



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y de aguas residuales en  
bioceldas para generar energía eléctrica a nivel de laboratorio - 2018

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

Ingeniera Ambiental

**AUTORA:**

Gonzalo Chauca, Diana Lizet

**ASESORA:**

M.SC Cecilia Libia Cermeño Castromonte

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de Residuos

**LIMA – PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme llegar a este momento de mi vida por darme salud y fuerzas para seguir con mi desarrollo académico, guiándome por el buen camino haciendo que logre mis objetivos.

A mis padre Margarita Chauca Saavedra y José Gonzalo Guerrero que depositaron toda su confianza en mí y me brindaron su apoyo incondicional, por motivarme y brindarme valores que me llevaron a ser una persona de bien y sobre todo por el gran amor que me brindan.

A mis hermanos Anthony, Christian y Alessandro por su comprensión, compañía y apoyo en mi etapa universitaria.

El desarrollo de este proyecto se realizó gracias a ellos.

## **AGRADECIMIENTO**

Quisiera expresar mis agradecimientos principalmente a Dios quien me guía y me ilumina siempre, quien pone en mi camino personas maravillosas que me han brindado su apoyo incondicional. Agradezco a mis padres, su comprensión, amor y apoyo incondicional durante mi formación profesional. Así también agradezco a mis hermanos Anthony Christian y Alessandro quienes me brindaron palabras motivadoras durante este proceso.

A mi Asesora de tesis M.sc Cecilia Libia Cermeño Castromonte por brindarme sus conocimientos apoyo y orientación para culminar con éxito esta etapa profesional. Agradezco a los docentes de la universidad César Vallejo por brindarme sus conocimientos y paciencia en el proceso de desarrollo de tesis.

A la Universidad César Vallejo en especial a la facultad de ingeniería ambiental por permitirme ser parte de esta generación de triunfadores.

A mis familiares y amigos que de una u otra manera estuvieron en esta etapa de mi vida, brindándome su apoyo y comprensión. Gracias por ser parte de mi vida.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Diana Lizet Gonzalo Chauca con DNI N° 72192415, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

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 de la Universidad César Vallejo.

Lima, 09 de julio 2018



---

Diana Lizet Gonzalo Chauca



## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS Y DE AGUAS RESIDUALES EN BIOCELDAS PARA GENERA ENERGÍA ELÉCTRICA A NIVEL DE LABORATORIO - 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniera Ambiental

Diana Lizet Gonzalo Chauca

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PRESENTACIÓN.....	vi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática.....	2
1.2. Trabajos previos.....	3
1.3. Bases teóricas.....	8
1.3.1. Bioceldas.....	8
1.3.2. Funcionamiento de la biocelda.....	9
1.3.3. Factores que intervienen en el desempeño de una biocelda.....	11
1.3.4. Biomasa como fuente de energía.....	13
1.3.5. Hidratos de carbono.....	14
1.3.6. Glucosa.....	14
1.3.7. Evaluación de los parámetros de las aguas residuales.....	17
1.3.8. Parámetros físico químicos que intervienen en el desempeño de la biocelda.....	18
1.3.9. Mecanismos de transferencia de electrones.....	18
1.3.11. Termodinámica de las reacciones bioquímicas en las bioceldas.....	19
1.3.12. Naturaleza electroquímica.....	20
1.3.13. Parámetros para medir la producción de energía eléctrica.....	20
1.3.14. Pérdidas por concentración (transporte de masa).....	21
1.3.15. Pérdidas óhmicas.....	21
1.4. Formulación del problema.....	21

1.4.1.	Problema general .....	21
1.4.2.	Problema específico .....	21
1.5.	Justificación del estudio .....	22
1.6.	Hipótesis .....	22
1.6.1.	Hipótesis general.....	22
1.6.2.	Hipótesis específicas.....	23
1.7.	Objetivos.....	23
1.7.1.	Objetivo General.....	23
1.7.2.	Objetivo Específico.....	23
II.	MÈTODO.....	24
2.1.	Diseño de investigación .....	24
2.2.	Variable y definición de operaciones .....	25
2.3.	Población y muestra.....	26
2.3.1.	Población .....	26
2.3.2.	Muestra .....	26
2.3.3.	Técnica de muestreo .....	26
2.4.	Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	27
2.4.1.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	27
2.4.2.	Materiales y equipos utilizados en el experimento.....	29
2.4.3.	Etapas del procedimiento.....	29
2.4.4.	Validación y confiabilidad de instrumentos .....	39
2.5.	Métodos de análisis de datos .....	40
2.6.	Aspectos éticos .....	41
III.	RESULTADOS.....	42
3.1.	Resultado del voltaje e intensidad de corrientes obtenido a partir de los tratamientos en la biocelda .....	42
3.2.	Procesamiento de los datos en el programa IBM SPSS v.23 .....	54

3.2.1. Análisis inferencial .....	54
3.2.2. Prueba paramétrica: .....	55
3.2.3. Prueba paramétrica .....	60
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	64
V. CONCLUSIONES .....	66
VI. RECOMENDACIONES .....	67
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<i>Figura N° 1.</i> Funcionamiento de la biocelda .....	10
<i>Figura N° 3.</i> Bacteria E. Coli. ....	19
<i>Figura N° 2.</i> Geobacter en la superficie del electrodo .....	19
<i>Figura N° 4.</i> Técnica del cuarteo .....	26
<i>Figura N° 5.</i> Caracterización de residuos sólidos.....	30
<i>Figura N° 6.</i> Mapa de ubicación del rio Huaycoloro. ....	31
<i>Figura N° 7.</i> Recolección de la muestra de agua para análisis físico químicos. ....	32
<i>Figura N° 8.</i> Recolección de muestra de agua para su uso en la biocelda. ....	32
<i>Figura N° 9.</i> Recolección de la muestra de agua para análisis microbiológico. ....	32
<i>Figura N° 10.</i> Muestra para análisis físicoquímico y microbiológico.....	33
<i>Figura N° 11.</i> Elementos utilizados para el armado de la biocelda.....	35
<i>Figura N° 12.</i> Armado de la biocelda.....	35
<i>Figura N° 13.</i> Llenado de las bioceldas.....	36
<i>Figura N° 14.</i> Funcionamiento de la biocelda.....	36
<i>Figura N° 15.</i> Resultados del primer tratamiento con 100 ml de residuos de zanahoria. .....	82
<i>Figura N° 16.</i> Resultados del segundo tratamiento con 150 ml de residuos de zanahoria .....	82
<i>Figura N° 17.</i> Resultados del tercer tratamiento con 200 ml de residuos de zanahoria	83
<i>Figura N° 18.</i> Resultados del cuarto tratamiento con 200 ml de residuos de zanahoria	83

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<i>Tabla N° 1:</i> Materiales utilizados como electrodos en las biocelda .....	12
<i>Tabla N° 2:</i> Composición química y nutricional del rábano en 100 gr de materia.....	14
<i>Tabla N° 3:</i> Composición química y nutricional de la zanahoria en 100 gr de materia	15
<i>Tabla N° 4:</i> Composición química y nutricional de la papa en 100 gr de materia .....	16
<i>Tabla N° 5:</i> Factores físico – químicos que afectan a la biocelda .....	18
<i>Tabla N° 6:</i> Cantidades de residuos de zanahoria, residuos de papa y remolacha utilizados en las bioceldas .....	37
<i>Tabla N° 7:</i> Cantidad de agua utilizada en las bioceldas .....	37
<i>Tabla N° 8:</i> Diseño estadístico Completamente al Azar.....	38
<i>Tabla N° 9:</i> Validación de Instrumentos.....	40
<i>Tabla N° 10:</i> Confiabilidad de instrumentos .....	40
<i>Tabla N° 11:</i> Prueba de normalidad del voltaje obtenido de la biocelda a partir de los cuatro tratamientos con residuo de zanahoria.....	54
<i>Tabla N° 12:</i> Análisis descriptivo del voltaje obtenido de la biocelda a partir de los cuatro tratamientos con residuo de zanahoria.....	55
<i>Tabla N° 13:</i> Prueba post Hoc – Tukey .....	58
<i>Tabla N° 14:</i> Prueba de normalidad de la intensidad de corriente obtenida a partir de los cuatro tratamientos con residuo de zanahoria.....	59
<i>Tabla N° 15:</i> Análisis descriptivo de la intensidad de corriente obtenido de la biocelda a partir de los cuatro tratamientos con residuos de zanahoria.....	60
<i>Tabla N° 16:</i> Prueba paramétrica ANOVA para la intensidad de corriente obtenida a partir de los 4 tratamientos con residuos de zanahoria.....	61
<i>Tabla N° 17:</i> Prueba post Hoc – Tukey .....	63

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
<i>Gráfico N° 1:</i> Comportamiento del voltaje vs el tiempo con 100 ml de residuo de zanahoria.....	43
<i>Gráfico N° 2:</i> Comportamiento de la intensidad de corriente vs el tiempo con 100 ml de residuo de zanahoria .....	44
<i>Gráfico N° 3:</i> Comportamiento del voltaje vs el tiempo con 150 ml de residuo de zanahoria.....	46
<i>Gráfico N° 4:</i> Comportamiento de la intensidad de corriente vs el tiempo con 150 ml de residuo de zanahoria .....	47
<i>Gráfico N° 5:</i> Comportamiento del voltaje vs el tiempo con 200 ml de residuo de zanahoria.....	49
<i>Gráfico N° 6:</i> Comportamiento de la intensidad de corriente vs el tiempo con 200 ml de residuo de zanahoria .....	50
<i>Gráfico N° 7:</i> Comportamiento del voltaje vs el tiempo con 250 ml de residuo de zanahoria.....	52
<i>Gráfico N° 8:</i> Comportamiento de la intensidad de corriente vs el tiempo con 250 ml de residuo de zanahor ia .....	53

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo generar energía eléctrica a partir del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y aguas residuales en bioceldas. Para ello se llevó a cabo el armado de la biocelda, la cual constaba de una cámara anódica (anaerobia) y otra catódica (aerobia) con un volumen de 600 ml cada una. Por otro lado, se realizó un muestreo aleatorio simple para la recolección de los residuos sólidos orgánicos que estaban conformados por residuos de zanahoria, rábano y papa, así mismo se recolectó el agua residual del río Huaycoloro la cual fue llevada al laboratorio TYPESA para su análisis microbiológico teniendo una cantidad de 330000 (NMP/100 ml) de *Escherichia coli*, siendo este el principal factor de degradación de la materia orgánica.

Esta investigación tuvo un diseño experimental completamente al azar donde se realizaron 4 tratamientos con diferentes volúmenes de extracto de zanahoria (100 ml, 150 ml, 200 ml, 250 ml) permaneciendo constante los residuos de extracto de papa (50 ml) y extracto de rábano (20 ml), también se utilizó una muestra de 250 ml de agua residual, los cuales actuaron en la cámara anódica. Por otro lado, en la cámara catódica se usó una solución de cloruro de sodio al 4% con la finalidad de aumentar la conductividad eléctrica, cada tratamiento tuvo una operación de 5 días. Los resultados nos muestran que el tratamiento N° 4 fue el que evidencio un máximo voltaje siendo este de 0.708 V y una intensidad de corriente de 0.082 A estando compuesta por 250 ml de residuos de zanahoria con una potencia de 0.058 W.

**Palabras claves:** biocelda, residuos sólidos orgánicos, agua residual, voltaje e intensidad de corriente.

## ABSTRACT

The objective of this research was to generate electricity from the use of organic solid waste and wastewater in biocells. For this, the assembly of the biocell was carried out, which had an anodic chamber (anaerobic) and a cathodic chamber (aerobic) with a volume of 600 ml each. On the other hand, simple random sampling was carried out for the collection of the organic solid waste that were made up of carrots, radishes and potatoes, as well as the residual water of the Huaycoloro River, which was taken to the TYPESA laboratory for its analysis. microbiological having an amount of 330000 (NMP / 100 ml) of *Escherichia coli*, this being the main factor of degradation of organic matter.

This research had a completely randomized experimental design where 4 treatments were carried out, with different volume of carrot extract (100 ml, 150 ml, 200 ml, 250 ml), the residues of potato extract (50 ml) and the extract of radish remained constant (20 ml), also a sample of 250 ml of wastewater was used, which acted in the anodic chamber. On the other hand, in the cathodic chamber a 4% sodium chloride solution was used to increase the electrical conductivity, each treatment had an operation of 5 days. The results show us that the treatment N ° 4 was the one that showed a maximum tension of 0.708 V and a current intensity of 0.082 A composed of 250 ml of carrot residues with a power of 0.058 W

**Keywords:** biocell, organic solid waste, residual water, voltage and current intensity

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la presente investigación se evaluó la generación de energía eléctrica a través del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en bioceldas a nivel laboratorio, el cual tiene como principal función transformar la energía química en energía eléctrica, por medio de los procesos de degradación de la materia orgánica que es llevado a cabo por los microorganismos presentes en el agua residual.

Este estudio se realizó, con la finalidad de reducir la cantidad de materia orgánica que se genera a diario dándole un uso alternativo, así mismo es una buena alternativa para proveer energía eléctrica a las poblaciones más alejadas del país donde es difícil el acceso del servicio eléctrico.

En tal sentido, el presente documento contiene, la descripción de la realidad problemática que se pretende solucionar, así como las hipótesis y objetivos que se quieren lograr, siendo estos puntos los que conforman el Capítulo I, siguiendo una secuencia lógica en el Capítulo II se describe la operacionalización de variables y el diseño de la investigación, también se explicaran las etapas del proceso de experimentación y las técnicas utilizadas para llevar a cabo los muestreos, por último en el Capítulo III, se citan las discusiones de resultados, las conclusiones y recomendaciones para que en futuras investigaciones no incurran en los mismos errores.

