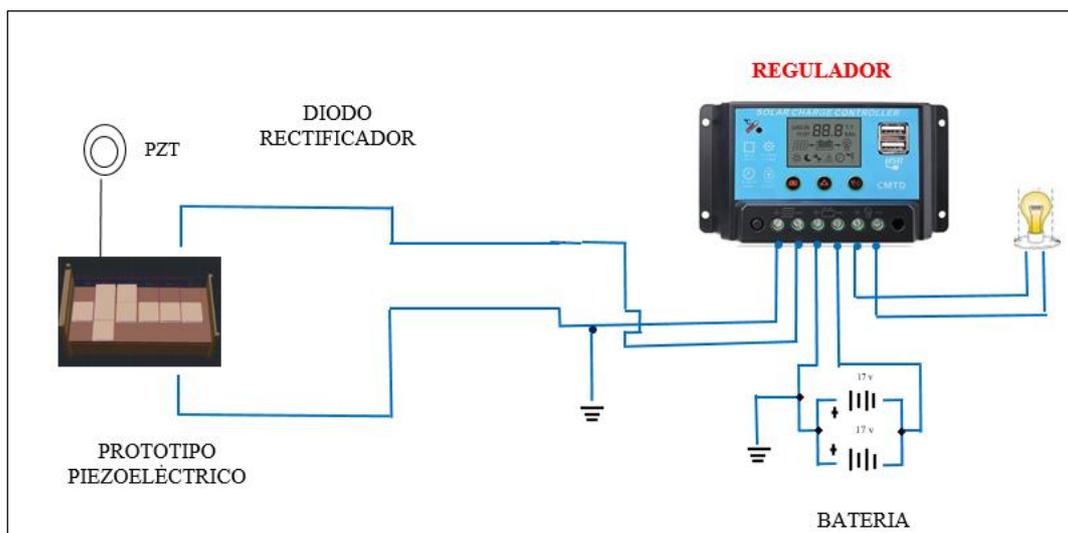


Figura 20. Circuito armado

En la figura 21 y 22, se muestra el prototipo piezoeléctrico armado, diferenciando en un modelo AutoCAD y real.

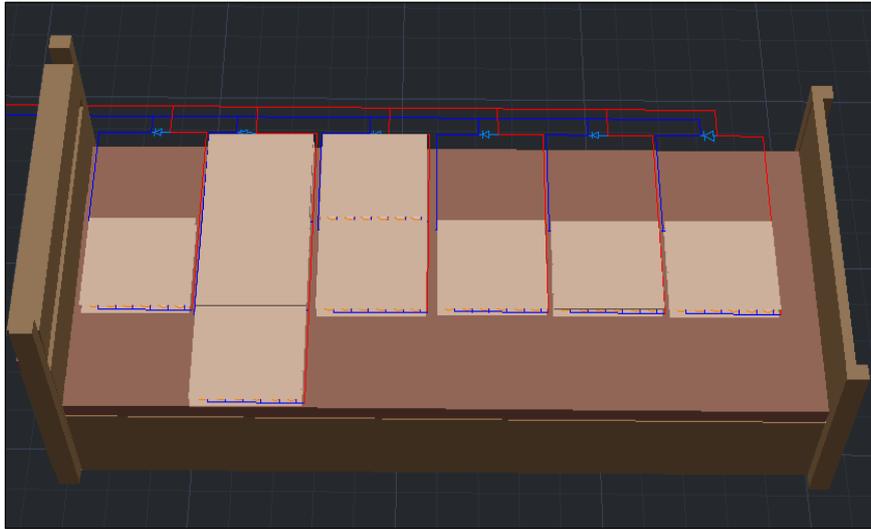


Figura 21. *Prototipo piezoeléctrico AutoCAD*



Figura 22. *Prototipo piezoeléctrico*

Para la participación de estas pruebas se realizaron todos los procedimientos de desinfección a cada voluntario como al somier, de esta manera se cumplió con todos los protocolos de bioseguridad ante esta pandemia; además, se le hizo firmar un acta de consentimiento que constató la participación voluntaria de cada uno de ellos, autorizando que tanto sus datos personales como fotografía se muestren en la presente investigación (ver anexo 5).

Por otro lado, las pruebas realizadas a cada voluntario fueron por 1 noche, con una duración de 8 h (horas de sueño), determinándose el número de movimientos que genero cada voluntario y la relación con la cantidad de energía que acumulo en la batería.

3.5.9. Verificación de la corriente almacenada

Se realizo la medicion de salida de energia tanto del mismo somier y de la bateria. El voltaje de salida del somier fue de 12.13V, variando según la presion de 12 -14 V, como se muestra en la figura 23.

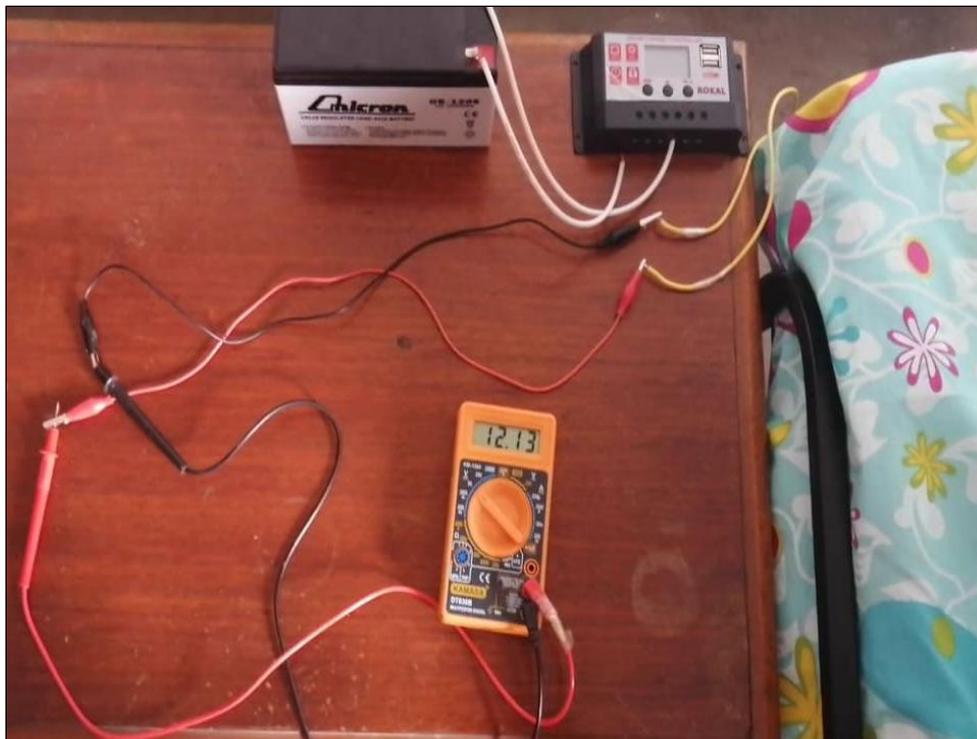


Figura 23. Salida de energia del somier

La energia almacenada en la bateria de marca CHICRON fue de 12.52 V, esta varia según cuanto este cargada, lo general es que este en un rango de 12 V, no pasando esta (ver figura 24).

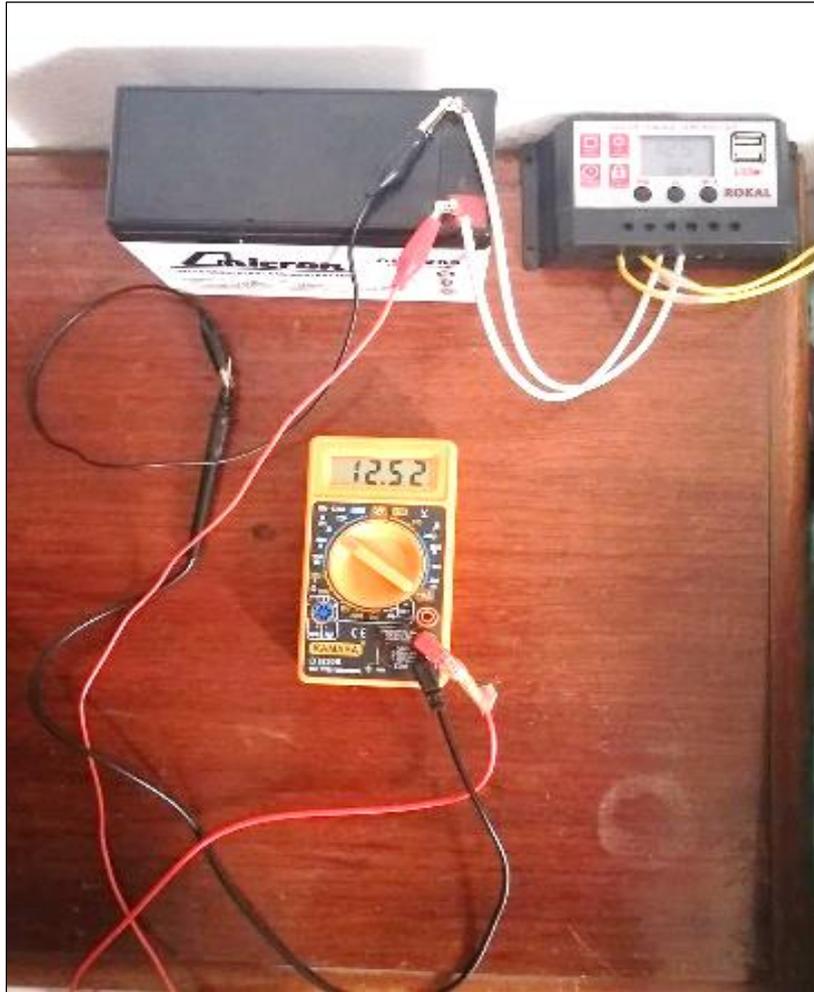


Figura 24. Salida de energía de la batería

Por último la energía que se aprovecha de la batería con la ayuda del regulador, es para carga de celulares de baja potencia, este regulador viene incorporado puertos de USB como se observa en la imagen 25.

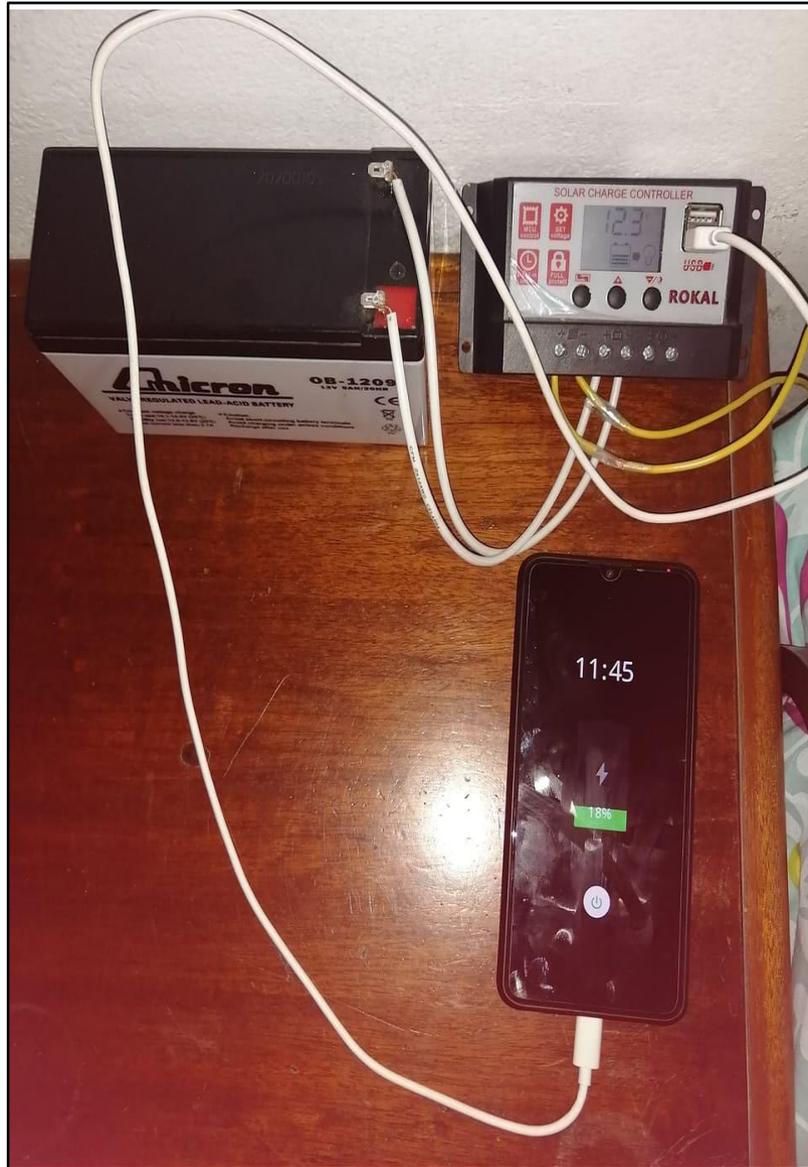


Figura 25. *Aprovechamiento de energía a través de la carga de un celular*

3.6. Método de análisis de datos

El método de análisis de datos se realizó empleando distintos software como el Microsoft Excel y el SPSS, para el cual se aplicará pruebas estadísticas como media, varianza, homogeneidad con el fin de analizar los datos obtenidos en el funcionamiento del prototipo y su eficiencia, además aplicaremos el uso de gráficos, figuras, tablas estadísticas y cuadros comparativos entre las mediciones realizadas en el desarrollo del proyecto