## **1.1. Realidad problemática**

Con el pasar de los años se ha generado un incremento en la cantidad de residuos sólidos tanto orgánicos como inorgánicos debido al crecimiento demográfico y económico. Viéndose que la generación de residuos sólidos en el país se ha elevado desde el 2013 hacia el 2015 pasando de 6.8 a 7.5 millones de toneladas por año donde 53,16% es materia orgánica y el 46,84% materia inorgánica. (Plan Nacional de GIRS – 2015) teniendo relación directa con el incremento de la población que ha tenido un aumento ascendente de 30 millones a 31 millones de habitantes desde el año 2013 hacia el 2015. Según el instituto nacional de estadística (2015)

Convirtiéndose en una problemática tanto para zonas urbanas como rurales, ya que la población al querer satisfacer sus necesidades incrementa el uso de materias primas, generando problemas de contaminación ambiental por los desechos que se generan en el proceso de producción y en el término de la vida del producto. Siendo las zonas rurales las más afectadas ya que generan grandes cantidades de materia orgánica debido a que su principal actividad económica es la agricultura y al ser estas zonas muy pobres no cuentan con un buen manejo de estos residuos, perjudicando su calidad de vida.

Así mismo, otro problema que existe en las zonas rurales es la falta de acceso al suministro eléctrico, por lo que se ven obligados a emplear otras fuentes de energía, precarias, tales como la leña, mecheros, velas, ente otros; No obstante se han dado avances tecnológicos para generar energía eléctrica; sin embargo el costo aún es muy alto para las familias más pobres por lo que se debe trabajar no solo por una mayor cobertura eléctrica, sino también para que esta sea más accesible a la economía de los habitantes. Ante este escenario se requiere de tecnologías de bajo costo, accesibles y ambientalmente sostenibles que brinden energía a dichas poblaciones.

Por esta razón en la presente investigación se evaluara la cantidad de energía que se genera del reaprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos (papa, zanahoria y rábano) en bioceldas, que tienen como función principal convertir la energía química en energía eléctrica, a través de la oxidación de la materia orgánica llevada a cabo por los microorganismos presentes en el agua residual, lo cual generaría beneficios ambientales, económicos y sociales, ya que se reduciría la cantidad de residuos orgánicos que se generan a diario y mejoraría la calidad de vida de la población.

## 1.2. Trabajos previos

### A nivel internacional

MEDINA, S. Y ZAPATA, M. (2017), en su tesis titulada “Evaluación de la producción de energía eléctrica y disminución de demanda química de oxígeno (DQO<sub>5</sub>) en aguas residuales sintéticas mediante celdas de combustible microbianas a escala de laboratorio”, utilizaron dos bacterias ( *Escherichia coli* y la *Pseudomonas aeruginosa* ) con el fin de determinar con cuál de estas se produce mayor energía, para ello establecieron las condiciones óptimas de crecimiento y operación de las cepas (temperatura, pH, oxígeno, selección del material de los electrodos), la metodología usada fue la revisión de artículos de la base de datos SCOPUS, el cual le servirá para la selección de las cepas con mayor producción de energía eléctrica, realizaron un cuadro de ponderación del 1 y 5 siendo 1 las cepas que tienen menos de 150 menciones y 5 las cepas que tienen más de 1000 menciones, esta misma metodología fue utilizada para la obtención de las características físicas y químicas de las cepas y para la obtención de los materiales utilizados en las celdas de combustible microbiano. Con ello se obtuvo que las condiciones óptimas de temperatura y pH de la *Escherichia coli* es de 37 °C y 6,4 - 7,2 respectivamente, y para la *Pseudomonas aeruginosa* la temperatura óptima fue de 37° y el pH de 7 siendo clasificados como un microorganismo neutrófilo. Como resultado se obtuvo que la *Escherichia coli* genera mayor voltaje siendo este de 386 mV y una intensidad de corriente de 520 mA, así mismo fue esta cepa la que redujo en 11.53% el DQO<sub>5</sub> del agua tratada en comparación a la *Pseudomonas aeruginosa* que solo redujo un 3.27% de DQO<sub>5</sub>, Para obtener mejores resultados recomendaron realizar varias réplicas para identificar el efecto que tienen los factores en la variación en el voltaje. Así también, realizar las pruebas en un mayor tiempo para identificar en que tiempo el voltaje desciende a cero y analizar el agua durante varios días para determinar en qué tiempo se reduce el DQO<sub>5</sub>.

VÁSQUEZ, H. (2017), en su trabajo de investigación sobre el uso de aguas residuales para la generación de energía eléctrica en celdas de combustible microbiano tuvo como objetivo, diseñar un prototipo de celda que sea capaz de generar energía a partir de la descomposición de la materia orgánica teniendo como parámetros de medición el voltaje, resistencia, pH y tiempo para determinar el rendimiento de la celda.

Este proyecto se realizó en tres etapas los cuales son (operación de sistemas aerobios y anaerobios, diseño, operación y caracterización de la celda de combustible microbiano y como tercera etapa la operación y caracterización eléctrica y biológica), para ello se trabajó con un sistema prefabricado de vidrio siendo estos dos matraces de balón con un volumen de 250 ml conectados con un tubo (macho / hembra) en la parte central, así también se utilizó la membrana polimérica tipo Nefion para el intercambio de protones, para la primera etapa se montaron dos bio – reactores de 3785 ml en donde se agregaron 2800 ml de mezcla de lodos activados (obtenidos de la planta de tratamiento aguas de San Juan Ixhuatepec) y agua residual (obtenidos del efluente del sedimentado de la misma tratadora de agua), para el ánodo se trabajó con un cilindro de horizontal con una capacidad aproximada de 150 ml conteniendo una tela de carbón Toray en contacto con una placa de acero inoxidable y el cátodo contiene una tela de carbón Toray catalizada con una concentración de 0.5 mg Pt/cm<sup>2</sup> como resultados obtuvieron que el sistema aerobio tuvo mayor rendimiento en la generación de energía llegando a un 100% y que el diseño propuesto tuvo un 10% más de eficiencia que otros sistemas.

HERRERO, E; SMITH, T. Y AKID, R. (2013), en su tesis para generar electricidad con aguas residuales como fuente de carbono utilizando una celda de combustible microbiana sin mediadores, utilizaron como fuente de energía agua residuales producidas de una fábrica procesadora de papas y como componente bacteriano activo la *Escherichia coli*, con el objetivo de optimizar el rendimiento de las celdas de combustible microbiano y generar mayor energía eléctrica, en este estudio la cepa bacteriana (*Escherichia coli*) fue cultivada aeróbicamente a 37°C en placas con caldo Luria-Bertani (LB) durante 24 horas y almacenadas a 4°C con un pH 7.2, para la construcción se utilizó un matraz de 1L como ánodo y como cátodo un cilindro de 125 ml las cuales están separadas por una membrana de intercambio de protones (Nafion 117), así mismo ambas cámaras contienen un electrodo de titanio platinizado en forma de tira y los electrones se encuentran unidos al sistema externo por un alambre de cobre. La cámara de ánodo fue cargada con 5 ml de cultivo de bacterias y 500 ml de caldo LB tamponado y diferentes cantidades de almidón. La celda se hizo funcionar con 10 kΩ alcanzando un máximo de 700 mV en 6h aproximadamente y se redujo a un treinta por ciento de su valor máximo después de las 5 horas debido al agotamiento de nutrientes en el medio, como resultados obtuvieron que la celda de combustible microbiano produce 502 mW / m<sup>2</sup> cuando se utiliza la *E. coli* y

electrodos de malla platinizado. Así mismo, se comprobó que los nutrientes presentes en las aguas del procesamiento de papa son efectivas como fuente de energía en estas celdas.

MARTÍNEZ, S. Y HERRERA, D. (2016), para su tesis titulada “Tratamiento de agua residual doméstica mediante un reactor RAFA y una celda microbiana de combustible (CCM)”, desarrollaron un prototipo de celda de combustible microbiano tipo H y un reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA) con el fin de tratar el agua residual doméstica y recuperar la energía que se genera en el sistema, para la construcción del reactor RAFA se utilizó una columna cilíndrica de acrílico con un volumen de 1L la cual consta de un puerto de alimentación, un puerto de salida, un colector de gas y tres puertos de muestreo, así mismo para la construcción de la CCM se utilizó dos botellas de vidrio de un volumen de 250 ml los cuales están unidos mediante un puente de vidrio y una membrana de intercambio catiónico. En la cámara catódica se colocó 250 ml de amortiguador de fosfato (50 mM y pH 7) y el ánodo consto de 125 ml de lodos anaeróbicos y 75 ml de agua residual cruda cada una.

El reactor RAFA fue alimentada con agua residual doméstica en tiempos de retención hidráulica de 12 h y 6 h obteniendo como resultado una remoción de materia orgánica de 88% en DQO<sub>5</sub>, 75% en carbono orgánico total (COT) y 79 % en total de sólidos en suspensión (SST) en cuanto al reactor RAFA acoplado a la CCM, mientras que al realizar el proceso de manera individual, se obtuvo una remoción de (66% DQO<sub>5</sub>, 53% COT y 40% SST) en la CCM y ( 76% DQO<sub>5</sub>, 66% COT y 73% SST) con el reactor RAFA, así mismo se logró obtener una densidad de potencia de 173 mW/m<sup>2</sup> con la celda de combustible microbiano pudiéndose utilizar como un sistema acoplado siendo una buena alternativa para la generación de energía eléctrica y tratamiento de aguas residuales.

VILLAREAL, A; VELÁSQUEZ, C. Y ESTRADA, S. (2015), en su trabajo de investigación sobre el diseño de una nueva celda de combustible microbiana con bacterias sulfatoreductoras, tuvieron como objetivo evaluar el uso del consorcio bacteriano sulfato reductoras en la generación de energía eléctrica y diseñar una celda de combustible microbiano (CCM) sea capaz de generar energía eléctrica, para ello se utilizó dos cámara de acrílico en forma de L unidas con una tuerca la cual sostiene la membrana de intercambio protónico, la cámara anódica de volumen de 547 ml contenía un cultivo

bacteriano sulfato reductoras (BSR), esta cámara anódica estuvo unida a un contenedor de 250 ml permitiendo la circulación del líquido a través de una bomba peristáltica teniendo una tasa de 45 ml/ min, la cámara catódica con un volumen de 500 ml contenía un electrolito a pH 7, esta cámara se mantuvo abierta al ambiente con el fin de que el cátodo se mantenga oxigenado. Durante 30 días se midió la remoción de sulfato en el ánodo, la generación de energía eléctrica a través de la diferencia de potencial entre los electrodos. Como resultado se obtuvo un potencial de 0.71 V durante 8 días, este diseño de biocelda permitió evaluar la actividad sulfato reductora y la electroactividad del consorcio, siendo una adecuado para un mejor estudio y optimización de este proceso.

ASENCIO, Y; FERNANDEZ, J. Y LOBATO, P. (2016), en su trabajo de investigación titulada “ influencia del combustible y la dosificación en el rendimiento de las celdas de combustible microbiano de doble compartimiento”, evaluaron el uso de diferentes tipos y dosificaciones de combustible en celdas microbianas utilizando como electrodos fieltro de carbono y una membrana de intercambio catiónico, la construcción de la celda de combustible microbiano consistió en dos cámaras con un volumen de 4 cm<sup>3</sup> cada una con una membrana (sterion) que tiene una alta conductividad iónica y una baja conductividad electrónica, así mismo en la cámara anódica se vertieron lodos activados de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en España por un periodo de tres días después de este periodo, se probaron cinco tipos de combustibles (etanol, glicerol, acetato, propionato y fructosa) para la misma carga orgánica (5,000 mg L<sup>-1</sup> medida como DQO<sub>5</sub>) como resultado se obtuvo que la generación de electricidad depende del combustible que se utiliza siendo los ácidos carboxilos los más eficientes con una carga orgánica de 500 a 5000 mg / L alcanzando una potencia máxima de 40 a 500 mW/ m<sup>2</sup>.

MORTEZA, E; Y MAHMOOD, A. (2017), en su tesis titulada “Modelado dinámico de una celda de combustible microbiana continua de dos cámaras con cultivo puro de shewanella”, utilizaron lactato como sustrato (ajustado a un pH 7) , la shewanella como el agente microbiano en la cámara del ánodo el cual tenía un volumen de 150 ml y en el cátodo se utilizó oxígeno como aceptador de electrones teniendo un volumen de 135 ml, la concentración de biomasa y sustrato se determinó mediante la medición óptica de las muestras en una longitud de onda de 600 nm y 570 nm, los parámetros analizados en la

generación de energía fueron el voltaje y corriente, resistencia externa, potencia, densidad de potencia siendo registrados en el software Lab view (versión 10) el cual fue utilizado para la obtención de datos , como resultado se obtuvo que la corriente eléctrica comenzó de un valor de 0 alcanzando un valor constante de 0.62 mA después de 3 días El modelo propuesto es de una estructura simple y se puede utilizar para la optimización y el diseño del sistema de control de la celda de combustible microbiana.

### **A nivel Nacional**

HUAMÁN, J. (2014), en su tesis titulada “Generación de energía eléctrica utilizando residuos orgánicos líquidos en procesos Anaeróbicos” establece el objetivo general de determinar la influencia del peróxido de hidrogeno en bioceldas electroquímicas descomponiendo anaeróbicamente la cascara de mandarina para generar energía eléctrica, para ello utilizó dos botellas comunicadas entre sí con un membrana de celulosa para el intercambio de protones, en ambas botellas se introdujo cascara de mandarina previamente cortada a un tamaño de 2 cm, para ello realizó tres ensayos con diferentes muestra, la primera consistía en una relación de agua destilada (ml) y cascara de mandarina (g), la segunda consistió en realizar tres muestras con diferentes dosis de peróxido de hidrogeno ( 1ml, 10 ml y 20 ml) con una cantidad de agua destilada de 180 ml y 50 g de cascara de mandarina y la tercera consistió en variar las cantidades de cascara de mandarina ( 1g, 10g y 50 g) para 180 ml de agua destilada, como resultado obtuvo que con 20 ml de peróxido de hidrógeno se generó un voltaje de 400 mV en 10 días, en el tercer ensayo obtuvo que a mayor cantidad de cascara de mandarina mayor voltaje ya que para los 50 g de cascara de mandarina obtuvo un voltaje de 250 mV como recomendaciones propuso el estudio de otras materias primas y optimizar el estudio para ser llevado a mayor escala.

VÁSQUEZ, R. Y ZAVALA, R. (2017), en su trabajo de investigación para determinar la Influencia de la concentración del esparrago verde en bioceldas galvánicas para la generación de energía eléctrica, construyeron un prototipo de bioceldas con ácido tungstenico fosfórico y peróxido de hidrogeno con diferentes concentraciones de residuos de espárragos, el objetivo del estudio es demostrar que el residuo de esparrago puede generar energía al ser degradado a partir de las reacciones de oxidación y reducción, para este estudio se rayó el esparrago quedando en tamaños de 38 mm a 79 mm, tomando cantidades de 0.5gr y 5gr de esparrago rayado las cuales fueron vertidas en cada semicelda

de la biocelda con 77ml de agua a una de estas semiceldas se le agrego 2 ml de peróxido de hidrogeno y a la otra 0.5 g de heteropoliácido el cual es usado como catalizador las mediciones se realizaron cada 12 horas y 24 horas como resultado se obtiene que al aumentar la concentración de espárragos la generación de energía aumenta llegando a 250 mV y disminuye con el tiempo a 97 mV

FARJE, E. Y VARGAS, F. (2013), en su trabajo de investigación sobre la obtención de energía eléctrica a partir del almidón desarrollaron una celda electroquímica con el objetivo de obtener energía eléctrica a partir de la degradación del almidón a diferentes concentraciones de ácido clorhídrico y temperatura. La primera medición se realizó variando la cantidad de agua (40, 55, 75, 80 ml) para 0.5 g de almidón y 10ml HCl, en la segunda medición varió la cantidad de ácido clorhídrico siendo este de 1, 2.5, 4 y 10 ml para 0.5 g de almidón y 75ml de agua destilada, para medir la energía mediante la variación de la temperatura se realizaron tres ensayos utilizando 0.5g de almidón, 75 ml de agua destilada y 10 ml de ácido clorhídrico a temperaturas de 30, 35 y 41 °C en este caso se utilizó un controlador lógico programable para mantener la temperatura durante las horas de trabajo, los resultado obtenidos muestran que es posible obtener energía mediante la degradación del almidón con ácido clorhídrico, así mismo la temperatura de 41°C favorece la generación de energía alcanzando un voltaje de 214 mV y un tiempo de vida de 14 días.

### **1.3. Bases teóricas**

#### **1.3.1. Bioceldas**

Las bioceldas son dispositivos electroquímicos capaces de transformar la energía química (de la reacción entre el hidrógeno y el oxígeno) en energía eléctrica.

Una biocelda es compuesta por un ánodo donde se produce la reacción de oxidación y un cátodo donde se produce la reacción de reducción, en el proceso de oxidación se liberan electrones que viajan hacia el circuito exterior generando energía eléctrica. Así mismo, para aprovechar los protones de hidrógeno que se generan de la oxidación las bioceldas deben contener una membrana de protones, controlando así el ingreso del hidrógeno a la cámara catódica donde se genera agua al estar en contacto con el oxígeno del aire. (ROZO, S Y TIBAQUIRÁ, J; 2007, pág. 279).

Según FRANK, D (2007) existen diferentes celdas de combustible con base biológico entre los cuales están las celdas que utilizan como combustible desechos de cascara de maíz y son utilizados dentro de una pila de hidrógeno / oxígeno, otras son las células que generan electricidad a partir de los combustibles orgánicos como la glucosa utilizando enzimas y microorganismos y por ultimo las celdas que utilizan restos biológicos para generar energía a partir de la luz solar.

### 1.3.2. Funcionamiento de la biocelda

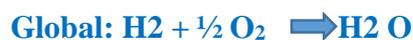
Las biocelda son unos dispositivos que están basadas en transformar la energía química del combustible en energía eléctrica mediante un proceso electroquímico, para ello el electrodo cargado positivamente (ánodo) contiene biomasa la cual será oxidada con un catalizador generalmente platino

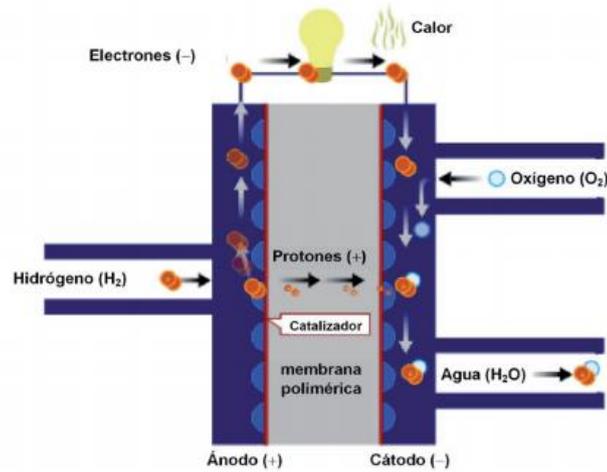


Los protones generados atraviesan la película de electrolito, sin embargo los electrones no cruzarla esta película debido a que no son conductores. Electrónicos y buscan una salida por el circuito exterior generando trabajo, por otro lado el oxígeno ingresa al cátodo combinándose con los protones y los electrones del circuito exterior generando agua.



Los subproductos son evacuados en el cátodo a través del flujo de gases. En el caso de varias monoceldas apiladas la circulación electrónica varía ya que los electrones generados en el ánodo no se recombinan en el cátodo de la misma celda, si no en el cátodo de la celda siguiente, haciendo una circulación global en el sistema.

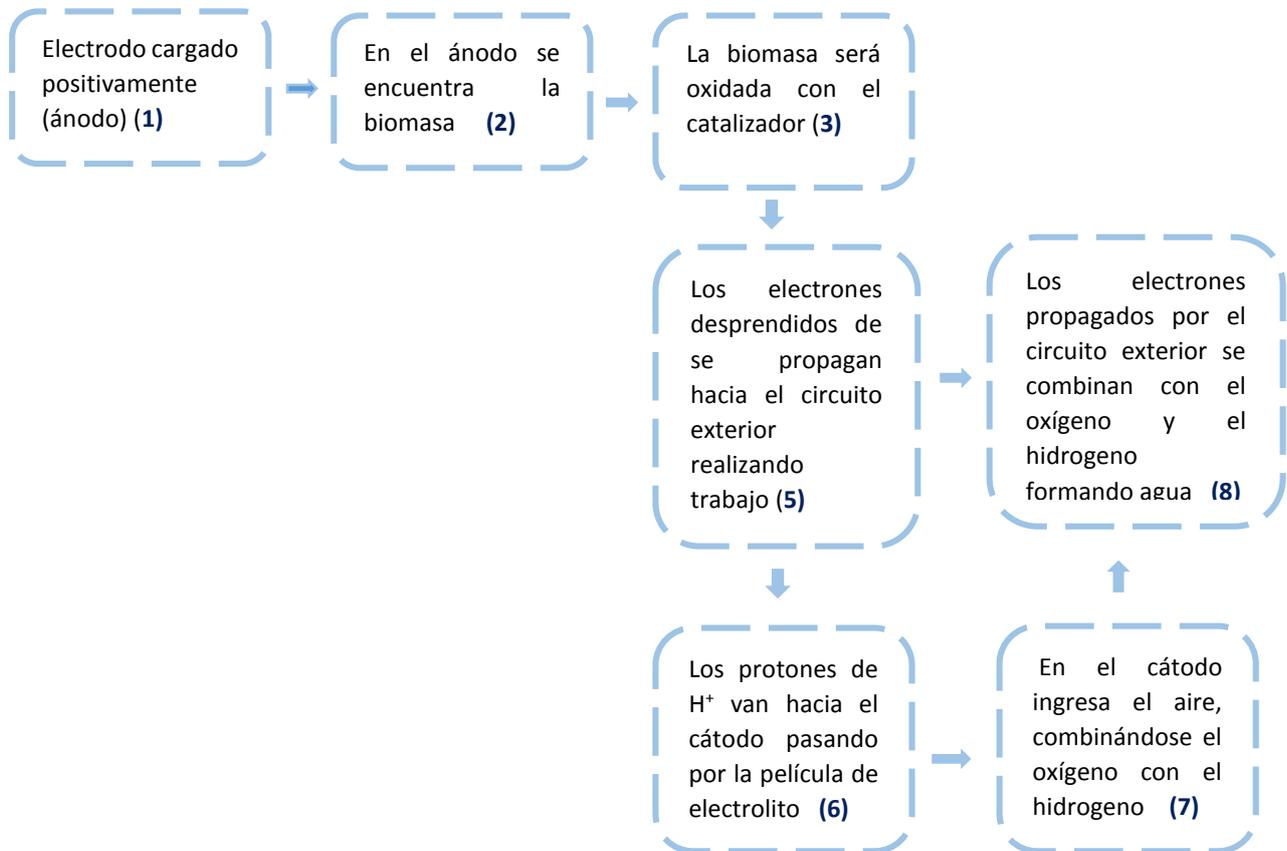




**Figura N° 1.** Funcionamiento de la biocelda

Fuente: Barrera y Lozano, 2012.

### Diagrama de funcionamiento de las bioceldas



Fuente: Elaboración propia con base en biotecnología (2018)

### 1.3.3. Factores que intervienen en el desempeño de una biocelda

#### 1.3.3.1. Membrana de intercambio de protones

Es una hoja de plástico delgado que permite el paso de los protones hacia el cátodo e impide el paso de los electrones, gases. (HERNÁNDEZ, M; 2012; p. 5)

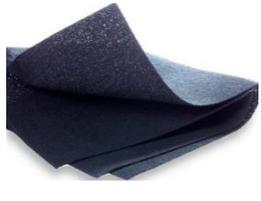
Las características para que un material pueda ser utilizado como electrolitos son las siguientes: alta conductividad ( $>1$  mS/cm), tener alta estabilidad térmica eléctrica y electroquímica, no debe de tener conductividad electrónica e impermeabilidad en los gases. (HERNÁNDEZ, M; 2012; p. 10)

#### 1.3.3.2. Electrodo

Son conductores eléctricos utilizados para transportar los electrones generados en la cámara anódica hacia la parte exterior generando energía. Los materiales que se utilizan como electrodos deben tener diferentes características que mejoren la interacción entre la biopelícula y la superficie del material. Estos electrodos deben ser resistentes a la corrosión, alta conductividad eléctrica, respetuoso con el ambiente y de bajo coste. Entre los más estudiados y utilizados en bioceldas se encuentran los materiales carbonosos y metálicos que son los que poseen todas las características mencionadas. (SANTORO, C Y ARBIZZANI, A; 2017, pág. 231)

- **Materiales carbonosos:** tela de carbono, escobilla de carbón, varilla de carbón, malla de carbón, velo de carbón, carbono de papel, fieltro de carbón, grafito granular, cartón carbonizado, etc..
- **Materiales basados en metales:** Acero inoxidable, lámina de plata, lámina de níquel, lámina de cobre, lámina de oro y placa de titanio.

**Tabla N° 1: Materiales utilizados como electrodos en las biocelda**

<b>MATERIALES CARBONOSOS</b>			
Tela de carbón	Brocha de carbón	Barra de carbón	Malla de carbón
			
Velo de carbón	Carbón activado granular	Grafito granular	Placa de grafito
			
<b>MATERIALES BASADOS EN METALES</b>			
Placa de acero inoxidable	Hoja de Niquel	Hoja de Cobre	Placa de titanio
			

Fuente: Elaboración propia con base en la revista de fuentes de energía 2018.

### 1.3.3.3. Catalizadores

Un catalizador modifica la velocidad de una reacción determinada, con el cual trata de disminuir la cantidad de sustancias contaminantes. En las bioceldas existen diferentes catalizadores entre ellos los microorganismos que son capaces de degradar la materia orgánica y liberar los electrones al exterior, siendo los organismos más estudiados la shewanella, escherichia coli, Geobacter ya que pueden facilitar la transferencia de electrones. Así mismo se han realizados estudios con cultivos mixtos y cultivos puros, llegando a la conclusión que los cultivos mixtos generan más energía en una biocelda.

#### 1.3.3.4. Sustrato

Los sustratos contienen materia orgánica, como carbohidratos de unidad básica llamados monosacáridos (glucosa y almidón), que son degradados a través de la actividad metabólica de los microorganismos, la cuales lo utilizan para su crecimiento y producción de energía generando electrones y protones. (PÉREZ, Y; 2016; p. 22)

Los sustratos utilizados en las bioceldas van desde compuestos puros hasta mezclas complejas pudiéndose dividir en cuatro grupos

- **Sustratos puros**, son aquellos que se pueden degradar con mayor facilidad permitiendo obtener mayor generación de energía e hidrógeno como por ejemplo (glucosa, celulosa y almidón).
- **Cultivos energéticos**, son cultivos de plantas que tienen un crecimiento rápido utilizadas como materia prima para la obtención de sustancias combustibles, como ejemplo se tiene la hierba, remolacha azucarera, amaranto)
- **Residuos sólidos**, son residuos que pueden ser degradados por microorganismos siendo esta la materia orgánica como restos de frutas y verduras.
- **Aguas residuales industriales**, son aguas contaminadas que han sido empleadas en diferentes procesos y que tienen una alta cantidad de materia orgánica, como por ejemplo aguas residuales de fábricas de azúcar, aguas residuales de industria de papel, aguas residuales domesticas etc.

#### 1.3.4. Biomasa como fuente de energía

La biomasa es un conjunto heterogéneo de materia orgánica que puede ser empleado para la obtención de energía. Esta fuente energética está compuesta de materia orgánica de naturaleza biológica, procedente de aguas residuales, así como materia Orgánica biodegradable de los residuos urbanos. Estos compuestos orgánicos como la glucosa u otras materias orgánicos son utilizados por enzimas y microorganismos que convierten la energía química en energía eléctrica. (CERDA, E. 2013, p. 20).