3.7. Aspectos éticos

Esta investigación se realizó bajo principios éticos, ya que se emplearon instrumentos validados por un profesional especialista, además toda la información recopilada de investigaciones relacionadas al tema ha sido correctamente citada según la Norma ISO 690 y como prueba de ello se empleó la herramienta para la prevención del plagio TURNITIN, que se muestra en el anexo 1, por otro lado se consideraron procedimientos bajo la resolución del Consejo Universitario N° 0126 – 2017 / UCV, que reglamenta el código de ética para el desarrollo de la investigación, así como para la formulación de la tesis se consideró la RR N°0089-2019-UCV que explica los aspectos generales a considerar para la redacción de la investigación. También, se definió la línea de investigación basada en la RCU N°200-2018 / UCV.

Asimismo, se tuvo en cuenta la salud de las personas que contribuirán con el desarrollo del proyecto, como también el cuidado del medio ambiente adoptando medidas que contribuyan con su cuidado.

Esta investigación está dirigida para el público en general, siendo de fácil acceso para quienes deseen seguir investigando lo concerniente al tema planteado, contando con una redacción clara y concisa de fácil análisis y comprensión.

IV. Resultados

4.1. Generación de energía

En la tabla 12, se muestra la generación de energía que realizó los voluntarios en un tiempo de descanso de 8 horas, el número de movimientos se determinó a través de la contabilidad por una cámara web instalada en el laboratorio. La mayor generación de corriente fue de 272.73 mA por parte del voluntario Daniel Prudencio, y del menor fue de 154.72 mA, del voluntario Carlos de la Cruz.

Tabla 12. Generación de energía por movimiento

VOLUNTARIOS	TIEMPO DE DESCANSO(horas)	MASA (Kg)	MEDICIONES SALIDA			
			# MOVIMIENTOS	AMPER (mA)	VOLTAJE (V)	POTENCIA (mW)
DANIEL ANGEL PRUDENCIO ESPIRITU	8	90	25	272.73	12	3272.8
ORLANDO PRUDENCIO ESPIRITU	8	89	20	256.33	12	3075.96
MANUEL PRUDENCIO ESPIRITU	8	88.3	24	255.68	12	3068.2
MELANIO LOPEZ PEDEMONTE	8	73	32	251.11	12	3013.32
GIOVANA URSULA PRUDENCIO ESPIRITU	8	63.2	29	223.63	12	2683.6
JOSUE RIOS ESPIRITU	8	64.6	26	205.52	12	2466.2
MILY LOPEZ LEON	8	49	30	199.56	12	2394.77
CARLOS ANGEL BEDRILLANA OSORIO	8	76	20	193.87	12	2326.4
ALEJANDRO PAREDES MEJIA	8	70	22	187.52	12	2250.24
WILLIAM CENTENO LUJAN	8	80	15	158.59	12	1903.08
CARLOS DE LA CRUZ SUAREZ	8	44	32	154.72	12	1856.6
			TOTAL	2359.264		28311.2

En el gráfico 1, se muestra la relación de movimientos con la generación de corriente (amperaje), hay una variabilidad en el número de movimientos; la que genero mayor movimiento fue Carlos De La Cruz López (V11) junto con Melanio López (V4), pero la corriente que generaron fue diferente, esto debido a la masa del cuerpo de las personas (**tabla 12**).

Para la elaboración de gráficos, se realizó la codificación de cada voluntario de acuerdo a como se muestra en la tabla **13**.

Tabla 13. Codificación de los voluntarios

VOLUNTARIOS	
DATOS PERSONALES	CODIFICACIÓN
DANIEL ANGEL PRUDENCIO ESPIRITU	V1
ORLANDO PRUDENCIO ESPIRITU	V2
MANUEL PRUDENCIO ESPIRITU	V3
MELANIO LOPEZ PEDEMONTE	V4
GIOVANA URSULA PRUDENCIO ESPIRITU	V5
JOSUE RIOS ESPIRITU	V6
MILY LOPEZ LEON	V7
CARLOS ANGEL BEDRILLANA OSORIO	V8
ALEJANDRO PAREDES MEJIA	V9
WILLIAM CENTENO LUJAN	V10
CARLOS DE LA CRUZ LÓPEZ	V11

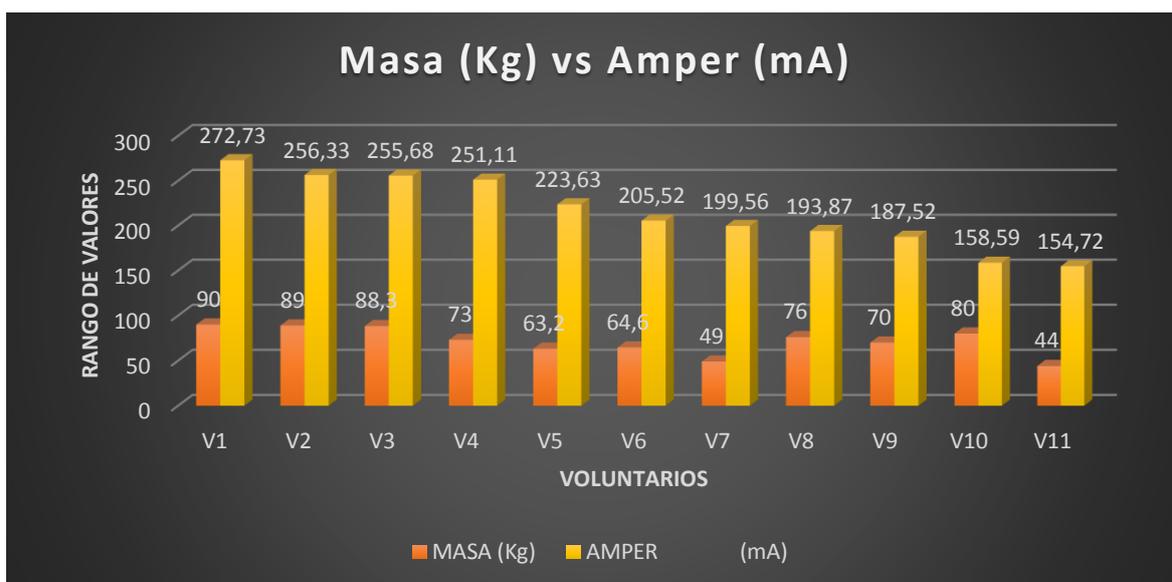


Gráfico 1. Amperaje obtenido

En el gráfico 2, se muestra la relación que existe entre el tiempo de descanso de los voluntarios como el #movimientos de ellos, que resalta, la diferencia del número de movimientos indistintamente de las características de las personas.

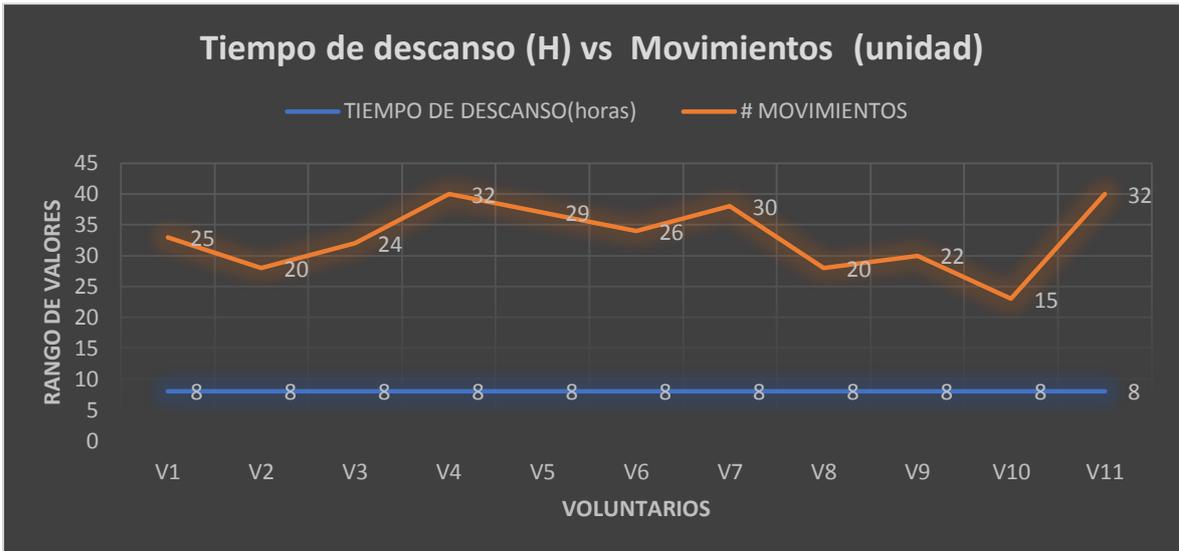


Gráfico 2. # Movimientos en relación con el tiempo de descanso

En el gráfico 3 se muestra un descenso en la relación de la masa de los voluntarios con el amperaje, mientras mayor masa mayor es la generación de amperaje, pero teniendo en cuenta el número de movimientos que realiza la persona, como se observa en el gráfico 4, la relación entre esta característica físico-humana (masa) influye en la obtención del amperaje y este depende de la relación del movimiento.