### 1.3.5. Hidratos de carbono

Los hidratos de carbonos son conocidos como glúcidos, carbohidratos y sacáridos, son macronutrientes de gran consumo en los hogares, tienen como función primordial aportar energía, químicamente se componen de oxígeno, hidrógeno y carbono, se clasifican en monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos, su unidad básica son los monosacáridos o azúcares simples donde se encuentran glucosa, fructosa y galactosa siendo estos los más importantes en el ámbito nutricional. (CARBAJAL, A; 2005; p.22)

### 1.3.6. Glucosa

La glucosa es un carbohidrato llamado azúcar simple o monosacárido y es una de las principales fuentes de energía de las plantas, así mismo se encuentra en el almidón que al ser hidrolizado liberan moléculas de glucosa que son utilizados para la obtención de energía eléctrica en bioceldas. (CARBAJAL, A; 2005; p.22)

#### a) Rábano

El *Raphanus sativus* L. es una hortaliza perteneciente a la familia de las crucíferas, están compuestos principalmente de carbohidratos y fibras, En su composición destaca la presencia de la vitamina c que tiene una acción antioxidante. (Fundación española de nutrición, 2010)

Según la Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura (2006) el rabanito contiene 1.07% de glucosa y 3% de carbohidrato.

**Tabla N° 2:** *Composición química y nutricional del rábano en 100 gr de materia*

Composición química de la zanahoria en 100 gr de materia fresca	Unidad de medida
Agua	94 g
Energía	20 kcal
Hidrato de carbono	3.59 g
Fibra	1.6 g
Proteína	0.6 g
Hierro	0.29 mg
Fosforo	18 mg
Magnesio	9 mg

Composición química de la zanahoria en 100 gr de materia fresca	Unidad de medida
Riboflavina	0,045 mg

Fuente: FAO Fichas Técnicas (2006)

### b) Zanahoria

La *Daucus carota* L. es una hortaliza perteneciente a la familia de las umbelíferas, están compuestos principalmente por hidratos de carbono y alto contenidos de fibra, en sus tejidos se expanden las células parenquimatosas, en donde se almacena sacarosa y otros azúcares, A su vez sus células contienen pigmentos como clorofila, carotenoides ( $\alpha$  y  $\beta$ ), antocianinas y licopeno, las cuales determinan la el color de las raíces. (Fundación española de nutrición, 2010) Según KRISHAN, D Y KARKI, S (2011) por 100 g de zanahoria contiene 2.52% de glucosa, 10% de carbohidratos y 1% de almidón.

**Tabla N° 3:** *Composición química y nutricional de la zanahoria en 100 gr de materia*

Composición química de la zanahoria en 100 gr de materia fresca	Unidad de medida
Agua	89,48 g
Energía	41 kcal
Hidrato de carbono	8,42 g
Fibra	1.13 g
Proteína	1.20 g
Hierro	0.90 mg
Fosforo	33 mg
Calcio	32 mg
Riboflavina	0,06 mg

Fuente: Ministerio de desarrollo rural y tierras (pág. 88)

### c) Almidón de papa

La *Solanum tuberosum L.* es un alimento energético debido a su alto contenido de carbohidratos, proteína, vitaminas y minerales. Es considerado como un buen conductor eléctrico. Según el centro internacional de agricultura tropical CIAT (2010) la papa está compuesta por 20% de carbohidratos, 0.1% de glucosa y 66% de almidón

**Tabla N° 4:** Composición química y nutricional de la papa en 100 gr de materia

Composición química de la papa en 100 gr de materia fresca	Unidad de medida
Agua	77 g
Energía	87 kcal
Hidrato de carbono	20.13 g
Fibra	1.80 g
Proteína	1.87 g
Hierro	0.31 mg
Fosforo	44 mg
Calcio	5 mg

Fuente: Datos extraídos de <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/papa.htm> revisado en Abril del 2018.

### d) Aguas residuales

Las aguas residuales son básicamente aguas contaminadas vertidas por la población una vez que ha sido empleada en diferentes procesos, generalmente se caracterizan por presentar altas concentraciones de materia orgánica, nutrientes, bacterias y sedimentos, que van desde compuestos puros a mezclas complejas, es por ello son empleadas como sustratos en las bioceldas

Entre las procedencias de aguas residuales más utilizadas como sustratos en bioceldas según las distintas investigaciones son: aguas residuales domésticas, aguas residuales de industria cervecera, aguas residuales de la producción de almidón, aguas residuales agrícolas. (CERVANTES, A; 2011; pág. 20)

### 1.3.7. Evaluación de los parámetros de las aguas residuales

#### 1.3.7.1. Características físicas – químicas

- **pH:** Este parámetro tiene una gran influencia en la actividad de las bacterias presentes en las aguas residuales ya que se ha demostrado que en un intervalo adecuado de este indicador, mejora la capacidad de las bacterias productoras de hidrógeno, aumentando su producción. (ESTRADA, A; 2016; p. 27)
- **Turbidez:** La turbiedad del agua se debe a la presencia de partículas suspendidas y disueltas como la arcilla, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, así como plancton y diversos microorganismos (GONZALES, B; 2015; p.133)
- **Conductividad:** Es la capacidad que tienen las sales presentes en el agua para transportar las cargas positivas y negativas ( GONZALES, B; 2015; p. 130)
- **Temperatura:** Es un parámetro importante en el análisis de aguas debido a su influencia en las reacciones químicas y la velocidad de las reacciones, así mismo influye en el crecimiento y supervivencia de las bacterias presentes en estas aguas. (ESTRADA, E; 2016; p. 28)

#### 1.3.7.2. Características biológicas

**Bacterias:** Las bacterias juegan un papel importante en la descomposición y estabilización de la materia orgánica, debido a esto son las más utilizadas en las bioceldas ya que son capaces de generar energía eléctrica a partir de la oxidación de la materia y suelen encontrarse en ambientes anaerobios como ríos y lagos. La bacteria más estudiada en bioceldas es la *Escherichia coli* ya que esta bacteria se encuentra en el tracto intestinal de los seres humanos y animales, llegando los ríos, lagos, etcétera. Por medio del vertimiento de efluentes domésticos. (HERNÁNDEZ, G Y SÁNCHEZ, M; 2016; p. 12)

### 1.3.8. Parámetros físico químicos que intervienen en el desempeño de la biocelda

**Tabla N° 5:** Factores físico – químicos que afectan a la biocelda

<b>Factores ambientales</b>	Afecta la interacción electroquímica entre las bacterias y los electrodos, perjudicando o favoreciendo el desarrollo y crecimiento de las bacterias así como la actividad de transporte de electrones y protones.
<b>pH</b>	Afectan a las bacterias presentes en la cámara anódica ya que la mayoría de las bacterias empleadas en estos sistemas no toleran niveles de PH mayores a 7.5 o de bajo de 4, cabe resaltar que en diferentes investigaciones se han obtenidos mejores densidades de potencia en niveles de pH entre 5.5 – 6.5.
<b>Temperatura</b>	Operan eficientemente a temperatura ambiente hasta los 55° C, si se incrementa la temperatura a 100° C puede inhibir las funciones metabólicas de las bacterias así mismo disminuir la temperatura a 15°C puede producir un decremento en la producción de electricidad.
<b>Conductividad</b>	Las sales presentes en la cámara ayudaran a transportar las cargas positivas y negativas mejorando la generación de energía.

Fuente: Elaboración propia adaptado de ESTRADA, E (2013)

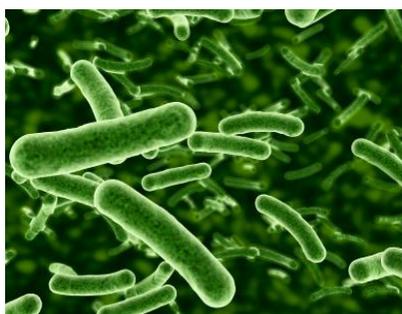
### 1.3.9. Mecanismos de transferencia de electrones

Uno de los factores más importantes en una bioceldas para la generación de energía eléctrica, son los microorganismo ya que estos son los encargados de degradan la materia orgánica a compuestos como CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, permitiendo la liberación de electrones en el sistema. Para ello la biocelda donde se encuentra la materia orgánica debe permanecer en condiciones anaerobias con el fin de aprovechar los electrones generados en el proceso de oxidación. Según CANO, U el CO<sub>2</sub> generado en la biocelda es mucho menor a lo que se produce con cualquier otra tecnología que utilice combustible para generar energía eléctrica, lo cual reduce en un 32% el CO<sub>2</sub>. (2003, p.7)

### 1.3.10. Bacterias electrogénicas

Son microorganismos que no necesitan mediadores redox artificiales para transportar electrones al ánodo, se puede distinguir dos tipos de bacterias electrogénicas, las que generan y secretan sus propios mediadores redox que reaccionan con el electrodo y los que no secretan ningún mediador para interactuar directamente con el electrodo. Se han estudiado diferentes bacterias para la generación de energía entre ellas la shewanella que secreta riboflavininas como mediadores redox entre la bacteria y el electrodo, y las bacterias del genero Geobacter son los que tienen una transferencia directa con el electrodo sin secretar ningún mediador redox. (HERNÁNDEZ, G Y SÁNCHEZ, M; 2016; p. 8)

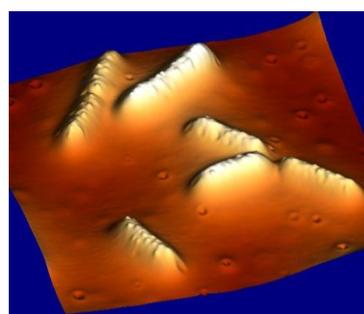
La Escherichia coli es considerada una bacteria exoelectrogenica por su capacidad de degradar la glucosa provocando reacciones químicas de oxidación generando electrones. (HERNÁNDEZ, G Y SÁNCHEZ, M; 2016; p. 8)



**Figura N° 2.** Bacteria *E. Coli*.

**Recuperado de:**

<http://www.thesciencesquad.ie>



**Figura N° 3.** Geobacter en la superficie del electrodo

**Recuperado de:** Tecnologías electroquímicas microbianas (2014)

### 1.3.11. Termodinámica de las reacciones bioquímicas en las bioceldas

En una biocelda la diferencia de potencial entre el ánodo y el cátodo está representado por el voltaje, teóricamente el potencial de los electrodos se determina por la ecuación de Nernst teniendo en cuenta las reacciones de oxidación y reducción en las celdas bioelectroquímicas.

El potencial eléctrico estándar de una celda opera bajo condiciones de 1 atm de presión y temperatura específica usualmente de 25°C.

$$E \text{ teórico} = E \text{ ánodo} - E \text{ cátodo}$$

Reacciones que ocurren en la biocelda



### 1.3.12. Naturaleza electroquímica

**1.3.12.1. Energía eléctrica:** Es una fuente de energía que se obtiene del movimiento de electrones a través de la parte externa de los materiales conductores.

**1.3.12.2. Energía química:** se encuentra en los compuestos químicos y son liberados a través de diferentes procesos.

### 1.3.13. Parámetros para medir la producción de energía eléctrica

**1.3.13.1. Intensidad de corriente:** la intensidad de corriente es la circulación de electrones que se mueven de polo negativo a polo positivo por medio de un circuito eléctrico, en una biocelda es calculada midiendo el voltaje a través de la resistencia externa. (REVELO, D; HURTADO, N Y RUIZ, J; 2013; p.10)

$$I = \frac{V \text{ bioceldas}}{R \text{ ext}}$$

Donde:

I= intensidad de corriente (A)

V= voltaje (v)

R= resistencia externa ( $\Omega$ )

**1.3.13.2. Voltaje:** es la presión que ejerce la fuente de suministro eléctrica sobre los electrones en un circuito cerrado, se obtendrá mediante las mediciones que se realizan en la resistencia externa conectada entre el cátodo y el ánodo. (REVELO, D; HURTADO, N Y RUIZ, J; 2013; p.10)

$$V = \frac{w}{q}$$

Donde:

V= voltaje (v)

W= energía en joules (J)

q= carga en coulombios (C)

**1.3.13.3. Potencia:** La potencia de salida de una biocelda se calcula mediante el voltaje y la intensidad de corriente. La potencia indica la cantidad de energía entregada o generada por la biocelda en un tiempo determinado

#### **1.3.14. Pérdidas por concentración (transporte de masa)**

Es el resultado de la disminución de los reactivos produciendo una acumulación de productos, es decir es cuando en la celda anódica ya no hay más electrones que liberar y se produce una caída de voltaje. (BARRERA, F y LOZANO, A; 2012; p. 9)

#### **1.3.15. Pérdidas óhmicas**

Se debe a la resistencia iónica que hay entre el electrólito, la membrana y la resistencia de flujo de los electrones en los electrodos (cátodo y ánodo). Es decir la pérdidas óhmicas es el voltaje que se pierde cuando se transportan las cargas, esto depende del material utilizado y la temperatura. (BARRERA, F y LOZANO, A; 2012; p. 9)

### **1.4. Formulación del problema**

#### **1.4.1. Problema general**

¿Es posible generar energía eléctrica a partir del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y de aguas residuales en bioceldas a nivel laboratorio - 2018?

#### **1.4.2. Problema específico**

**P1:** ¿Qué volumen de residuo de zanahoria aprovechado en la biocelda produce un voltaje diferente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio - 2018?

**P2:** ¿Qué volumen de residuo de zanahoria aprovechado en la biocelda produce una intensidad de corriente diferente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio - 2018?

## **1.5. Justificación del estudio**

Con el transcurso de los años ha surgido un incremento en la generación de residuos sólidos, en zonas urbanas evidenciándose en el plan nacional del GIRS (2015), el cual indica que en ese mismo año se generó 7.5 millones de toneladas de residuos, siendo el 53.16% materia orgánica y el 46.84% materia inorgánica, siendo este un factor que perjudica la calidad de vida de los habitantes ya que al generarse volúmenes altos de materia orgánica se hace difícil su gestión, provocando daños en la salud de las personas debido a los malos olores y a las enfermedades que trae como consecuencia de su descomposición.

Este problema no solo afecta a la población, sino también al ambiente, dado que al descomponerse la materia orgánica, genera sub productos que se presentan de manera líquida y gaseosa, contaminando la atmósfera, los suelos y las aguas subterráneas.

Es por ello que se propone el uso de bioceldas con la finalidad de reducir la cantidad de materia orgánica que se genera a diario, lo cual también es beneficioso debido a que es una tecnología de fácil construcción y puede ser realizada por los pobladores para obtener su propia energía eléctrica, sobre todo en las zonas alejadas de las ciudades, donde el acceso al servicio de energía eléctrica es escasa.

Estas bioceldas también reducirían los costos en el transporte y gestión de los residuos orgánicos, puesto que con este proyecto solo se tendría que promover la reutilización de residuos sólidos inorgánicos además se recuperaría el recurso paisajístico ya que muchas veces estos residuos son desechados en las vías públicas.

Es por ello que esta investigación, no solo facilita la gestión de los residuos sólidos orgánicos, sino que además le da un uso alternativo, aplicando teorías de economía circular, y de sus aportes ambientales expresos, sino que además mejora la calidad de vida de los pobladores que usen esta alternativa energética.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

**H<sub>0</sub>:** El aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y de aguas residuales en bioceldas generan energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.

**H<sub>1</sub>:** El aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y de aguas residuales en bioceldas no generan energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

#### **Hipótesis específica 1**

H<sub>0</sub>: Todos los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en la biocelda producen el mismo voltaje al generar energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.

H<sub>1</sub>: Todos los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en la biocelda producen un voltaje diferente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.

#### **Hipótesis específica 2**

H<sub>0</sub>: Todos los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en la biocelda producen la misma intensidad de corriente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.

H<sub>1</sub>: Todos los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en la biocelda producen una intensidad de corriente diferente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

Generar energía eléctrica a partir del aprovechamiento de residuos sólidos orgánico y de aguas residuales en bioceldas a nivel laboratorio – 2018.

### **1.7.2. Objetivo Específico**

Determinar el voltaje de la energía que se genera con los diferentes volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en bioceldas a nivel laboratorio – 2018.

Determinar la intensidad de corriente de la energía que se genera con los diferentes volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en bioceldas a nivel laboratorio – 2018.

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de investigación

- **Tipo de investigación:**

La presente investigación es de tipo aplicada ya que parte del conocimiento es generado por investigaciones anteriores.

- **Nivel de la investigación**

Explicativo, ya que, según HERNÁNDEZ, M (2012) indica que “es aquella que tiene relación causal; no sólo persigue describir el problema, sino también pretende encontrar las causas de este”.

- **Diseño de investigación**

La presente investigación cuenta con un diseño experimental ya que según HERNANDEZ, R (2010) indica que este tipo de diseño consiste en la manipulación de una o más variables de estudio (independientes) para evaluar los efectos que genera tal estímulo sobre la variable dependiente. Ante esto en la presente investigación se manipulará la variable independiente que está dado por el volumen de los residuos de zanahoria los cuales generaran un efecto en la variable dependiente que está dado por la generación de energía eléctrica. .



Donde:

Y1: Residuos sólidos y aguas residuales.

X: Bioceldas.

Y2: Energía generada.

## 2.2. Variable y definición de operaciones

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	indicadores	Escala de medición
<p><b><u>Independiente</u></b> Residuos orgánicos y aguas residuales</p>	<p>Son residuos que contienen gran cantidad de hidratos de carbono, agua, fibras, etc. Siendo una gran fuente de energía. (CERDA,2013)</p> <p>Las aguas residuales son aguas contaminadas vertidas una vez que ha sido empleada en diferentes procesos caracterizada por presentar altas concentraciones de materia orgánica, nutrientes, bacterias y sedimentos. (CERVANTES, 2011)</p>	<p>A través de las características físicas - químicas de los residuos de zanahoria, rábano, papa y aguas residuales y las dosis vertidas en las bioceldas de almidón se podrá determinar las condiciones de uso para la generación de energía eléctrica.</p>	Características físico – químicas de los residuos	Temperatura	°C
				Carbohidratos	%
				Almidón	%
				Glucosa	%
				Conductividad eléctrica	ms/μs
				pH	1 - 14
			Dosis de zanahoria	Cantidad	ml
			Dosis de rábano	Cantidad	ml
			Dosis de papa	Cantidad	ml
			Características biológica del agua	Escherichia coli	Nmp/100ml
				Coliformes totales	Nmp/100ml
				pH	1-14
				Características físico químicas del agua	Temperatura
Turbidez	NTU				
Conductividad	ms/ μs				
<p><b><u>Dependiente</u></b> Producción de energía eléctrica</p>	<p>Es una fuente de energía que se obtiene del movimiento de electrones a través de la parte externa de un conductor. (LOPEZ, 2002)</p>	<p>La energía eléctrica será medido mediante el voltaje y la intensidad de corriente el cual varía según el tiempo en el que la biocelda esté en funcionamiento.</p>	Voltaje		Línea de tiempo
				V max – V min	V
			Intensidad de corriente	Línea de tiempo	horas
				Int max – Int min	A

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

La población del proyecto estuvo compuesta por residuos de zanahoria, rabanito y papa obtenidos del mercado Villa Hiper y aguas residuales obtenidas del río Huaycoloro.

### 2.3.2. Muestra

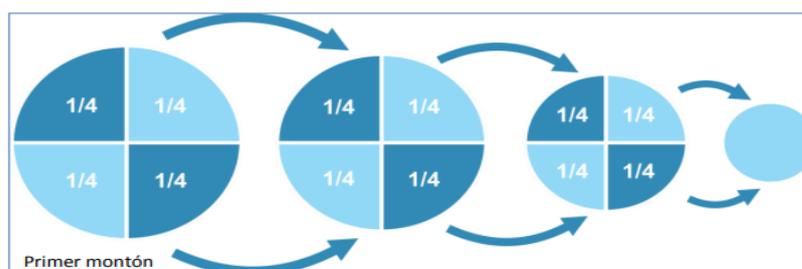
Se tomaron 2kg residuos de zanahoria, 2kg rabanito y 2kg de residuos de papa provenientes del mercado Villa Hiper los cuales fueron recolectados aleatoriamente, así mismo se tomaron 4 L de aguas residuales provenientes del río Huaycoloro de los cuales 500 ml fueron utilizados para los análisis físico químicos y 500 ml para los análisis microbiológico y el resto se utilizó en la parte experimental.

### 2.3.3. Técnica de muestreo

#### 2.3.3.1. Muestreo para residuos sólidos orgánicos

El estudio tuvo un muestreo aleatorio simple ya que al tratarse de residuos sólidos orgánicos todos estos tuvieron la misma probabilidad de ser escogidos para integrar la muestra.

La técnica utilizada fue la del cuarteo, para ello los residuos recolectados fueron divididos en 4 partes tomando las dos partes opuestas, con el fin de formar una muestra más pequeña, esta muestra se volvió a mezclar y nuevamente se dividió en 4 partes y se tomó las dos partes opuestas, este proceso se realizó hasta obtener la muestra deseada. (Guía metodológica para el desarrollo del EC – RSM, 2015, pág. 40)



**Figura N° 4.** Técnica del cuarteo

### **2.3.3.2. Muestreo para aguas residuales**

Para la recolección de las aguas residuales del río Huaycoloro se realizó un muestreo aleatorio simple con el fin de obtener muestras representativas con volúmenes apropiados para el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Para realizar el muestreo se tuvo como referencia el Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de agua de los recursos hídricos superficiales N° 010-2016-ANA.

## **2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Según HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C. Y BAPTISTA, M. (2014) sostienen que la técnica de observación consiste en el registro sistemático, confiable y válido de comportamientos y situaciones observables a través de un conjunto de categorías y subcategorías (pág. 260).

Es por ello, que la técnica utilizada en la presente investigación para la recolección de datos fue la observación y experimentación ya que con esta se logró conocer la realidad a partir de la interacción directa con la variable. Así mismo, como instrumento de recolección de datos se utilizaron las fichas donde se anotaron los resultados de los parámetros analizados.

Se mostrara un cuadro de técnicas e instrumentos la que contiene una ficha técnica para cada etapa

<b>Etapa</b>	<b>Fuente</b>	<b>técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Resultados</b>
Recolección de los residuos de zanahoria rábano	Investigador	Observación	Ficha de registro de la recolección de residuos de zanahoria y rabanito ( Anexo 01) Ficha de Monitoreo del extracto de zanahoria (Anexo (02) Ficha de monitoreo del extracto de rabanito (Anexo 03)	Resultados obtenidos de los análisis físicos químicos de los residuos.
Recolección de aguas residuales	Investigador y laboratorio	Observación	Ficha del punto de muestra de agua (Anexo 04) Ficha de análisis de la muestra de aguas (Anexo 05)	Determinar los parámetros físicos químicos y biológicos del agua.
Construcción de la biocelda	Investigador	Observación	Diagrama del diseño y construcción de la biocelda (Anexo 08)	Realización de un modelo económico y viable.
Evaluación eléctrica del montaje	Investigador y laboratorio	Observación del voltaje e intensidad de corriente	Ficha de monitoreo de las bioceldas con residuos de zanahoria. ( Anexo 06) Ficha de monitoreo de las bioceldas con residuos de rabanito ( Anexo 07)	Resultados de la medición de voltaje e intensidad de corriente para determinar si se genera energía con la bioceldas de residuos de zanahoria y rábano.

Fuente: Elaboración propia 2018

#### **2.4.2. Materiales y equipos utilizados en el experimento**

Las análisis de los parámetros físicos químicos se realizaron en el laboratorio de la universidad César Vallejo, estos análisis se efectuaron para obtener las condiciones de operación de las aguas residuales y de los residuos sólidos orgánicos aplicados en las bioceldas con diferentes volúmenes así también, observar con cuál de los tratamientos se generó energía eléctrica, para ello se utilizaron los siguientes materiales y equipos.

- Cooler
- Agua destilada
- Balanza
- Vasos precipitados de 250 ml
- Guantes y mascarilla
- Bolsas zipp de 16 x 22 cm
- Multiparámetro EDGE<sup>®</sup> modelo HI2020 con una entrada para las sondas que miden pH y conductividad y oxígeno disuelto así mismo cuenta con sensores de temperatura en cada uno de los electrodos Estos equipos se encuentran calibrado por VMC EQUILAB.

#### **2.4.3. Etapas del procedimiento**

A continuación se describirán las etapas de la investigación:

##### **ETAPA N°1: Recolección y caracterización de los residuos**

Los residuos sólidos orgánicos fueron recolectados aleatoriamente y de forma manual por 2 días de los puestos de verduras del mercado Villa Hiper – Comas, una vez recolectados se realizó la reducción de su tamaño y se depositaron en un plástico para iniciar la caracterización, la técnica utilizada fue la del cuarteo que consistió en dividir los residuos orgánicos en 4 partes y solo tomar las dos partes opuestas, con el fin de formar una muestra más pequeña, esta muestra se volvió a mezclar y nuevamente se dividió en 4 partes y se tomó las dos partes opuestas, este proceso se realizó hasta obtener la muestra deseada. (Guía metodológica para el desarrollo del EC – RSM, 2015, pág. 40).

Se utilizaron los residuos orgánicos (rábano, zanahoria y papa) debido a que son productos con altos estándares de consumo humano, y por tanto diariamente se generan muchas cantidades de productos de rechazo. Por otro lado, el residuo de

papa tendrá una gran participación en la biocelda ya que es considerado como un conductor de electricidad además cuenta con un gran valor nutricional teniendo alrededor de un 80% de agua en su composición, además contiene gran cantidad de almidón y agua permitiendo un mejor movimiento de la corriente generada.



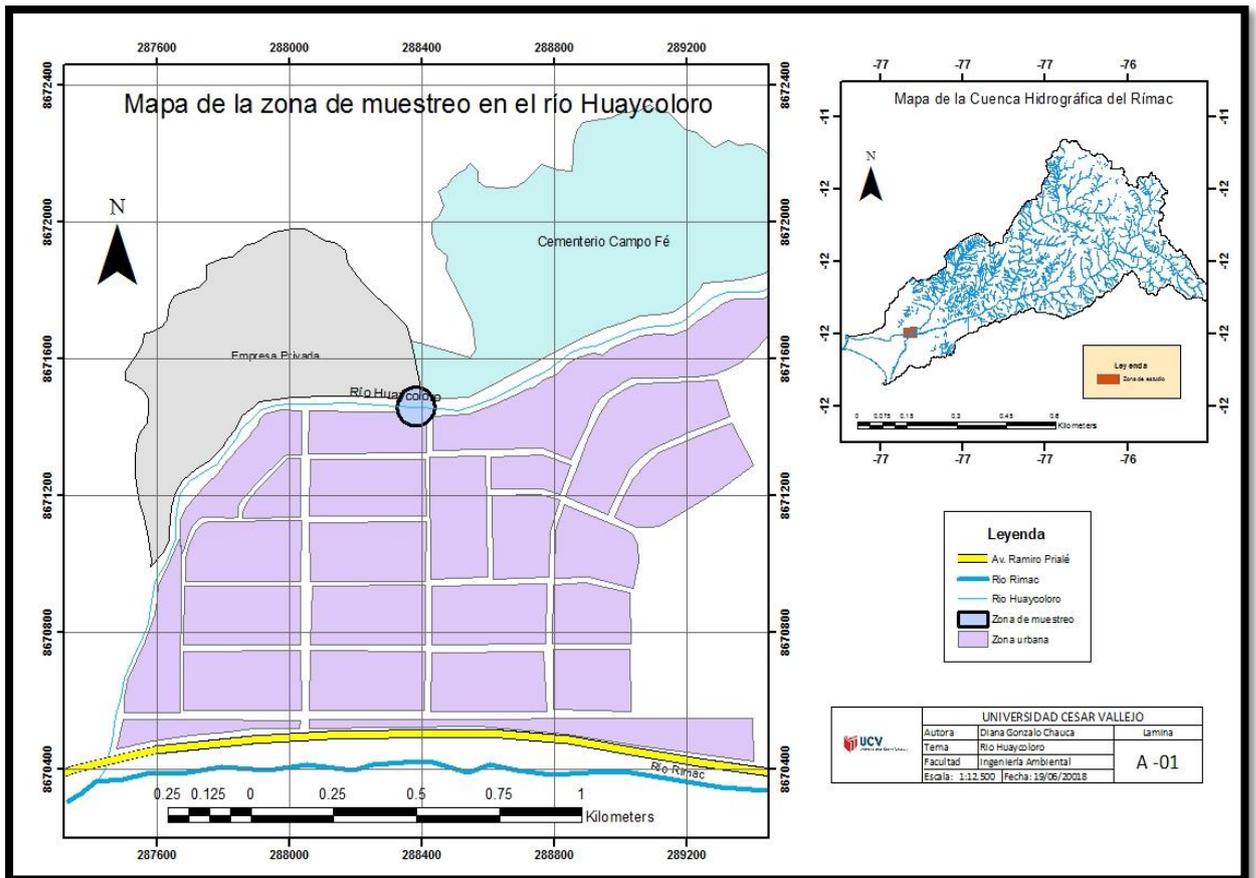
Fuente: Propia con base en el EC- RSM (2018).