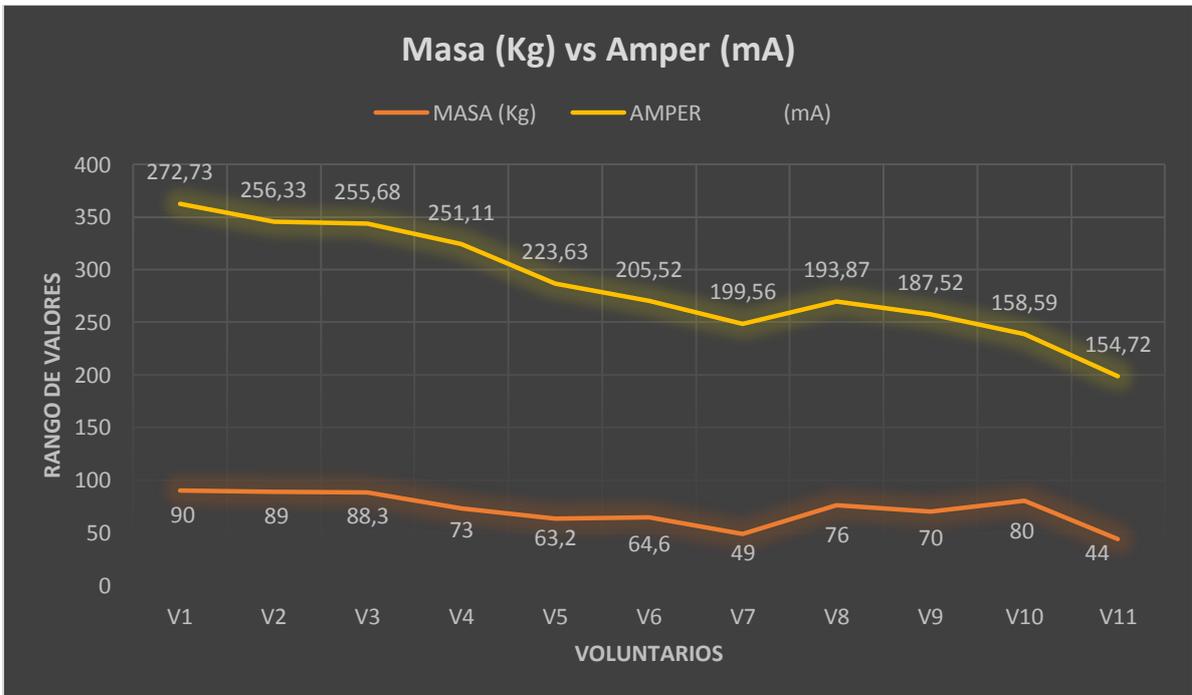


Gráfico 3. Relación de masa VS Amperaje

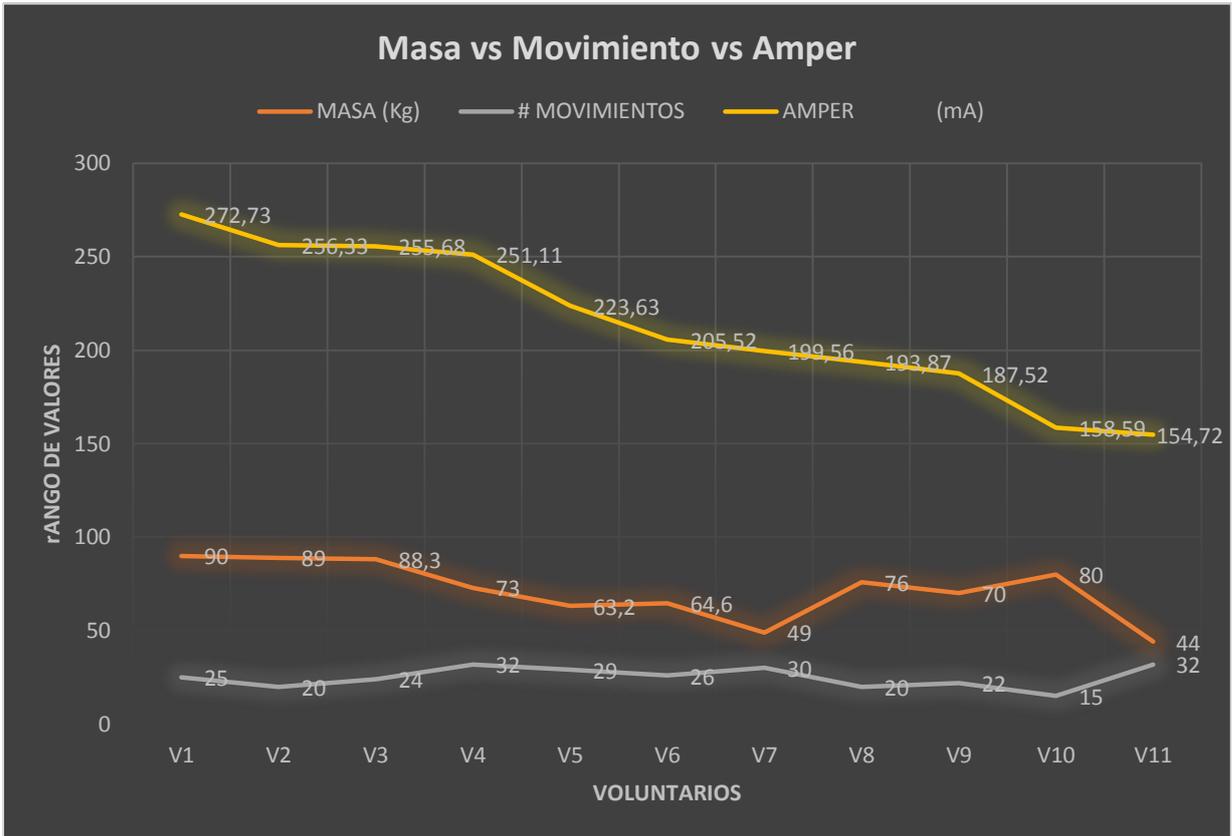


Gráfico 4. *Relación masa, movimiento y Amperaje*

4.2. Análisis inferencial de datos

En la tabla 14, se muestra la evaluación de los 11 voluntarios (P1-P11) con un determinado número de movimientos realizados en el somier, se detalla los 21 bloques y el número de presiones por bloque.

Tabla 14. Evaluación con 10 movimientos

MOVIEMIENTOS	BLOQUES	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
EVALUCION CON 10 MOVIEMIENTOS	A1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	2	1
	A2	2	2	3	1	4	2	1	2	1	1	0
	A3	0	0	1	1	1	0	0	0	1	2	0
	A4	3	2	4	2	4	1	1	3	2	3	2
	A5	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
	A6	11	5	12	8	11	8	5	7	8	12	11
	A7	3	0	2	1	2	1	1	2	2	3	1
	A8	7	4	7	6	8	7	2	4	3	5	6
	A9	6	4	8	5	8	6	3	6	4	8	6
	A10	0	0	1	0	1	1	1	0	0	2	1
	A11	7	5	13	9	14	6	4	5	5	14	12
	A12	18	10	23	11	17	8	5	14	11	17	13
	A13	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	1
	A14	8	2	7	5	6	4	2	4	5	7	2
	A15	3	4	3	2	3	4	1	2	2	4	2
	A16	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
	A17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	A18	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	A19	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
	A20	4	1	4	3	3	2	1	3	2	2	1
	A21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

El gráfico 5, resalta el mayor número de presiones por bloque, con 10 movimientos realizados por los voluntarios.

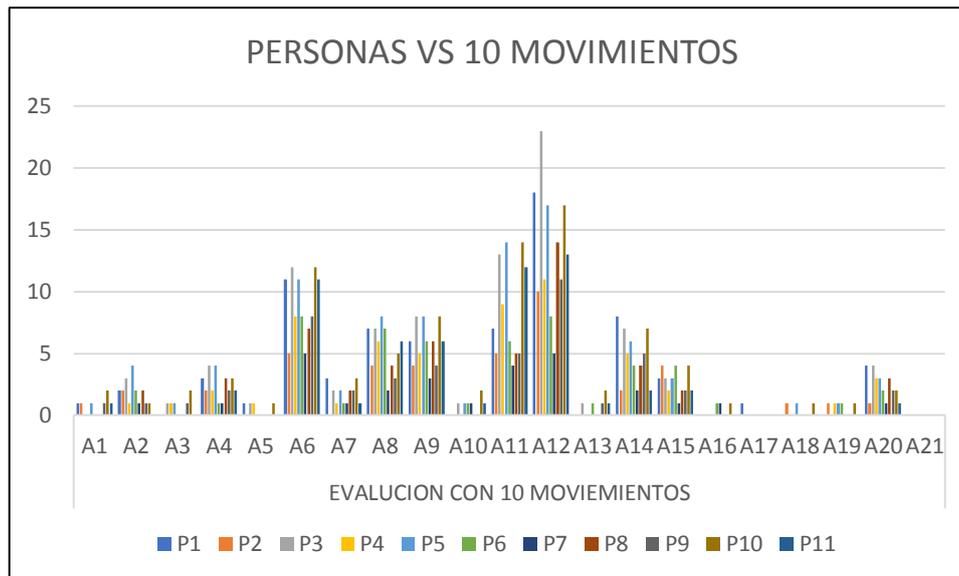


Gráfico 5. Personas Vs 10 movimientos

La tabla 15, se muestra la prueba de normalidad referente al número de movimientos por persona.

Tabla 15. Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad							
	MOVIMIENTO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	S	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
P1	10,00	,219	21	,010	,781	21	,367
P2	10,00	,224	21	,007	,778	21	,079
P3	10,00	,234	21	,004	,751	21	,369
P4	10,00	,262	21	,001	,791	21	,246
P5	10,00	,218	21	,010	,800	21	,836
P6	10,00	,276	21	,478	,804	21	,258
P7	10,00	,296	21	,200*	,777	21	,075
P8	10,00	,239	21	,200*	,742	21	,147
P9	10,00	,253	21	,200*	,777	21	,653
P10	10,00	,265	21	,000	,768	21	,050

P11	10,00	,338	21	,000	,687	21	,094
a. Corrección de significación de Lilliefors							

La tabla 16, se muestra la prueba t-student de la muestra para la generación de energía a partir del movimiento de los voluntarios.

Tabla 16. Prueba t- student para una muestra para la generación de energía a partir del movimiento corporal x 10 movimientos

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
P1	3,550	20	,002	3,57143	1,4727	5,6701
P2	3,595	20	,002	2,00000	,8395	3,1605
P3	3,377	20	,003	4,28571	1,6388	6,9327
P4	3,646	20	,002	2,66667	1,1410	4,1923
P5	3,767	20	,001	4,04762	1,8062	6,2891
P6	4,073	20	,001	2,52381	1,2314	3,8163
P7	3,765	20	,001	1,33333	,5947	2,0720
P8	3,281	20	,004	2,47619	,9019	4,0505
P9	3,590	20	,002	2,28571	,9575	3,6139
P10	4,016	20	,001	4,19048	2,0140	6,3669
P11	3,046	20	,006	2,80952	,8857	4,7333

a) Prueba de hipótesis

H₀: El prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier no genera energía renovable a partir de movimiento corporal.

H1: El prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier genera energía renovable a partir de movimiento corporal.

b) Regla de decisión

sig. < 0,05. Rechazamos la H0:

c) Resultado /discusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1:** El prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier genera energía renovable a partir de movimiento corporal.

La tabla 17, muestra el tiempo de descanso de los voluntarios relacionada a la masa.

Tabla 17. Masa de los voluntarios

TIEMPO DE DESCANSO	Nº PERSONAS EVALUADAS	MASA (KG)
8 horas	PERSONA 1	49
	PERSONA 2	90
	PERSONA 3	44
	PERSONA 4	64,6
	PERSONA 5	88,3
	PERSONA 6	63,2
	PERSONA 7	76
	PERSONA 8	73
	PERSONA 9	70
	PERSONA 10	89
	PERSONA 11	80

El gráfico 6, detalla la diferencia del número de masa (Kg) de los voluntarios.

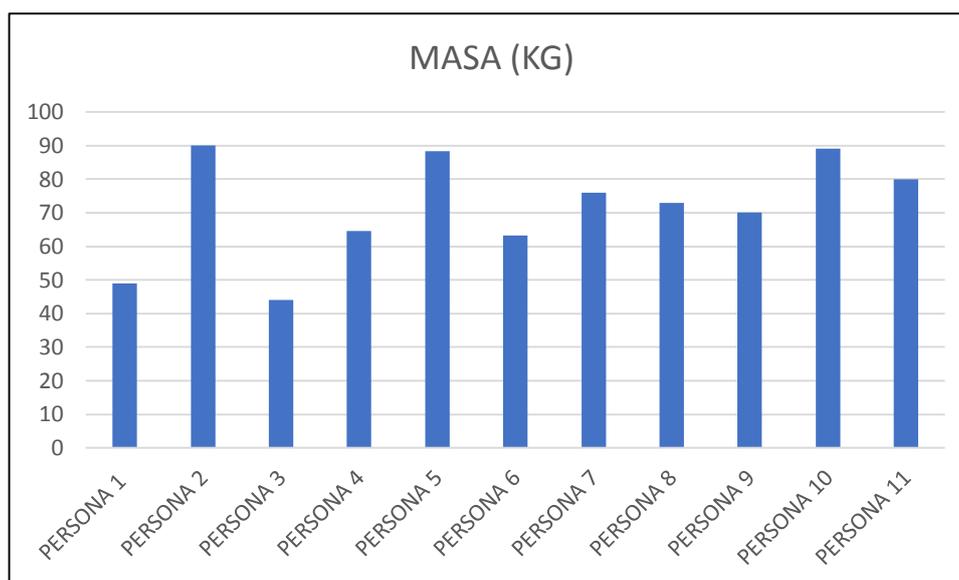


Gráfico 6. Masa de los voluntarios

La tabla 18, muestra la prueba de normalidad de la masa de los voluntarios respecto a la energía recolectada en base al movimiento.