**Figura N° 5.** Caracterización de residuos sólidos.

**Observaciones:** Se realizó la caracterización de los residuos sólidos utilizando la técnica del cuarteo con la finalidad de que todos los residuos tengan la misma posibilidad de ser escogidos para formar la muestra

### **ETAPA N°2: Recolección de las aguas residuales**

El agua residual utilizada para la presente investigación fue recolectada del Rio Huaycoloro, ya que según la evaluación de la calidad sanitaria y ambiental realizada por DIGESA (2011), arrojó que las 4 estaciones monitoreadas presentaban altos niveles de coliformes totales, coliformes termotolerantes y escherichia coli, sobrepasando los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en los estándares de calidad ambiental (ECA) lo cual evidencia que los cuerpos de aguas están siendo alteradas por la descarga de aguas residuales (provenientes de las industrias), canales de regadillo y vertimientos domiciliarios provocando que estos no sean aptos para ningún uso.



Fuente: Elaboración propia, adaptado de ArcGis 2018.

**Figura N° 6.** Mapa de ubicación del río Huaycoloro.

**Observaciones:** El punto de muestra de agua se encuentra a 1 km aproximadamente de la desembocadura del río Rímac que se ubica a unos 50 metros de la atarjea, como referencia el cementerio campo Fe.

Se realizó el muestreo aleatorio simple con el fin de obtener muestras con volúmenes puntuales, se tomaron 4 litros de agua residual del río

Huaycoloro donde 500 ml se enviaron al laboratorio TYPASA para su análisis microbiológico y otros 500 ml se utilizaron para analizar los parámetros de pH, Conductividad eléctrica, temperatura en el laboratorio de fisicoquímica de la universidad César Vallejo y los 2 litros restantes se distribuyeron para los 4 tratamientos en las bioceldas.



Fuente: Elaboración Propia con base en la Autoridad Nacional del Agua N° 010 (2018).

**Figura N° 7.** Recolección de la muestra de agua para análisis físico químicos.



Fuente: Elaboración propia con base en la Autoridad Nacional del Agua N° 010 (2018).

**Figura N° 8.** Recolección de muestra de agua para su uso en la biocelda.



**Figura N° 9.** Recolección de la muestra de agua para análisis microbiológico.

**Observaciones:** Se realizó la recolección de las aguas residuales en el río Huaycoloro para realizar sus análisis físicos, químicos y microbiológicos.

### **ETAPA N° 3: Análisis de las muestras de aguas**

Para realizar el análisis físico químico, se extrajo 500 ml de agua residual en un envase de plástico de 1L, que de acuerdo a los parámetros a analizar fue rotulado y etiquetado, este envase fue almacenado en un cooler para su conservación. Por otro lado para recoger las muestras y realizar los análisis microbiológicos se utilizó un envase de vidrio de 500 ml el cual se encontraba esterilizado, se llenó el agua sin realizar ningún enjuague previo, se dejó 5 cm de espacio en el pomo con la finalidad de que se oxigenen los microorganismos, se tapó inmediatamente para evitar el ingreso de sustancias extrañas, finalmente se llevó al laboratorio TYPASA antes de las 24 horas.

Los análisis fisicoquímicos de los parámetros de pH, conductividad eléctrica y temperatura se determinaron en el laboratorio de la universidad César Vallejo. Para realizar el monitoreo se tuvo como referencia el Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de agua de los recursos hídricos superficiales N° 010-2016-ANA.



Fuente: Elaboración propia con base en la Autoridad Nacional del Agua N° 010 (2018)

**Figura N° 10.** Muestra para análisis fisicoquímico y microbiológico.

**Observaciones:** Después de extraer la muestra del río Huaycoloro 500 ml fueron enviados al laboratorio TYPASA para su análisis microbiológico y otros 500 ml se llevaron al laboratorio de la universidad César Vallejo para su análisis físico químicos.

#### **ETAPA 4: Armado de las bioceldas**

Se construyó una biocelda de acrílico la cual contiene una cámara anódica (anaeróbica) y otra catódica (aeróbica), con una medida de 15 cm de largo, 10 cm de ancho y 4 cm de profundidad, y un volumen de 600 ml cada una, así mismo estas celdas estuvieron unidas a través de una membrana de intercambio protónico de 10 x15 cm, la biocelda estuvo sujeta por un acrílico rectangular de 30 cm largo por 20 cm ancho con un espesor de 1 cm y 8 orificios de 1 cm de diámetro por donde ingresarán los tornillos que sujetarán las celdas.

**Cámara anódica:** Esta cámara tuvo un orificio superior de 1.5 cm de diámetro por donde se ingresó el agua residual y los extractos de los residuos orgánicos y una entrada de 1,2 cm x 0.7 cm donde se colocó el electrodo de carbón, así mismo consta de un orificio inferior de 1.5 cm de diámetro por donde se extrajo los residuos después del proceso, esta cámara se encontraba cerrada para impedir la entrada de oxígeno

**Cámara catódica:** esta cámara tuvo un orificio superior de 1.5 cm de diámetro por donde se ingresará el cloruro de sodio y una entrada de 1,2 cm x 0.3 cm donde se colocó el electrodo de titanio, tiene un orificio en la parte lateral de 1 cm por donde se ingresó el oxígeno y en la parte inferior contiene un orificio de 1.5 cm de diámetro por donde se extrajo el líquido después del proceso esta cámara permanecerá abierta para la entrada de oxígeno. Así mismo, esta cámara los átomos de sodio ( $\text{Na}^+$ ) y ( $\text{Cl}^-$ ) unidos bajo la forma de un cristal se disocian por la atracción de las moléculas de agua, teniendo como resultado que los iones ( $\text{Cl}^-$ ) atraigan a los cationes generados en la celda anódica atravesando la membrana de intercambio protónico



Fuente: Elaboración propia (2018).

**Figura N° 11.** Elementos utilizados para el armado de la biocelda.

**Observaciones:** Para el armado de la biocelda se utilizaron electrodos de carbón y de titanio los cuales se encontraron en la celda anódica y catódica respectivamente.



Fuente: Elaboración propia (2018)

**Figura N° 12.** Armado de la biocelda

**Observaciones:** Se realizó el armado del dispositivo el cual cuenta con una cámara aeróbica y otra anaeróbica separadas por una membrana de intercambio catiónico.



Fuente: Elaboración propia (2018)

**Figura N° 13.** Llenado de las bioceldas

**Observaciones:** Para el llenado de las bioceldas se utilizó una jeringa de 60 ml con la finalidad de que todo el contenido del residuo sea vertido en la celda.



Fuente: Elaboración propia (2018).

**Figura N° 14.** Funcionamiento de la biocelda.

**Observaciones:** Una vez que el ánodo y el cátodo fueron llenados se procedió a medir el voltaje y la intensidad de corriente para lo cual se hizo uso de un multímetro.

## CARACTERISTICAS DE LA BIOCELDA

### Preparación de celda anódica

**Tabla N° 6:** *Cantidades de residuos de zanahoria, residuos de papa y remolacha utilizados en las bioceldas*

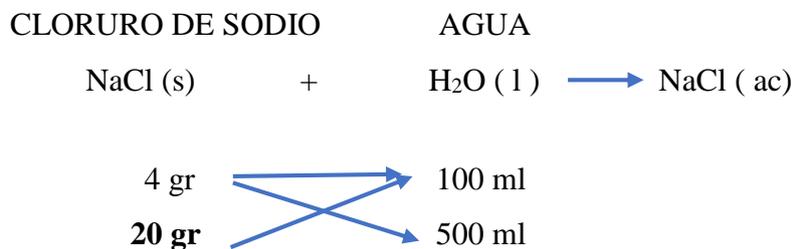
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Residuos de zanahoria	100 ml	150 ml	200 ml	250 ml
Residuos de papa	50 ml	50 ml	50 ml	20 ml
Residuos de rábano	20 ml	20 ml	20 ml	50 ml
Agua residual	200 ml	200 ml	200 ml	200 ml

### Preparación de la celda catódica

Se utilizara la misma cantidad para los 4 tratamientos

**Tabla N° 7:** *Cantidad de agua utilizada en las bioceldas*

productos	Cantidades
Agua destilada	500 ml
Cloruro de sodio	4 gr/ml



**Observación:** Se preparó cloruro de sodio al 4% con la finalidad de aumentar la conductividad eléctrica, para ello se utilizó 20 gr de este soluto en 500 ml de agua destilada.

## DISEÑO ESTADÍSTICO

### Diseño completamente al azar: **Modelo Unifactorial**

En la presente investigación se utilizó el diseño completamente al azar (DCL) debido a que se realizó una comparación de 4 tratamientos que afectaron la variable de respuesta siendo este el voltaje y la intensidad de corriente que produce la celda, así mismo este diseño solo tiene dos fuentes de variable que son los tratamientos y el error aleatorio, por otro lado las corridas experimentales se realizaran en un orden aleatorio.

En este caso los 4 tratamientos están dados por los volúmenes de zanahoria teniendo como variable de respuesta la cantidad de voltaje y la intensidad de corriente que se genera en la oxidación de esta materia orgánica, para ello se realizó tres pruebas (repeticiones) por cada tratamiento dando un total de 12 pruebas.

**Tabla N° 8:** *Diseño estadístico Completamente al Azar*

Variable	Tratamientos	N° de repeticiones	Variables de repuesta	Total de repeticiones
Extracto de zanahoria	100 ml	repetición 1	voltaje e intensidad de corriente	12 repeticiones
		repetición 2		
		repetición 3		
	150 ml	repetición 1	voltaje e intensidad de corriente	
		repetición 2		
		repetición 3		
	200 ml	repetición 1	voltaje e intensidad de corriente	
		repetición 2		
		repetición 3		
	250 ml	repetición 1	voltaje e intensidad de corriente	
		repetición 2		
		repetición 3		

### Modelo estadístico

#### Donde:

$Y_{ij}$  = voltaje e intensidad de corriente  $ij$ - ésima unidad experimental.

$\mu$  = media general del voltaje e intensidad de corriente.

$T_i$  = efecto del tratamiento sobre la variable dependiente.

$\epsilon_{ij}$  = efecto del error experimental asociados al tratamiento y repeticiones

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

#### **2.4.4. Validación y confiabilidad de instrumentos**

La validez estuvo dada por el juicio de los expertos, quienes evaluaron la relevancia, congruencia y claridad del contenido, en lineamiento a los objetivos planteados en la presente investigación. Los instrumentos validados por los jueces expertos se muestran en anexos y se menciona a continuación:

1. Ficha de registro de la recolección de residuos de zanahoria y rabanito (Anexo 01).
2. Ficha de Monitoreo del extracto de zanahoria (Anexo (02).
3. Ficha de monitoreo del extracto de rabanito (Anexo 03).
4. Ficha del punto de muestra de agua (Anexo 04).
5. Ficha de análisis de la muestra de aguas (Anexo 05).
6. Diseño y construcción de la biocelda (Anexo 08).
7. Ficha de monitoreo de las bioceldas con residuos de zanahoria (Anexo 06).
8. Ficha de monitoreo de las bioceldas solares con residuos de rabanito (Anexo 07).

Especialistas que comprobaron la validez son los siguientes

##### **Especialista 1:**

Apellidos y nombre: César Jiménez Calderón

Grado académico: Doctor

Nº de colegiatura: 42355

##### **Especialista 2:**

Apellidos y nombre: Cecilia Cermeño Castromonte

Grado académico: Magister

Nº de colegiatura: 123075

##### **Especialista 3:**

Apellidos y nombre: Juan Julio Ordoñez Gálvez

Grado académico: Doctor

Nº de colegiatura: 89972

**Tabla N° 9: Validación de Instrumentos**

Especialistas	Porcentaje de valorización
César Jiménez Calderón	85.5%
Cecilia Cermeño Castromonte	90%
Juan Julio Ordoñez Gálvez	85.5%

Fuente: elaboración propia con base en las fichas de validación de instrumentos (2018)

La confiabilidad de los instrumentos se realizó mediante el programa estadístico SPSS 23, en el cual se analizaron los puntajes dados por los especialistas al validar los instrumentos de recolección de datos. Estos puntajes fueron comprobados a través del alfa de cronbach el cual indica que si el valor alfa es cercano a 1 mayor es la consistencia de los ítems que fueron analizados. En la tabla N° 10 se puede observar que el alfa de cronbach es 0.990 el cual es próximo a 1 por lo tanto los ítems analizados son confiables.

**Tabla N° 10: Confiabilidad de instrumentos**

Alfa de Cronbach	Número de elementos
0,990	11

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 23 (2018)

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

En el análisis de datos se utilizó el programa IBM SPSS V 23 para el procesamiento estadístico y el programa estadístico Minitab 2018 para la realización de los gráficos, con la finalidad de analizar e interpretar los resultados, así mismo se realizaron gráficos (líneas y barras) con la finalidad de dar una mejor interpretación de los resultados.

## **2.6. Aspectos éticos**

El investigador tuvo el compromiso de respetar las leyes, normas u otros documentos de política que estén sujetos al proyecto de investigación durante su periodo de ejecución.

Así mismo se tendrá los criterios de:

- La confidencialidad, de información del centro donde se realiza la investigación.
- Legitimidad de resultados.
- Originalidad del proyecto.

### III. RESULTADOS

En esta sección se detallan los resultados obtenidos de los parámetros físicos y químicos de los residuos orgánicos, así como el voltaje que genera la biocelda. Evidenciando los siguientes resultados

#### 3.1. Resultado del voltaje e intensidad de corrientes obtenido a partir de los tratamientos en la biocelda

A partir de los 4 tratamientos aplicados a las bioceldas se obtuvieron los siguientes resultados detallados a continuación:

##### TRATAMIENTO 1: 100 ml de residuos de zanahoria

VOLTAJE ( V )				
TRATAMIENTO 1 ( 100 ml de residuos de zanahoria)				
Horas	Rep 1	Rep 2	Rep 3	PROM
0	0.018	0.024	0.02	0.021
4	0.031	0.035	0.027	0.031
8	0.046	0.047	0.036	0.043
12	0.062	0.064	0.052	0.059
16	0.076	0.082	0.068	0.075
20	0.086	0.097	0.075	0.086
24	0.095	0.108	0.092	0.098
28	0.104	0.121	0.104	0.110
32	0.118	0.129	0.122	0.123
36	0.131	0.138	0.135	0.135
40	0.144	0.151	0.149	0.148
44	0.158	0.166	0.159	0.161
48	0.164	0.177	0.176	0.172
52	0.176	0.188	0.178	0.181
56	0.185	0.197	0.187	0.190
60	0.199	0.216	0.212	0.209
64	0.213	0.225	0.219	0.219
68	0.219	0.239	0.232	0.230
72	0.229	0.239	0.245	0.238
76	0.242	0.254	0.251	0.249
80	0.253	0.262	0.264	0.260
84	0.262	0.269	0.272	0.268
88	0.275	0.281	0.286	0.281
92	0.286	0.294	0.297	0.292
96	0.298	0.305	0.307	0.303
100	0.312	0.318	0.313	0.314

INTENSIDAD DE CORRIENTE ( A )			
TRATAMIENTO 1 ( 100 ml de residuos de zanahoria)			
Rep 1	Rep 2	Rep 3	PROM
0.002	0.003	0.003	0.003
0.004	0.005	0.003	0.004
0.006	0.006	0.005	0.005
0.008	0.008	0.007	0.007
0.010	0.010	0.009	0.009
0.011	0.012	0.009	0.011
0.012	0.013	0.012	0.012
0.013	0.015	0.013	0.014
0.014	0.015	0.015	0.015
0.016	0.017	0.017	0.017
0.018	0.019	0.018	0.018
0.020	0.021	0.020	0.020
0.021	0.022	0.022	0.022
0.022	0.024	0.023	0.023
0.024	0.025	0.024	0.024
0.025	0.027	0.027	0.026
0.027	0.028	0.027	0.027
0.027	0.030	0.030	0.029
0.029	0.030	0.031	0.030
0.030	0.032	0.032	0.031
0.032	0.033	0.033	0.032
0.032	0.032	0.033	0.033
0.034	0.034	0.035	0.034
0.035	0.035	0.035	0.035
0.035	0.037	0.037	0.036
0.038	0.038	0.037	0.038

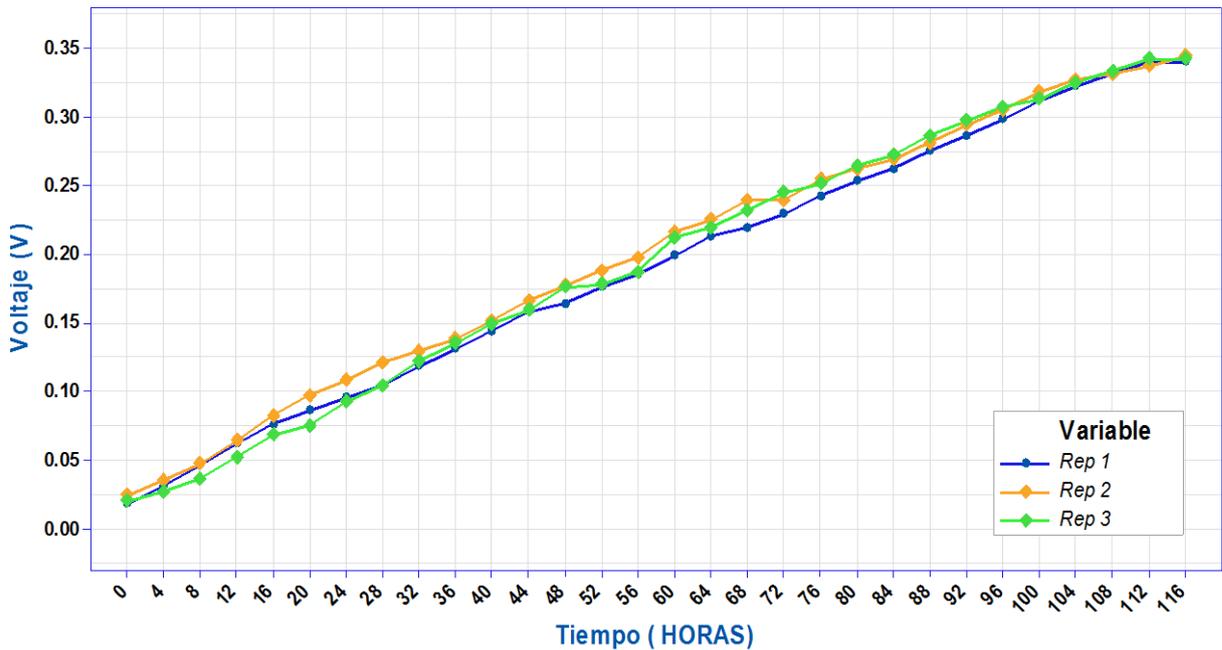
104	0.322	0.327	0.325	0.325
108	0.331	0.331	0.333	0.332
112	0.34	0.337	0.342	0.340
116	0.34	0.344	0.342	0.342

0.039	0.039	0.039	0.039
0.039	0.039	0.040	0.039
0.040	0.040	0.040	0.040
0.041	0.041	0.040	0.041

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Minitab (2018)

**Gráfico N° 1:** Comportamiento del voltaje vs el tiempo con 100 ml de residuo de zanahoria

**Tratamiento N° 1: ( 100 ml de extracto de residuo de zanahoria)**

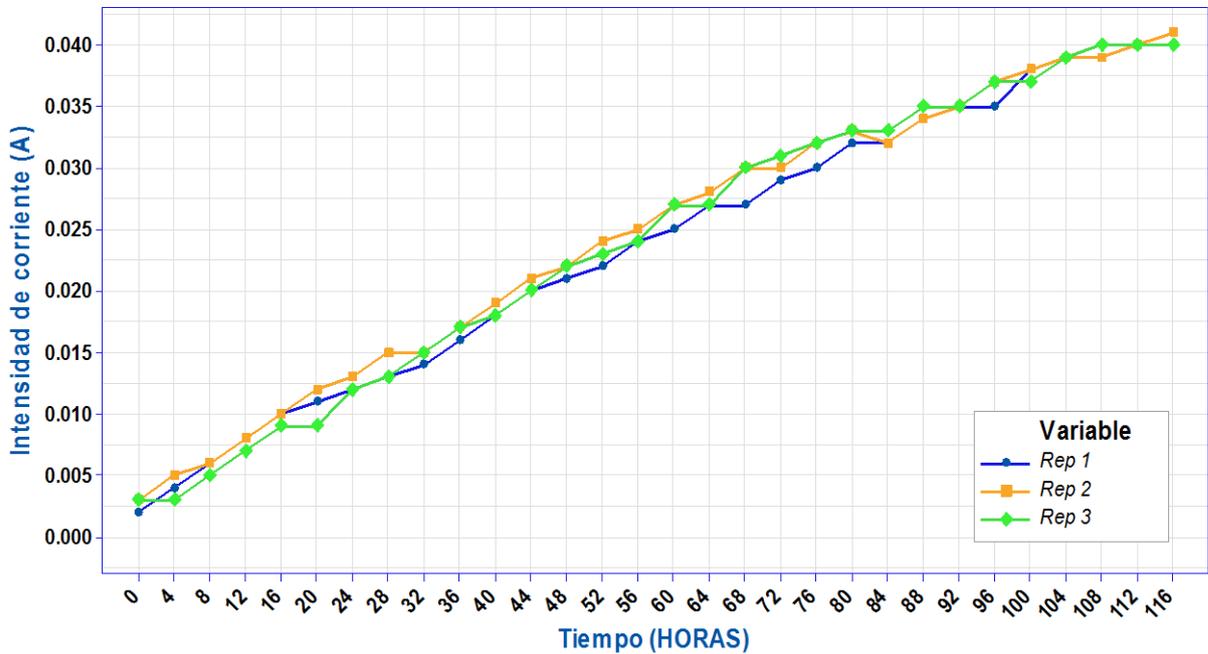


Fuente: Elaboración propia, adaptado de Minitab (2018)

El *Gráfica N° 1*, muestra el voltaje obtenido del primer tratamiento en la biocelda el cual contiene un volumen de 100 ml de extracto de residuo de zanahoria, 50 ml de residuo de papa y 10 ml de residuo de rábano. Así mismo se realizaron tres repeticiones durante 5 días cada uno, obteniendo un voltaje inicial máximo de 0,024 V en la *repetición N° 2* así mismo se puede observar la tendencia a aumentar del voltaje hasta las 104 horas llegando a un voltaje máximo de 0.344 V manteniéndose constante durante las últimas 4 horas de operación.

**Gráfico N° 2:** Comportamiento de la intensidad de corriente vs el tiempo con 100 ml de residuo de zanahoria

**Tratamiento N° 1: (100 ml de extracto de residuo de zanahoria)**



Fuente: Elaboración propia, adaptado de Minitab (2018)

El *Gráfica N° 2*, muestra la intensidad de corriente obtenido del primer tratamiento en la biocelda, el cual contiene un volumen de 100 ml de extracto de residuos de zanahoria, 50 ml de residuo de papa y 20 ml de residuo de rábano. Se realizaron tres repeticiones durante 5 días cada uno, pudiéndose observar la tendencia a aumentar de las tres repeticiones durante los 116 horas, sin embargo se puede observar que en la *repetición N° 3* la intensidad de corriente se mantiene constante durante las primeras 4 horas y durante las 104 – 116 horas, así también la repetición 1 y 2 llegan a tener la misma intensidad de corriente durante 8 – 16, y las 100 – 116 horas llegando a 0,041 ( A ) siendo esta la mayor intensidad de corriente alcanzada en el tiempo de operación.

**TRATAMIENTO 2:** 150 ml de extracto de residuos de zanahoria.

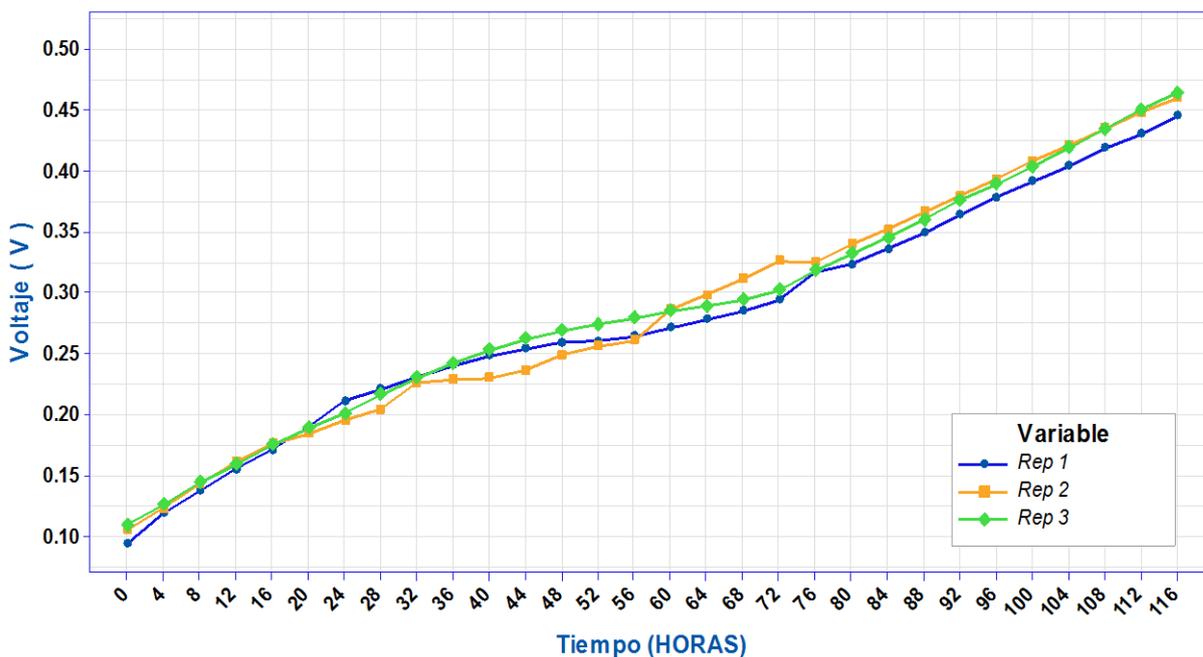
<b>VOLTAJE ( V )</b>				
<b>TRATAMIENTO 2</b> (150 ml de residuos de zanahoria)				
<b>Hora s</b>	<b>Rep 1</b>	<b>Rep 2</b>	<b>Rep 3</b>	<b>PROM</b>
0	0.094	0.105	0.109	0.103
4	0.119	0.123	0.126	0.123
8	0.137	0.143	0.144	0.141
12	0.155	0.161	0.159	0.158
16	0.171	0.176	0.175	0.174
20	0.19	0.184	0.189	0.188
24	0.211	0.195	0.201	0.202
28	0.221	0.204	0.216	0.214
32	0.231	0.226	0.23	0.229
36	0.24	0.229	0.242	0.237
40	0.248	0.23	0.253	0.244
44	0.254	0.236	0.262	0.251
48	0.259	0.249	0.269	0.259
52	0.26	0.256	0.274	0.263
56	0.264	0.261	0.279	0.268
60	0.271	0.286	0.285	0.281
64	0.278	0.298	0.289	0.288
68	0.285	0.311	0.294	0.297
72	0.294	0.326	0.302	0.307
76	0.317	0.325	0.318	0.320
80	0.323	0.34	0.332	0.332
84	0.336	0.352	0.345	0.344
88	0.349	0.366	0.36	0.358
92	0.364	0.379	0.376	0.373
96	0.378	0.393	0.389	0.387
100	0.391	0.408	0.403	0.401
104	0.404	0.421	0.419	0.415
108	0.419	0.435	0.434	0.429
112	0.43	0.448	0.45	0.443
116	0.445	0.46	0.464	0.456