Tabla 18. Prueba de normalidad para la masa respecto a la obtención de energía en base al movimiento

Pruebas de normalidad							
	PERSONA	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MASA	P11	,174	11	,200*	,924	11	,026
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos de la masa, la cantidad de muestras es menor a 30.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁**: Los datos no proceden de una distribución normal.

La tabla 19, muestra la prueba Chi- cuadrado para la masa respecto a la energía obtenida en base al movimiento.

Tabla 19. *Tabla Chi – cuadrado para la masa respecto a la obtención de energía en base al movimiento*

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	80,000 ^a	72	,002
Razón de verosimilitud	43,279	72	,947
Asociación lineal por lineal	8,528	1	,003
N de casos válidos	10		

a. 90 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,10.

a) Prueba de hipótesis

H₀: Las características físico-humanas (masa kg) no influyen en la generación energía renovable a partir del movimiento corporal.

H₁: Las características físico-humanas (masa kg) influyen en la en la generación energía renovable a partir del movimiento corporal.

Regla de decisión

sig. < 0,05. Rechazamos la H₀:

b) Resultado /discusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁:** Las características físico-humanas (masa kg) influyen en la generación energía renovable a partir del movimiento corporal.

La tabla 20, muestra la diferencia de la altura de los voluntarios, igualmente en el grafico 7, que lo precisa a través de bloques.

Tabla 20. *Altura de los voluntarios*

TIEMPO DE DESCANSO	Nº PERSONAS EVALUADAS	ALTURA (m)
8 HORAS	PERSONA 1	1,54
	PERSONA 2	1,69
	PERSONA 3	1,48
	PERSONA 4	1,65
	PERSONA 5	1,68
	PERSONA 6	1,58
	PERSONA 7	1,67
	PERSONA 8	1,75
	PERSONA 9	1,65
	PERSONA 10	1,75
	PERSONA 11	1,72

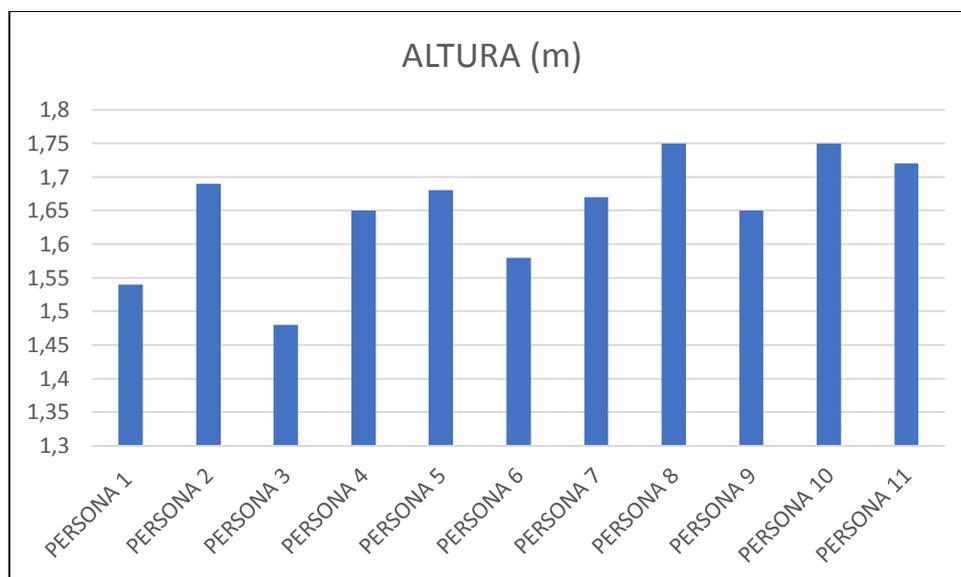


Gráfico 7. *Altura de los voluntarios*

La tabla 21, muestra la prueba de normalidad para la altura respecto a la generación de energía en base al movimiento.

Tabla 21. *Prueba de normalidad para la Altura respecto a la obtención de energía en base al movimiento*

Pruebas de normalidad							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	PERSONA	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ALTURA	P11	,200	11	,200*	,902	11	,032
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos de la altura, la cantidad de muestras es menor a 30.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁**: Los datos no proceden de una distribución normal.

La tabla 22, detalla la prueba Chi-cuadrado para la altura respecto a la obtención de energía en base al movimiento.

Tabla 22. *Tabla Chi – cuadrado para la altura respecto a la obtención de energía en base al movimiento*

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	62,500 ^a	56	,256
Razón de verosimilitud	37,734	56	,971
Asociación lineal por lineal	5,319	1	,021
N de casos válidos	10		

a. 72 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,10.

a) Prueba de hipótesis

H₀: Las características físico-humanas (altura) no influyen en la eficiencia del prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier

H₁: Las características físico-humanas (altura) influyen en la eficiencia del prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier

b) Regla de decisión

sig. < 0,05. Rechazamos la H₀:

c) Resultado /discusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos el **H₀**: Las características físico-humanas (altura) no influyen en la eficiencia del prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier.

La tabla 23, muestra el índice de masa corporal de los voluntarios, de igual manera en el gráfico 8, que resalta la diferencia entre ellos.

Tabla 23. *IMC de los voluntarios*

TIEMPO DE DESCANSO	Nº PERSONAS EVALUADAS	IMC
8 HORAS	PERSONA 1	20,7
	PERSONA 2	31,5
	PERSONA 3	20,1
	PERSONA 4	23,7
	PERSONA 5	31,3
	PERSONA 6	25,3
	PERSONA 7	27,3
	PERSONA 8	23,8
	PERSONA 9	25,7
	PERSONA 10	29,1
	PERSONA 11	27,0

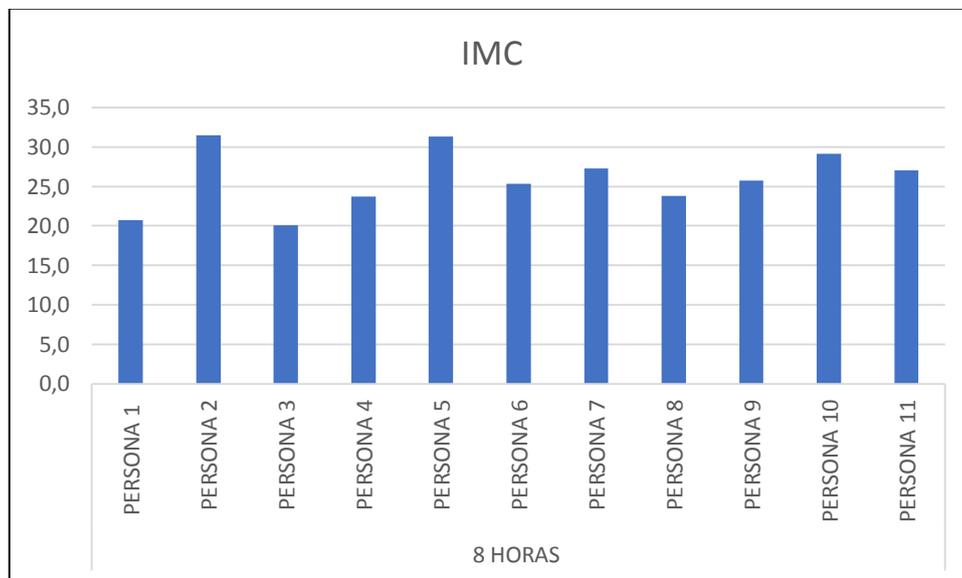


Gráfico 8. *IMC de los voluntarios*

La tabla 24, muestra la prueba de normalidad para el índice de masa corporal con respecto a la obtención de energía en base al movimiento.

Tabla 24. Prueba de normalidad para el IMC respecto a la obtención de energía en base al movimiento

Pruebas de normalidad							
	PERSON	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	A	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
IMC	P11	,153	11	,200*	,963	11	,022
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del IMC, la cantidad de muestras es menor a 30.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. ≤ 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁**: Los datos no proceden de una distribución normal.

La tabla 25, detalla la prueba Chi-cuadrado para el índice de masa corporal respecto a la energía obtenida en base al movimiento.

Tabla 25. *Tabla Chi – cuadrado para IMC respecto a la obtención de energía en base al movimiento*

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	70,000 ^a	64	,283
Razón de verosimilitud	40,507	64	,990
Asociación lineal por lineal	7,975	1	,005
N de casos válidos	10		
a. 81 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,10.			

a) Prueba de hipótesis

Ho: Las características físico-humanas (IMC) no influyen en la eficiencia del prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier

H1: Las características físico-humanas (IMC) influyen en la eficiencia del prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier.

b) Regla de decisión

sig. < 0,05. Rechazamos la H0:

c) Resultado /discusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **Ho:** Las características físico-humanas (IMC) no influyen en la eficiencia del prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier.

La tabla 26, muestra el amperaje obtenido después de 8 horas de descanso, de igual manera en el grafico 9, detalla la diferencia según voluntarios en amperaje obtenido.

Tabla 26. Amperaje obtenido

TIEMPO DE DESCANSO	Nº PERSONAS EVALUADAS	AMPER (mA)
8 HORAS	PERSONA 1	199,564
	PERSONA 2	272,73
	PERSONA 3	154,72
	PERSONA 4	205,52
	PERSONA 5	255,68
	PERSONA 6	223,63
	PERSONA 7	193,87
	PERSONA 8	251,11
	PERSONA 9	187,52
	PERSONA 10	256,33
	PERSONA 11	158,59

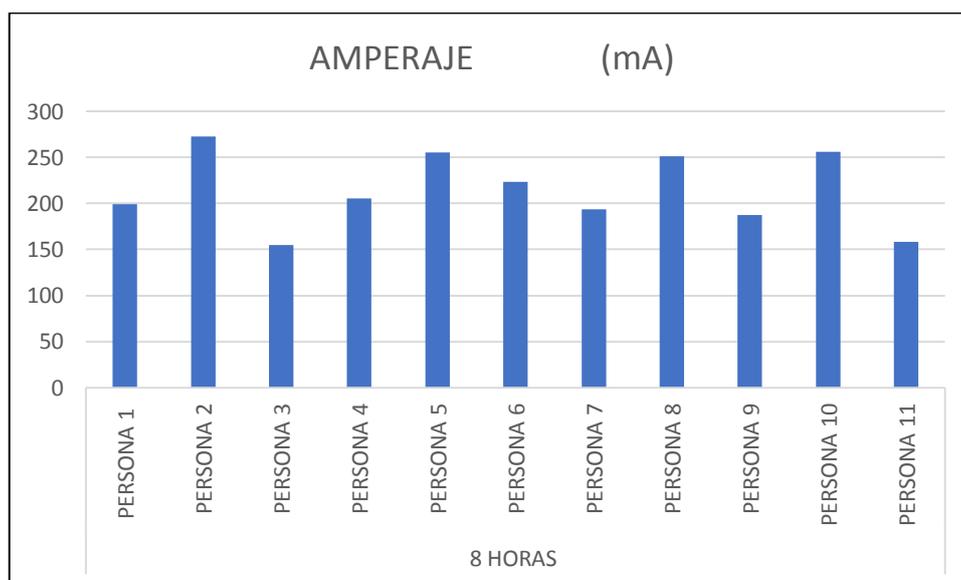


Gráfico 9. Amperaje obtenido

La tabla 27, muestra la prueba de normalidad para el amperaje respecto a la obtención de energía en base al movimiento.

Tabla 27. Prueba de normalidad para el amperaje respecto a la obtención de energía en base al movimiento

Pruebas de normalidad							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	PERSONA	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
AMPERAJ E	P11	,093	11	,200*	,984	11	,013
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del amperaje, la cantidad de muestras es menor a 30.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. ≤ 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁**: Los datos no proceden de una distribución normal

La tabla 28, muestra la prueba de Chi cuadrado para el amperaje respecto a la obtención de energía en base al movimiento.

Tabla 28. *Tabla Chi – cuadrado para el amperaje respecto a la obtención de energía en base al movimiento*

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	80,000 ^a	72	,042
Razón de verosimilitud	43,279	72	,997
Asociación lineal por lineal	8,429	1	,004
N de casos válidos	10		
a. 90 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,10.			

a) Prueba de hipótesis

Ho: Las características del somier (amperaje) no influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal

H1: Las características del somier (amperaje) influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal

b) Regla de decisión

sig. < 0,05. Rechazamos la H0:

c) Resultado /discusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1:** Las características del somier (amperaje) influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal.

La tabla 29 y gráfico 10, muestran la diferencia de voltaje obtenido por voluntario.

Tabla 29. Voltaje obtenido

TIEMPO DE DESCANSO	Nº PERSONAS EVALUADAS	VOLTAJE (V)
8 HORAS	PERSONA 1	12
	PERSONA 2	13
	PERSONA 3	14
	PERSONA 4	14
	PERSONA 5	13
	PERSONA 6	14
	PERSONA 7	13
	PERSONA 8	14
	PERSONA 9	14
	PERSONA 10	12
	PERSONA 11	14

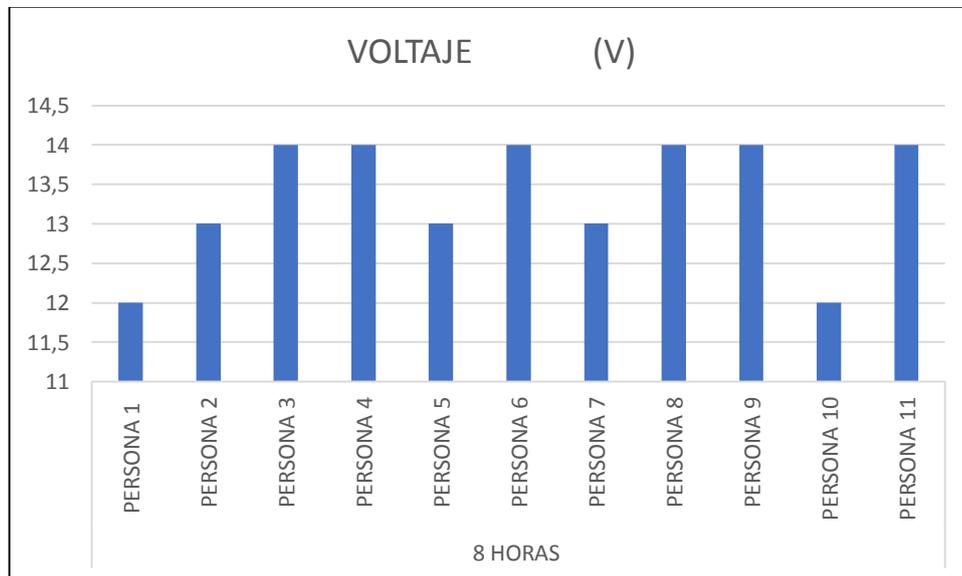


Gráfico 10. Voltaje obtenido

La tabla 30, detalla la prueba de normalidad para el voltaje respecto a la obtención de energía en base al movimiento.

Tabla 30. Prueba de normalidad para el voltaje respecto a la obtención de energía en base al movimiento

Pruebas de normalidad							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	PERSONA	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VOLTAJE	P1	,159	11	,200*	,949	11	,039
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del voltaje, la cantidad de muestras es menor a 30.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁**: Los datos no proceden de una distribución normal.

La tabla 31, muestra la prueba Chi-cuadrado para voltaje respecto a la obtención de energía en base al movimiento.

Tabla 31. *Tabla Chi – cuadrado para voltaje respecto a la obtención de energía en base al movimiento*

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	70,000 ^a	64	,253
Razón de verosimilitud	40,507	64	,990
Asociación lineal por lineal	,074	1	,786
N de casos válidos	10		
a. 81 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,10.			

a) Prueba de hipótesis

H₀: Las características del somier (voltaje) no influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal

H₁: Las características del somier (voltaje) influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal

b) Regla de decisión

sig. < 0,05. Rechazamos la H₀:

c) Resultado /discusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos el **H₀:** Las características del somier (voltaje) no influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal.

La tabla 32 se evidencia la potencia (mW) obtenida por cada voluntario en un tiempo de 8 horas de descanso, de igual forma el gráfico 11 muestra que la persona 2 (voluntario) tuvo una mayor generación de potencia.

Tabla 32. Potencia obtenida

TIEMPO DE DESCANSO	Nº PERSONAS EVALUADAS	POTENCIA (mW)
8 HORAS	PERSONA 1	2394,77
	PERSONA 2	3272,8
	PERSONA 3	1856,6
	PERSONA 4	2466,2
	PERSONA 5	3068,2
	PERSONA 6	2683,6
	PERSONA 7	2326,4
	PERSONA 8	3013,32
	PERSONA 9	2250,24
	PERSONA 10	3075,96
	PERSONA 11	1903,08

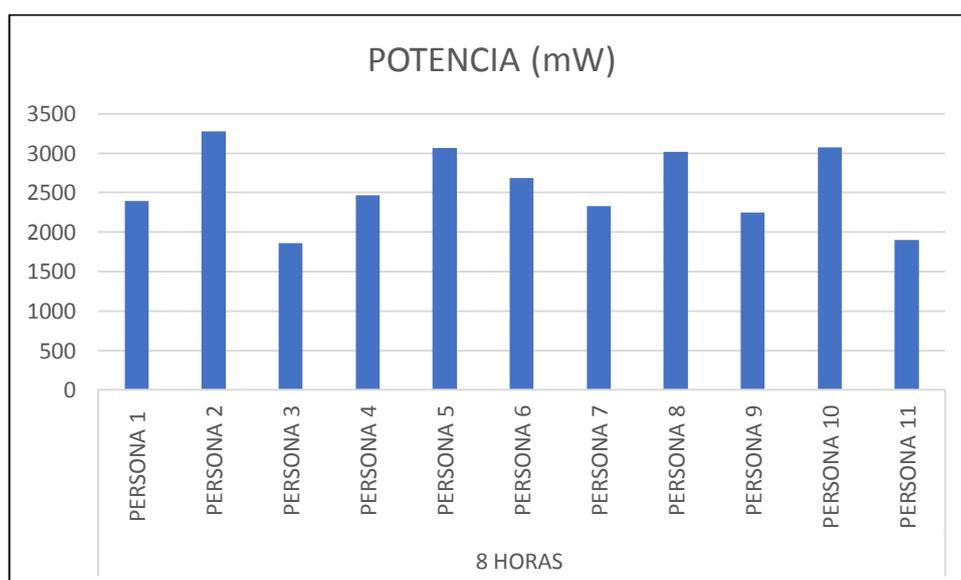


Gráfico 11. Potencia obtenida

La tabla 33 muestra la prueba de normalidad para la potencia generada según Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.

Tabla 33. Prueba de normalidad para la potencia respecto a la obtención de energía en base al movimiento

Pruebas de normalidad							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	PERSONA	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
POTENCIA	P11	,093	11	,200*	,984	11	,019
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos de potencia, la cantidad de muestras es menor a 30.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

Ho: Los datos proceden de una distribución normal

H1: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **Ho**, se acepta la **H1**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **Ho**, se rechaza la **H1**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1**: Los datos no proceden de una distribución normal.

La tabla 34, detalla la prueba Chi-cuadrado de Pearson para la potencia respecto a la obtención de energía en base al movimiento.

Tabla 34. *Tabla Chi – cuadrado para la potencia respecto a la obtención de energía en base al movimiento*

Pruebas de chi-cuadrado				
		Valor	df	Significació n asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	de	80,000 ^a	72	,022
Razón de verosimilitud	de	43,279	72	,997
Asociación lineal por lineal		8,429	1	,004
N de casos válidos		10		
a. 90 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,10.				

a) Prueba de hipótesis

Ho: Los parámetros para la estimación de potencia no influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal.

H1: Los parámetros para la estimación de potencia que influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal.

b) Regla de decisión

sig. < 0,05. Rechazamos la H0:

c) Resultado /discusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1:** Los parámetros para la estimación de potencia que influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal.

V. DISCUSIÓN

Cada voluntario en el prototipo piezoeléctrico adaptado al somier generó diferentes salidas de energía, la mayor generación fue de V1 con 272.73 mA y del menor V11 de 154.72 mA, la diferencia de estos es la masa de su cuerpo tal como se muestra en la **tabla 12**, independientemente del número de movimientos que genero cada uno, mostrándose que mientras mayor sea la masa de la persona junto con los movimientos que realiza al descansar, generará mayor corriente eléctrica, esto también se demuestra comparando la generación de corriente de salida del voluntario V2 con V8 que tuvieron 256.33 mA y 193.56 mA, aun cuando los dos tuvieron el mismo número de movimientos en el somier, la diferencia entre ellos, es que el primero tiene una mayor masa que el segundo; con relación al número de movimientos y la generación de corriente, no hay un relación directamente proporcional (**gráfico 1**), ya que dependerá de la masa de la persona en relación a su movimiento acostado en el somier, a mayor masa habrá mayor presión en los bloques, esto concuerda con MELGAREJO Y LOZANO (2018) referente a la presión ya que en su sistema piezoeléctrico adaptado a la planta del pie, consideraron el punto de apoyo de mayor presión que fue el talón, que depende la distribución de la masa corporal de las personas, de igual manera lo menciona LEINONEN (2016) que realizó la evaluación de la presión de toda la planta del pie, adaptando su prototipo dentro de una plantilla en una zapatilla considerando áreas de mayor presión en esta.

La generación total de energía eléctrica obtenida del movimiento de las personas, en las 11 noches realizadas las pruebas con los voluntarios, una noche por voluntario, a través del prototipo fue de 2.4 A, 12V y con una potencia de 28.3 W, utilizándose un total de 324 sensores piezoeléctricos, en referencia a la energía recolectada de otros prototipos aprovechando la energía almacenada de las personas, ZURITA (2017) generó una intensidad de corriente de 2.63 A con un valor de 15.5 V con una potencia de 40.77 W, este realizó un prototipo que convierte energía mecánica a eléctrica a través de una bicicleta convencional, en comparación con el resultado de este autor, la diferencia se tendría en el tiempo de recolección de los prototipos, el somier tuvo un tiempo de 11 días en pruebas mientras que la bicicleta lo obtuvo en un tiempo menor, esto se debe a que la energía acumulada del prototipo del autor es constante según el ejercicio físico que se realiza, en comparación con el prototipo del somier que depende del movimiento

que genera las personas adicionándole la característica principal de su masa; así mismo DĄBROWSKA y GRESZTA (2019), en su análisis de prototipos referente a prendas de vestir obtuvieron una salida máxima de 1.42 mW, mencionando que la generación de la energía recolectada será más eficiente según la frecuencia del movimiento de las personas lo que concuerda con el prototipo del somier

En comparación con MELGAREJO Y LOZANO (2018) en su prototipo adaptado al zapato obtuvo un voltaje de 4.5V, ya que este solo uso 9 sensores piezoeléctricos y la corriente generada fue mínima, aunque las presiones al caminar fueron constantes, lo que resalta que a mayor uso de sensores piezoeléctricos en un prototipo mayor es la generación de energía de salida; de igual forma HANIF, et al. (2018), recolecto una energía máxima de 250 uW con salida de 5.5. V DC, aplicando un diseño que rotación continuo montado en un voladizo, constituyendo que esta energía tiene la capacidad de alimentar dispositivos portátiles de baja potencia.

Por otro lado PROTO, et al. (2016) comparo dos transductores piezoeléctricos el PZT (Titanato de circonato de plomo) y PDVF (Polivinilideno de difloruro) resaltando la eficiencia del PZT en cuanto a potencia generada, además que a partir del movimiento básico de las personas como caminar, trotar o correr generaba energía eléctrica, obteniendo de 6uW – 74 uW, siendo los puntos de mayor generación de energía como los codos, rodillas y al caminar, con lo que concuerdan con los datos obtenidos en el prototipo del somier, mientras un mayor punto de presión en los sensores mayor es la generación de energía, teniendo en cuenta la fuerza con la que son presionados, que depende directamente de la masa de la persona.

En relación con la rentabilidad del prototipo, la implementación en zonas rurales, no sería adecuada, sin que se mejorara la eficiencia generando mayor energía, y la mejora de los materiales empleados como la estructura del somier (tipo de colchón, tipo de estructura) y de los bloques (número de sensores, material de la base, etc.) lo que aumentaría el valor del prototipo, ya que la energía producida por persona es baja, y el tiempo de carga es lento, esto coincidió con FISHER y DUARTE (2018) que analizaron implementaciones piezoeléctricas en baldosas, determinando que los proyectos en relación a piezoelectricidad tiene un alto costo

en implementación, ya que este tipo de métodos aún se encuentra en desarrollo, considerando la no rentabilidad en comparación con el precio de la energía eléctrica en centros urbanos.

La implementación a gran escala, entre 5 a más, de este tipo de prototipos aumentaría la recolección de energía y disminuiría el tiempo de carga de la batería, considerando que solo se aplicó para el uso de una persona y se utilizó 9 bloques, en comparación con NUÑEZ (2018), que implemento baldosas en una discoteca con el fin de reducir el consumo de energía convencional, este aplico un mayor número de baldosas en un área de 15 m², donde se evaluó a más de 75 personas, resaltando que se obtuvo una potencia de 413 W en solo una noche, con relación a lo que se obtuvo con el somier que fue de 28.4 W en 11 noches con una mayor tiempo empleado, por otro lado VELÁSQUEZ, et al. (2020), realizo pruebas experimentales en baldosas conectados a voladizos en base a movimiento de peatones obteniendo una potencia de 25 V, recalcando que a mayor número de baldosas en este caso, aumentaría la energía de salida.

En relación a la eficiencia y adaptabilidad del sensor PZT (Titanato de circonato de plomo), este actuó de manera similar a lo mencionado en PROTO, et al. (2016) que compara dos tipos de sensores el PZT y PVDF en el movimiento de las personas adaptado al cuerpo en sus articulaciones, siendo el más eficiente en relación a la energía producida y adaptable para el manejo el PZT; pero el desgaste con la manipulación constante reducen esa eficiencia llegando a que el sensor disminuya el valor de energía de salida, esto se resalta en STUVER, et al. (2019), mencionando que los materiales piezoeléctricos utilizados comúnmente cerámicas inorgánicas (PZT) tienen deficiencias al ser frágiles, aunque tienen altos coeficientes piezoeléctricos, y que materiales fabricados de potasio niobatio de litio y sodio en un polietilino flexible, mejoraría la adaptabilidad y el manejo, además que este tipo de materiales son respetuosos con el medio ambiente; igualmente WENYING, et al. (2018), que comparo estos dos tipos de sensores PZT y PVDF en cosechadoras de pandeo piezoeléctricas adaptadas al talón del zapato, mostro que el PZT tiene una mayor flexibilidad pero tienden a ser frágiles, con lo que la manipulación de estos tipos de sensores tienen una importancia en la generación de energía recolectada.

En relación con otros prototipos adaptados a voladizos utilizando la vibración del aire y las olas del océano, como energía renovable, KAUR, et al. (2020) obtuvo una salida de potencia de 43,12 mW al realizar un túnel de viento que consto de parches de PZT y DU, et al. (2020) que obtuvo un resultado de 6.11 V de energía de salida en su convertidor piezoeléctrico de captación de energía cinética por las olas del océano, en comparación con el aprovechamiento de la energía mecánica de las personas en base al movimiento, hay una mejor eficiencia y mayor energía de salida, de este modo las personas se pueden considerar como una fuente de energía renovable, adaptando estructuras piezoeléctricas en aplicaciones que aprovechen situaciones cotidianas de estas, como el sentarse en un mueble, asientos de buses, trenes, etc.

VI. CONCLUSIONES

1. Las características físico-humanas de las personas que participaron en la ejecución del proyecto no son determinantes para demostrar que estas influyen en la eficiencia del prototipo piezoeléctrico, puesto que estas presentan diferentes características, además el número de voluntarios en relación con las pruebas realizadas fue muy reducido, sin embargo, los resultados obtenidos, muestran que la masa (kg) de los participantes influye con la generación de energía a través del movimiento que estas generan,
2. Las características del somier, referente al largo, ancho, altura y grosor no influyen directamente en la generación de energía renovable, con referencia al grosor, la deformación que se observó en el colchón en cada voluntario al acostarse fueron similares, por lo que no se consideró como un factor que influya en la determinación de la energía recolectada; no obstante, se debe tener en cuenta que el somier debe ser cómodo para los usuarios, de tal forma que no afecte o intervenga en las horas de descanso diarias de cada uno de los voluntarios.
3. Los parámetros para la estimación de la potencia como la intensidad de corriente eléctrica y la tensión (V) influyen directamente en la generación de energía renovables, mientras mayor sea el voltaje, mayor la intensidad de corriente y de igual manera mayor la potencia, por lo que el movimiento corporal de la persona es fundamental para generar estos tipos de parámetros.
4. Se recolectó energía eléctrica renovable a través del prototipo piezoeléctrico, con lo que se demuestra el objetivo general de la investigación, esta energía limpia es captada a través del movimiento corporal de las personas, teniendo una relación directa con una característica físico-humana que es la masa, mientras mayor masa tenga la persona, como movimiento, mayor será la generación de energía, esta también dependerá de la cantidad de discos piezoeléctricos utilizados y a la ubicación de los bloques en el somier.

VII. RECOMENDACIONES

- En la implementación del prototipo se emplearon transductores piezoeléctricos en forma de discos pequeños con la capacidad de generar energía, los cuales requieren estar expuestos a presión para su funcionamiento, tras haber evaluado su eficiencia en esta investigación; se recomienda una manipulación delicada de estos sensores, ya que resultaron ser muy frágiles al estar sometidos a la presión generada por el movimiento corporal de las personas mientras dormían y esto no permitió tener una óptima eficiencia de generación de energía, ya que el desgaste de estos sensores iba disminuyendo la energía de salida.
- Investigar cómo se podría mejorar la eficiencia del prototipo piezoeléctrico, con la finalidad de incrementar la generación de energía; ya que independientemente de los resultados obtenidos en esta investigación, la tecnología piezoeléctrica es una muy buena alternativa sostenible para reemplazar el uso de energías no renovables derivadas de combustibles fósiles que a larga generan impactos nocivos al ambiente.
- Emplear cables de mayor resistencia a la manipulación y conexión con los sensores, esto mejorara la capacidad de manejo del circuito y no permitirá que los sensores se quiebren, estos pueden ser de cable de cobre número 14.
- Utilizar mayor cantidad de discos piezoeléctricos, ya que con ello se aumentará el voltaje y la intensidad de corriente del prototipo piezoeléctrico.
- Realizar investigaciones respecto a tecnologías piezoeléctricas; así también considerar las actividades rutinarias de las personas, las que pueden ser aprovechadas para la generación de energía, teniendo en cuenta las actividades en las que mayor energía se gasta.

REFERENCIAS

1. AL-HAIK, Mohammad Y.; ALOTHMAN, Abdulmohsen A.; HAJJ, Muhammad R. Integrated Thermoelectric Energy Generator and Organic Storage Device. *Energy Harvesting and Systems*, 2018, vol. 5, no 3-4, p. 73-79. [Fecha de consulta: 28 mayo 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/296688337_Integrated_Piezoelectric_Energy_Harvesting_and_Organic_Storage_System
2. ABBASIPOUR, Mina, Improving piezoelectric and pyroelectric properties of electrospun PVDF nanofibers using nanofillers for energy harvesting application. *Polymers for Advanced Technologies* [en línea]. 2019, vol. 30, no 2, p. 279-291 [Fecha de consulta: 25 mayo 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/pat.4463>
3. BARBOZA, Leadina Sánchez; PINEDA, Ramón Enrique Pérez; STANESCU, Carmen Vásquez. Eficiencia de países desarrollados en el control del uso de combustibles fósiles para generar energía. *Revista Científica Ecociencia* [en línea]. 2017, vol. 4, no 2, p. 58-71 [Fecha de consulta: 25 mayo 2020]. ISSN 1390-9320. Disponible en: <http://revistas.ecotec.edu.ec/index.php/ecociencia/article/view/28>
4. BOLAÑOS MARTÍNEZ, Joel Abraham. Diseño, construcción y puesta en operación del prototipo: sistema de suministros de energía por paneles piezoeléctricos en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería, USAC. 2016. Tesis Doctoral. Universidad de San Carlos de Guatemala. [Fecha de consulta: 6 septiembre 2020]. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5885/1/Joel%20Abraham%20Bola%20B1os%20Mart%C3%ADnez.pdf>
5. BUTT, Zubair, PASHA, Riffat, QAYYUM, Faisal, ANJUM, Zeeshan, AHMAD, Nasir and ELAHI, Hassan. Generation of electrical energy using lead zirconate titanate (PZT-5A) piezoelectric material: Analytical, numerical and experimental verifications. *Journal of Mechanical Science and Technology* [en línea]. 2016, vol. 30, no 8, p. 3553-3558 [Fecha de consulta: 25 mayo 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12206-016-0715-3>

6. BÜYÜKKESKIN, İkrım, et al. Electricity Production from Wind Energy By Piezoelectric Material. *International Journal of Renewable Energy Development* [en línea]. 2019, vol. 8, no 1 [Fecha de consulta: 6 septiembre 2020]. ISSN 2252-4940. Disponible en: <https://doi.org/10.14710/ijred.8.1.41-46>
7. ĆEPONIS, Andrius and MAŹEIKĄ, Dalius. Investigation of multifrequency piezoelectric energy harvester. *Shock and Vibration* [en línea]. 2017, vol. 2017. [Fecha de consulta: 16 mayo 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2017/8703680>
8. CHEW, Zheng Jun, and ZHU, Meiling. Adaptive self-configurable rectifier for extended operating range of piezoelectric energy harvesting. *IEEE Transactions on Industrial Electronics* [en línea]. 2019, vol. 67, no 4, p. 3267-3276 [Fecha de consulta: 16 mayo 2020]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=140337383&lang=es&site=eds-live&scope=site>
9. COSTANZO, Luigi and VITELLI, Massimo. Tuning Techniques for Piezoelectric and Electromagnetic Vibration Energy Harvesters. *Energies* [en línea]. 2020, vol. 13, no 3, p. 527 [Fecha de consulta: 2 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/3/527>
10. COXTINICA, Arturo. La generación de energía eléctrica por fuentes renovables y su uso en México [en línea]. Tesis Ingeniero Eléctrico y Electrónico. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería, 2015. [Fecha de consulta: 15 mayo 2020]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/6715/Tesis.pdf?sequence=1>
11. DAŁBROWSKA, Anna and GRESZTA, Agnieszka. Analysis of the possibility of using energy collectors to power portable electronic devices in clothing. *Advances in Materials Science and Engineering* [en línea]. 2019, vol. 2019 [Fecha de consulta: 15 mayo 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2019/9057293>
12. DU, X., ZHAO, Y., LIU, G., ZHANG, M., WANG, Y., & YU, H. Enhancement of the Piezoelectric Cantilever Beam Performance via Vortex-Induced

- Vibration to Harvest Ocean Wave Energy. *Shock & Vibration* [en línea]. 2020, 1–11 [Fecha de consulta: 18 septiembre 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/8858529>
13. ERNESTO A Elvira-Hernández, USCANGA, Luis A, HERRERA y May Agustín L. Vibraciones mecánicas: fuente de energía verde para micro dispositivos [en línea]. 2018, p. 33-37 [Fecha de consulta: 7 mayo 2020]. Disponible en: <https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000004038.pdf>
 14. FANG, Mingwei, LIAO, Qingwei, WANG, Jiawen, QIN, Lei, ZHONG, Chao and ZHANG, Di. Self-adaptive piezoelectric ceramic vibration system based on asymmetric piezoelectric cantilever for energy harvesting. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, 2018, vol. 15, no 5, p. 1268-1276. [Fecha de consulta: 7 mayo 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ijac.12886>
 15. FORERO-GARCÍA, Edwin; GELVEZ-LIZARAZO, Oscar; TORRES-PINZÓN, Carlos. Piezoelectric transducer design for electric power generation. *Revista UIS Ingenierías* [en línea]. 2019, vol. 18, no 1, p. 119-126 [Fecha de consulta: 2 mayo 2020]. ISSN 2145-8456. Disponible en: <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n1-2019010>
 16. FISCHER, Eric; DUARTE, Gastón. Generación de energía con materiales piezoeléctricos [en línea]. Tesis Doctoral. Buenos Aires: Universidad Nacional de Mar del Plata, 2018 [Fecha de consulta: 7 mayo 2020]. Disponible en: <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/handle/123456789/315>
 17. GABRIEL, Julio, GANCHOZO, Blanca, VALVERDE, Alfredo y PIGUAVE, Carlos. Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios [en línea]. 2017 [Fecha de consulta: 15 mayo 2020]. Disponible en: <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/116>
 18. HALIM, Miah, KABIR, M, CHO, Hyunok and PARK, Jae. A Frequency Up-Converted Hybrid Energy Harvester Using Transverse Impact-Driven Piezoelectric Bimorph for Human-Limb Motion. *Micromachines* [en línea]. 2019, vol. 10, no 10, p. 701 [Fecha de consulta: 7 junio 2020]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-666X/10/10/701>

19. HANIF, Noor Hazrin Hany Mohamad, ZAIN, Mohd Zulhilmi, ROHAIMIE, Mas and AZAM, Huda. Power Estimation for Wearable Piezoelectric Energy Harvester. *Telkomnika* [en línea]. 2018, vol. 16, no 3, p. 983-988 [Fecha de consulta: 2 junio 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.12928/telkomnika.v16i3.9034>
20. HE, W., ZHANG, J., & YANG, A. Energy harvesting from low-frequency vibration using a shear-mode rectangular cymbal transducer with a piezoelectric array. Paper presented at the *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [en línea]. 2019, 227(4) [Fecha de consulta: 2 mayo 2020]. doi:10.1088/1755-1315/227/4/042058
21. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ-COLLADO, Carlos; BAPTISTA-LUCIO, Pilar. Metodología de la investigación Mc Graw Hill. México DF: Interamericana Editores, 2014.
22. KAUR, Naveet, MAHESH, Dasari and SINGAMSETTY, Sreenitya. An experimental study on piezoelectric energy harvesting from wind and ambient structural vibrations for wireless structural health monitoring. *Advances in Structural Engineering* [en línea]. 2020, vol. 23, no 5, p. 1010-1023 [Fecha de consulta: 3 mayo 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/1369433219886956>
23. KIM, Seonghoon; SHEN, Junan; AHAD, Mohammad. Piezoelectric-based energy harvesting technology for roadway sustainability. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2015, vol. 5, no. Disponible en: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1052.7612&rep=rep1&type=pdf>
24. LEINONEN, Mikko, JUUTI, Jari, JANTUNEN, Heile and PALOSAARI, Jaakko. Energy Harvesting with a Bimorph Type Piezoelectric Diaphragm Multilayer Structure and Mechanically Induced Pre-stress. *Energy Technology* [en línea]. 2016, vol. 4, no 5, p. 620-624 [Fecha de consulta: 16 mayo 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ente.201500429>
25. LI, Suling, et al. Cloth-based power shirt for wearable energy harvesting and clothes ornamentation. *ACS applied materials & interfaces*, 2015, vol. 7, no

- 27, p. 14912-14916. [Fecha de consulta: 18 septiembre 2020]. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsami.5b03680>
26. LÓPEZ, Gabriela Correa. Cambio climático, energía solar y disputas comerciales. *Portes*, revista mexicana de estudios sobre la Cuenca del Pacífico [en línea]. 2017, vol. 11, no 21, p. 7-26 [Fecha de consulta: 7 mayo 2020]. Disponible en <http://revistasacademicas.ucol.mx/index.php/portes/article/view/1310/1185>
27. LOZADA, José. Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica* [en línea]. 2014, vol. 3, no 1, p. 47-50 [Fecha de consulta: 15 mayo 2020]. ISSN 1390-9592. Disponible en: Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria
28. KIM, In-Ho, JANG, Seon-Jun and JUNG, Hyung-Jo. Design and experimental study of an I shape piezoelectric energy harvester. *Shock and Vibration* [en línea]. 2017, vol. 2017. [Fecha de consulta: 7 mayo 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2017/8523218>
29. MELGAREJO, Irving y LOZANO, Daniel. Sistema de generación de energía eléctrica en una plantilla de calzado para la carga de una batería de un celular [en línea]. Tesis Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2018. [Fecha de consulta: 2 mayo 2020]. Disponible en <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/26137>
30. MUTSUDA, Hidemi, et al. A painting type of flexible piezoelectric device for ocean energy harvesting. *Applied Ocean Research*, 2017, vol. 68, p. 182-193. [Fecha de consulta: 18 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141118717302419>
31. NUÑEZ, Miguel Angel. Aprovechamiento de la tecnología piezoeléctrica para la generación de energía eléctrica en la pista de baile de la discoteca La Cayet - Distrito de Soritor - Departamento de San Martín [en línea]. Tesis en Ingeniería Mecánico Electricista. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2018. [Fecha de consulta: 2 mayo 2020]. Disponible en <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/2174>

32. ORGANISMO Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética. [En línea]. Lima: Osinergmin [Fecha de consulta: 02 mayo 2020]. ISBN: 978-612-47350-6-6 Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/606976/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf>
33. ORREGO, Santiago, et al. Harvesting ambient wind energy with an inverted piezoelectric flag. *Applied energy*, 2017, vol. 194, p. 212-222. [Fecha de consulta: 6 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261917302350>
34. PENDÓN, Manuela Mercedes, WILLIAMS, Eduardo, CIBERIA, Natalia, COUSELO, Romina, CRESPI, Gabriel y TITTONEL, Marcelo. Energía renovable en Argentina: cambio de paradigma y oportunidades para su desarrollo. En *IV Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería (La Plata, 2017)* [en línea]. 2017 [Fecha de consulta: 25 mayo 2020]. ISBN 978-950-34-1453-8. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/60384>
35. PROTO, Antonino, PENHAKER, Marek, BIBBO, Daniele, VALA, David, CONFORTO, Silvia and SCHMID, Maurizio. Measurements of generated energy/electrical quantities from locomotion activities using piezoelectric wearable sensors for body motion energy harvesting. *Sensors* [en línea], 2016, vol. 16, no 4, p. 524 [Fecha de consulta: 24 abril 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/s16040524>
36. PUSCASU, Onoriu, COUNSELL, Nathan, HERFATMANESH, Mohammad, PEACE, Richard, PATSAVELLAS, John and DAY, Rodney. Lighting with piezoelectric energy collection floors. *Energy Technology* [en línea]. 2018, vol. 6, no 5, p. 906-916 [Fecha de consulta: 24 abril 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ente.201700629>
37. REZAEI-HOSSEINABADI, Nasrin, et al. An efficient piezoelectric windmill topology for energy harvesting from low-speed air flows. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2014, vol. 62, no 6, p. 3576-3583. [Fecha de consulta: 6 septiembre 2020]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6957593/>

38. SEPÚLVEDA, Esteban. Diseño de un Colector de Energía Piezoeléctrico (Energy Harvesting) Mediante Optimización Topológica que Maximice la Transformación de Energía Mecánica en Eléctrica Generada por un Ser Humano al Caminar [en línea]. Magíster en Ingeniería Mecánica. Medellín: Universidad Nacional de Colombia 2014. [Fecha de consulta: 22 abril 2020]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52878>
39. SHAHAB, Shima, ZHAO, Sihong and ERTURK, Alper. Soft and hard piezoelectric ceramics and single crystals for random vibration energy harvesting. Energy Technology [en línea]. 2018, vol. 6, no 5, p. 935-942 [Fecha de consulta: 22 abril 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ente.201700873>
40. STUBER, Vincent, DEUTZ, Daniella, BENNETT, James, CANNEL, David, DE LEEUW, Dago, ZWAAG, Sybrand and GROEN, Pim. Flexible Lead-Free Piezoelectric Composite Materials for Energy Harvesting Applications. Energy Technology, 2019, vol. 7, no 1, p. 177-185. [Fecha de consulta: 28 abril 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ente.201800419>
41. UCHINO, Kenji. Piezoelectric energy harvesting systems—Essentials to successful developments. Energy Technology [en línea]. 2018, vol. 6, no 5, p. 829-848 [Fecha de consulta: 22 abril 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ente.201700785>
42. VÁSQUEZ, Arturo, TAMAYO, Jesús y SALVADOR, J. La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático. Osinergmin [en línea]. Lima-Perú, 2017. [Fecha de consulta: 3 mayo 2020]. Disponible en: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf
43. VELASQUEZ, Alejandra Echeverry, QUINTANA, Mateo, POSADA-MONTOYA, José and FERNANDEZ, José. Design, Construction and Evaluation of an Energy Harvesting Prototype built with Piezoelectric Materials. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia [en línea], 2020. [Fecha de consulta: 3 mayo 2020]. ISSN 2422-2844. Disponible en: <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20200161>

44. WENYING, Cao, ZHAOLING, LI and WEIDONG, Yu. Energy harvesting from human motions for wearable applications. *DE REDACTIE* [en línea], 2018, p. 390 [Fecha de consulta: 28 abril 2020]. ISSN 1222-5347. Disponible en: http://www.revistaindustriatextila.ro/images/2018/05/Industria%20Textila%20nr%205_2018_web.pdf#page=46
45. WU, Nan; WANG, Quan; XIE, XiangDong. Ocean wave energy harvesting with a piezoelectric coupled buoy structure. *Applied Ocean Research*, 2015, vol. 50, p. 110-118. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S01411871500005X>
46. XIN, Yi, et al. Shoes-equipped piezoelectric transducer for energy harvesting: A brief review. *Ferroelectrics*, 2016, vol. 493, no 1, p. 12-24. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00150193.2016.1123061>
47. XIONG, Xingyu and OYADIJI, S. Olutunde. Design and experimental study of a multi-modal piezoelectric energy harvester. *Journal of Mechanical Science and Technology* [en línea], 2017, vol. 31, no 1, p. 5-15 [Fecha de consulta: 28 abril 2020]. DOI 10.1007 / s12206-016-1202-6
48. YLLI, K., et al. Energy harvesting from human motion: exploiting swing and shock excitations. *Smart Materials and Structures*, 2015, vol. 24, no 2, p. 025029. [Fecha de consulta: 6 septiembre 2020]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0964-1726/24/2/025029/meta>
49. ZHOU, Maoying, FU, Yang, WANG, Ban and JI, Huawei. Investigation upon the performance of piezoelectric energy harvester with elastic extensions. *Applied Mathematical Modelling* [en línea], 2020, vol. 83, p. 438-453 [Fecha de consulta: 28 abril 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.03.010>
50. ZURITA, Paul. Diseño e implementación de un prototipo electrónico de máquina isotónica auto sustentada con energía eléctrica de humano-propulsión [en línea]. Tesis en Ingeniería Electrónica y Control. Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2017. [Fecha de consulta: 3 mayo 2020] Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19299>
51. ZHAO, Haibo, WEI, Xiaoxiang, ZHONG, Yiming and WANG, Peihong. A Direction Self-Tuning Two-Dimensional Piezoelectric Vibration Energy

Harvester. Sensors [en línea], 2020, vol. 20, no 1, p. 77 [Fecha de consulta: 28 abril 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/s20010077>

ANEXOS

Anexo. Declaración de autenticidad (autores)



Declaratoria de Originalidad de Autores

Nosotros, López León Mily y Prudencio Espíritu Daniel Angel, egresados de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Norte, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada: "Energía renovable obtenida a partir del diseño e implementación de un prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier aprovechando el movimiento corporal, Lima 2020", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 23 de diciembre del 2020,

Apellidos y Nombres del Autor:	Firma
LOPEZ LEON, MILY DNI: 46570152 ORCID: 0000-0003-2663-8726	
PRUDENCIO ESPIRITU DANIEL A. DNI: 47150112 ORCID: 0000-0002-1757-4846	

Anexo. Declaración de autenticidad (asesor)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, BENITES ALFARO ELMER GONZALES, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "ENERGÍA RENOVABLE OBTENIDA A PARTIR DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PIEZOELÉCTRICO ADAPTADO A UN SOMIER APROVECHANDO EL MOVIMIENTO CORPORAL, LIMA 2020.", del (los) autor (autores) LOPEZ LEON MILY, PRUDENCIO ESPIRITU DANIEL ANGEL, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación / Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 24 de diciembre de 2020

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
BENITES ALFARO ELMER GONZALES DNI: 07867259 ORCID 0000-0003-1504-2089	Firmado digitalmente por: ELBENITESALF el 24 Dic 2020 17:55:37

Código documento Trilca: 97833

Anexo. Acta de sustentación de Tesis



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Acta de Sustentación de Tesis

Siendo las 19:15 horas del 23 de diciembre de 2020, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Tesis titulado: "ENERGÍA RENOVABLE OBTENIDA A PARTIR DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PIEZOELECTRICO ADAPTADO A UN SOMIER APROVECHANDO EL MOVIMIENTO CORPORAL, LIMA 2020.", Presentado por el / los autor(es) DANIEL ANGEL PRUDENCIO ESPIRITU, MILY LOPEZ LEON estudiante(s) de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Concluido el acto de exposición y defensa de Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

Autor	Dictamen
MILY LOPEZ LEON	Excelencia

Se firma la presente para dejar constancia de lo mencionado:

Firmado digitalmente por: JJAVEN el 29 Dic 2020
14:30:12

JÓRGE LEÓNARDO JAVE NAKAYO
PRESIDENTE

Firmado digitalmente por: JORDONE202 el 29 Dic 2020
17:48:02

JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ
SECRETARIO

Firmado digitalmente por: ELBENITESALF el 24 Dic
2020 17:55:35

ELMER GONZALES BENITES ALFARO
VOCAL (ASESOR)

Código documento Títulos: 97831



Anexo. Autorización de Publicación en Repositorio Institucional



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Yo (Nosotros), LOPEZ LEON MILY, PRUDENCIO ESPIRITU DANIEL ANGEL identificado con DNI N° 46570152, 47150112, (respectivamente) estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, autorizo (autorizamos) (), no autorizo (autorizamos) () la divulgación y comunicación pública de mi (nuestro) Tesis: "ENERGÍA RENOVABLE OBTENIDA A PARTIR DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PIEZOELÉCTRICO ADAPTADO A UN SOMIER APROVECHANDO EL MOVIMIENTO CORPORAL, LIMA 2020."

En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo, según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de NO autorización:

.....
.....

Lima 24 de diciembre de 2020

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
LOPEZ LEON MILY DNI: 46570152 ORCID 0000-000326638726	Firmado digitalmente por: LOPEZLEO el 28 Dic 2020 14:42:54
PRUDENCIO ESPIRITU DANIEL ANGEL DNI: 47150112 ORCID 0000-000217574946	Firmado digitalmente por: DPRUDENCIOE el 28 Dic 2020 19:03:57

Código documento Trilca: 97832

Anexo. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier	Se define piezoelectricidad, del griego "PIEZO", que denota "presionar" o "prensar", lo que piezoeléctrico es la generación de energía eléctrica a través de la presión (Fischer y Duarte, 2018).	El funcionamiento del dispositivo piezoeléctrico adaptado a un somier genera energía a partir del movimiento corporal; tuvo en cuenta las características físico-humanas y del somier, además de los parámetros para la estimación de potencia.	Características físico-humanas	Edad	años
					Masa	(kg)
					Tiempo de descanso	Segundos
					Índice de masa corporal	Kg/m
					Altura	(m)
				Características del somier	-Largo	(m)
					-Ancho	(m)
					-Grosor	(m)
					-Altura	(m)
				Parámetros para la estimación de potencia	Amper	Amperio (A)
Presión	Pascal (Pa)					
Voltaje	Voltio(V)					
Potencia	Watt (w)					
DEPENDIENTE	Generación de energía renovable a partir del movimiento corporal	Las energías renovables son toda forma de energía producida a partir de fuentes de energía inagotable y de manera sostenible. (Osinermin, 2019. citando a IRENA, 2016).	En la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal, se analizaron las características piezoeléctricas para determinar si éstas influyen en la producción de energía de salida.	Características piezoeléctricas	Material	Tipo
					Cantidad de material	unidad
				Producción de energía de salida	Voltaje	Voltio(V)
					Potencia	Watt (w)
					Amper	Amperio (A)

Anexo. Matriz de consistencia

“Energía renovable obtenida a partir del diseño e implementación de un prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier aprovechando el movimiento corporal, Lima 2020”		
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS
GENERAL	GENERAL	GENERAL
¿Cómo generar energía renovable a partir del movimiento corporal mediante el diseño y la implementación de un prototipo piezoeléctrico adaptado en un somier, Lima 2020?	Diseñar e implementar un prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier para generar energía renovable a partir del movimiento corporal.	El prototipo piezoeléctrico adaptado a un somier genera energía renovable a partir de movimiento corporal.
ESPECÍFICO	ESPECÍFICO	ESPECÍFICO
¿Cuáles son las características físico-humanas que influyen en la generación energía renovable a partir del movimiento corporal?	Determinar son las características físico-humanas que influyen en la generación energía renovable a partir del movimiento corporal	las características físico-humanas que influyen en la generación energía renovable a partir del movimiento corporal
¿Cuáles son las características del somier que influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal?	Determinar las características del somier que influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal	Las características del somier influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal
¿Cuáles son los parámetros para la estimación de potencia que influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal?	Evaluar los parámetros para la estimación de potencia que influye en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal.	Los parámetros para la estimación de potencia que influyen en la generación de energía renovable a partir del movimiento corporal.

Anexo. Registro de las características físicas de los voluntarios

	FICHA DE REGISTRO DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-HUMANAS DE LOS VOLUNTARIOS					FECHA:	ANEXO 1
							VERSION: 01
Nº DE FICHA							
NOMBRES DE LOS INVESTIGADORES							
ITEM	DATOS PERSONALES	EDAD (años)	MASA (kg)	ALTURA (m)	IMC (kg/m)	TIEMPO DE DESCANSO (horas)	OBSERVACIONES
1	MILY LOPEZ LEON	30	49	1.54	20.7	8	la primera prueba resulto incomoda para el usuario
2	DANIEL ANGEL PRUDENCIO ESPIRITU	28	90	1.69	31.5	8	
3	ORLANDO PRUDENCIO ESPIRITU	37	89	1.75	29.1	8	
4	JOSUE RIOS ESPIRITU	21	64.6	1.65	23.7	8	
6	MANUEL PRUDENCIO ESPIRITU	31	88.3	1.68	31.3	8	
7	GIOVANA URSULA PRUDENCIO ESPIRITU	35	63.2	1.58	25.3	8	
8	WILLIAM CENTENO LUJAN	34	85	1.75	27.8	8	
9	ALEJANDRO PAREDES MEJIA	34	70	1.69	24.5	8	
10	MELANIO LOPEZ PEDEMONTE	57	73	1.7	25.3	8	
RESPONSABLE DEL REGISTRO							
NOMBRES:	MILY LOPEZ LEON						
FECHA:	VARIABLES						
FIRMA:							

Anexo. Validación de instrumentos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro, Elmer
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente /Universidad César Vallejo
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **FICHA DE ESTIMACIÓN DE ENERGÍA DE SALIDA**
 1.4. Autor(A) de Instrumento: López Leon Mily/Prudencio Espiritu Daniel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MEDIAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												95%	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												95%	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												95%	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												95%	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												95%	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												95%	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												95%	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												95%	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												95%	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												90%	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 12 de junio del 2020


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 C.P. 71598
 ORCID ID: 0000-0009-1504-2099
 Scopus ID de autor: 57216176785
 Web of Science Researcher ID: ARI-8844-2020

DNI No 07867259.

Telf.: 987212209

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniero Químico Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **FICHA DE ESTIMACION DE ENERGIA DE SALIDA**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: López León Mily / Prudencio Espiritu Daniel Ángel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												x	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												x	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												x	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												x	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												x	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												x	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												x	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												x	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												x	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												x	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de junio del 2020


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

DNI No 08306575 Telf.: 974124836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mg. Peralta Medina, Juan Alberto
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniero Químico
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **FICHA DE ESTIMACION DE ENERGIA DE SALIDA**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: López León Mily / Prudencio Espirito Daniel Ángel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 15 de junio del 2020



Juan Alberto Peralta Medina
 Ing. Químico - CIP 10871
 Dirección: Lima - Centro
 Dirección de Investigación y Evaluación

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro, Elmer
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente /Universidad César Vallejo
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HUMANAS DE LOS VOLUNTARIOS
 1.4. Autor(A) de Instrumento: López Leon Mily/Prudencio Espiritu Daniel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												95%	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												95%	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												95%	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												95%	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												95%	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												95%	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												95%	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												95%	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												95%	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												95%	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
 Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 12 de junio del 2020



Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 CIP: 71998
 ORCID ID: 8080-0003-1504-2089
 Scopus ID de autor: 57218176765
 Web of Science Researcher ID: AA-8644-2020

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: Dr. Acosta Suasnabar, Eusebio Horacio
 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente / Universidad Cesar Vallejo
 5.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniero Químico Ambiental
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **REGISTRO DE CARACTERISTICAS FISICO-HUMANAS DE LOS VOLUNTARIOS**
 5.5. Autor(A) de Instrumento: López León Mily / Prudencio Espiritu Daniel Ángel

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de junio del 2020


 Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

DNI No 08306575 Telf.: 974124836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres:

Dr. Benites Alfaro, Elmer

1.2. Cargo e institución donde labora:

Dr. Benites Alfaro, Elmer

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

REGISTRO DE ESTIMACIÓN DE POTENCIA

1.4. Autor(A) de Instrumento:

López Leon Mily/Prudencio Espiritu Daniel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MEDIAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													95%	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													95%	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													95%	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													95%	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													95%	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													95%	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													95%	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													95%	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													95%	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													95%	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 12 de junio del 2020



Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
DPI, 73298
ORCID ID: 0000-0001-1504-2097
Scopus ID de Autor: 5172817658
Web of Science Researcher ID: A46-8944-2020

DNI No 07867259.

Telf.: 987212209

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio
 9.2. Cargo e institución donde labora: Docente / Universidad Cesar Vallejo
 9.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniero Químico Ambiental
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **REGISTROS DE ESTIMACION DE POTENCIA**
 9.5. Autor(A) de Instrumento: López León Mily / Prudencio Espíritu Daniel Ángel

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

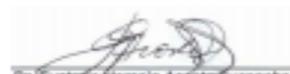
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de junio del 2020



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP Nº 25450

DNI No 08306575 Telf.: 974124836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: Mg. Peralta Medina, Juan Alberto
 9.2. Cargo e institución donde labora: Docente / Universidad Cesar Vallejo
 9.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniero Químico Ambiental
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **REGISTROS DE ESTIMACION DE POTENCIA**
 9.5. Autor(A) de Instrumento: López León Mily / Prudencio Espiritu Daniel Ángel

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 15 de junio del 2020



Juan Alberto Peralta Medina
 Ing. Químico - CIPM 8871
 DNI: 981521062

DNI No 09127909 Telf.: 981521062