<b>INTENSIDAD DE CORRIENTE ( A )</b>			
<b>TRATAMIENTO 2</b> (150 ml de residuos de zanahoria)			
<b>Rep 1</b>	<b>Rep 2</b>	<b>Rep 3</b>	<b>PROM</b>
0.012	0.013	0.013	0.013
0.014	0.015	0.015	0.015
0.017	0.018	0.018	0.018
0.019	0.020	0.020	0.020
0.021	0.022	0.022	0.022
0.024	0.023	0.024	0.023
0.026	0.024	0.025	0.025
0.028	0.026	0.027	0.027
0.029	0.028	0.029	0.029
0.030	0.029	0.030	0.030
0.031	0.029	0.032	0.030
0.032	0.030	0.033	0.031
0.032	0.030	0.034	0.032
0.033	0.032	0.034	0.033
0.033	0.033	0.035	0.034
0.034	0.035	0.035	0.035
0.035	0.036	0.035	0.035
0.035	0.038	0.035	0.036
0.035	0.039	0.037	0.037
0.038	0.039	0.038	0.039
0.039	0.041	0.040	0.040
0.040	0.043	0.042	0.041
0.042	0.044	0.044	0.043
0.044	0.046	0.045	0.045
0.045	0.047	0.046	0.046
0.047	0.048	0.048	0.048
0.048	0.050	0.049	0.049
0.049	0.051	0.051	0.050
0.051	0.052	0.053	0.052
0.052	0.054	0.054	0.053

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Minitab (2018).

**Gráfico N° 3:** Comportamiento del voltaje vs el tiempo con 150 ml de residuo de zanahoria

### Tratamiento N° 2: ( 150 ml de extracto de residuo de zanahoria)

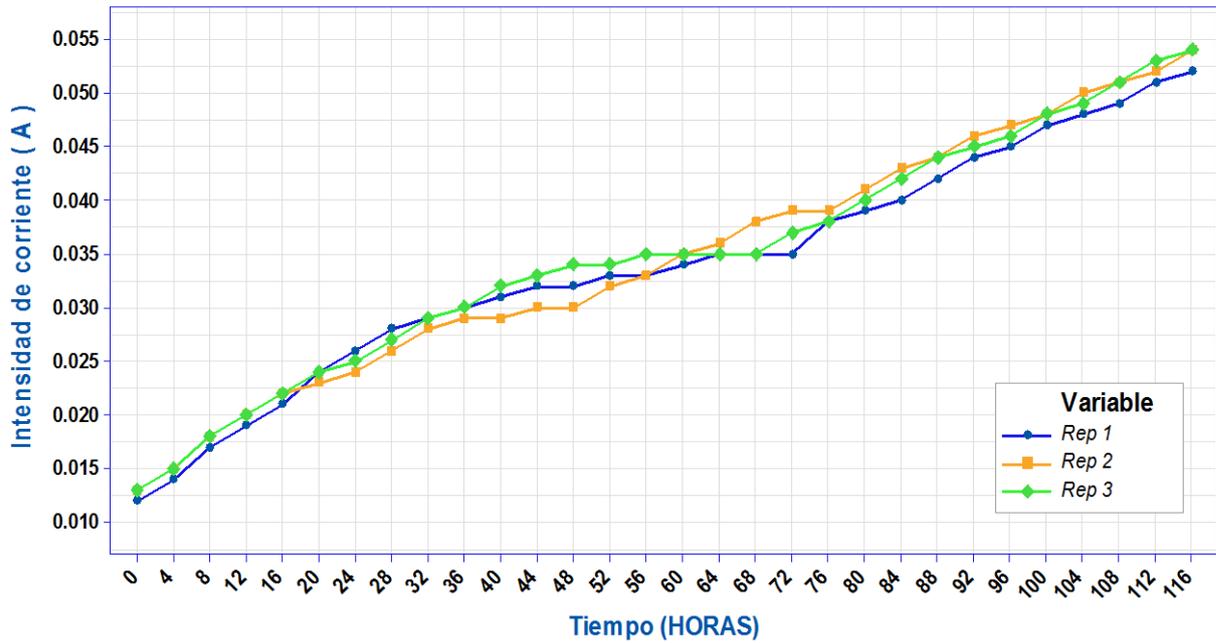


Fuente: Elaboración propia, adaptado de Minitab (2018).

En la **Gráfica N° 3** se observa el comportamiento del voltaje durante las 116 horas equivalentes a 5 días de trabajo, en este segundo tratamiento se varió la cantidad de extracto de residuos de zanahoria siendo este 150 ml, manteniendo el mismo volumen de residuo de papa y rábano 50 ml y 20 ml respectivamente, obteniendo como resultado un voltaje inicial de 0.109 V en la **repetición N° 3** siendo este el mayor voltaje inicial obtenido de las tres repeticiones, por otro lado también se puede apreciar que todas las repeticiones tienen un comportamiento similar, sin embargo se puede observar que la **repetición N° 2** aumenta lentamente durante las 32 - 56 horas para luego ascender rápidamente alcanzando un voltaje de 460 V muy similar a la **repetición N° 3** el cual tuvo el voltaje máximo siendo este 0.464 V en las 116 horas.

**Gráfico N° 4:** Comportamiento de la intensidad de corriente vs el tiempo con 150 ml de residuo de zanahoria

**Tratamiento N° 2: (150 ml de extracto de residuo de zanahoria)**



Fuente: Elaboración propia, adaptado de Minitab (2018)

El *Gráfica N° 4* muestra el comportamiento de la intensidad de corriente obtenido del segundo tratamiento, el cual consta de 150 ml de extracto de residuos de zanahoria, 50 ml de residuo de papa y 20 ml de residuo de rábano, en este tratamiento se puede apreciar que la *repeticion N° 2* y la *repeticion N° 3* tienen la misma intensidad de corriente durante las primeras 16 horas, a partir de allí la repetición N° 3 aumenta progresivamente hasta las 52 horas, para luego mantenerse constante desde las 56 horas hasta las 68 horas con una intensidad de corriente de 0,035 A, así mismo la repetición N° 3 y Repetición N° 2 fueron las que alcanzaron la mayor intensidad de corriente siendo esta 0,054 A.

**TRATAMIENTO 3:** 200 ml de extracto de residuos de zanahoria.

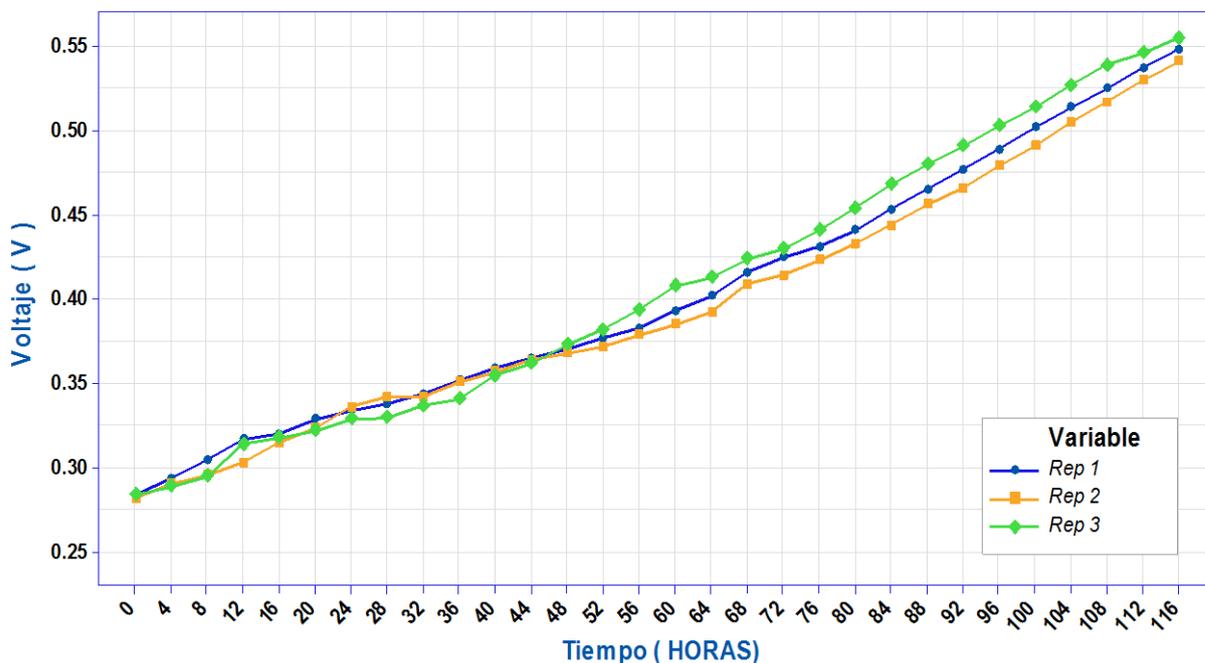
<b>VOLTAJE ( V )</b>				
<b>TRATAMIENTO 3</b> (200 ml de residuos de zanahoria)				
<b>Hora s</b>	<b>Rep 1</b>	<b>Rep 2</b>	<b>Rep 3</b>	<b>PROM</b>
0	0.284	0.282	0.284	0.283
4	0.294	0.291	0.289	0.291
8	0.305	0.296	0.295	0.299
12	0.317	0.303	0.314	0.311
16	0.32	0.315	0.318	0.318
20	0.329	0.324	0.322	0.325
24	0.334	0.336	0.329	0.333
28	0.338	0.342	0.33	0.337
32	0.344	0.342	0.337	0.341
36	0.352	0.351	0.341	0.348
40	0.359	0.357	0.355	0.357
44	0.365	0.364	0.362	0.364
48	0.37	0.368	0.373	0.370
52	0.377	0.372	0.382	0.377
56	0.383	0.379	0.394	0.385
60	0.393	0.385	0.408	0.395
64	0.402	0.392	0.413	0.402
68	0.416	0.409	0.424	0.416
72	0.425	0.414	0.43	0.423
76	0.431	0.423	0.441	0.432
80	0.441	0.433	0.454	0.443
84	0.453	0.444	0.468	0.455
88	0.465	0.456	0.48	0.467
92	0.477	0.466	0.491	0.478
96	0.489	0.479	0.503	0.490
100	0.502	0.491	0.514	0.502
104	0.514	0.505	0.527	0.515
108	0.525	0.517	0.539	0.527
112	0.537	0.53	0.546	0.538
116	0.548	0.541	0.555	0.548

<b>INTENSIDAD DE CORRIENTE ( A )</b>			
<b>TRATAMIENTO 3</b> (200 ml de residuos de zanahoria)			
<b>Rep 1</b>	<b>Rep 2</b>	<b>Rep 3</b>	<b>PROM</b>
0.034	0.033	0.034	0.033
0.035	0.035	0.036	0.035
0.037	0.036	0.036	0.036
0.038	0.037	0.038	0.038
0.038	0.038	0.038	0.038
0.039	0.039	0.039	0.039
0.040	0.040	0.039	0.039
0.040	0.041	0.040	0.041
0.042	0.041	0.040	0.041
0.043	0.043	0.041	0.042
0.044	0.043	0.043	0.043
0.044	0.044	0.044	0.044
0.045	0.044	0.045	0.045
0.046	0.045	0.046	0.046
0.046	0.046	0.047	0.046
0.047	0.046	0.048	0.047
0.048	0.047	0.049	0.048
0.049	0.048	0.050	0.049
0.050	0.049	0.051	0.050
0.051	0.050	0.052	0.051
0.052	0.051	0.053	0.052
0.053	0.052	0.055	0.053
0.055	0.053	0.056	0.055
0.055	0.055	0.058	0.056
0.057	0.055	0.059	0.057
0.059	0.058	0.060	0.059
0.060	0.059	0.062	0.061
0.062	0.061	0.064	0.062
0.064	0.063	0.065	0.064
0.065	0.065	0.066	0.065

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Minitab (2018).

**Gráfico N° 5:** Comportamiento del voltaje vs el tiempo con 200 ml de residuo de zanahoria

**Tratamiento N° 3: (200 ml de extracto de residuo de zanahoria)**

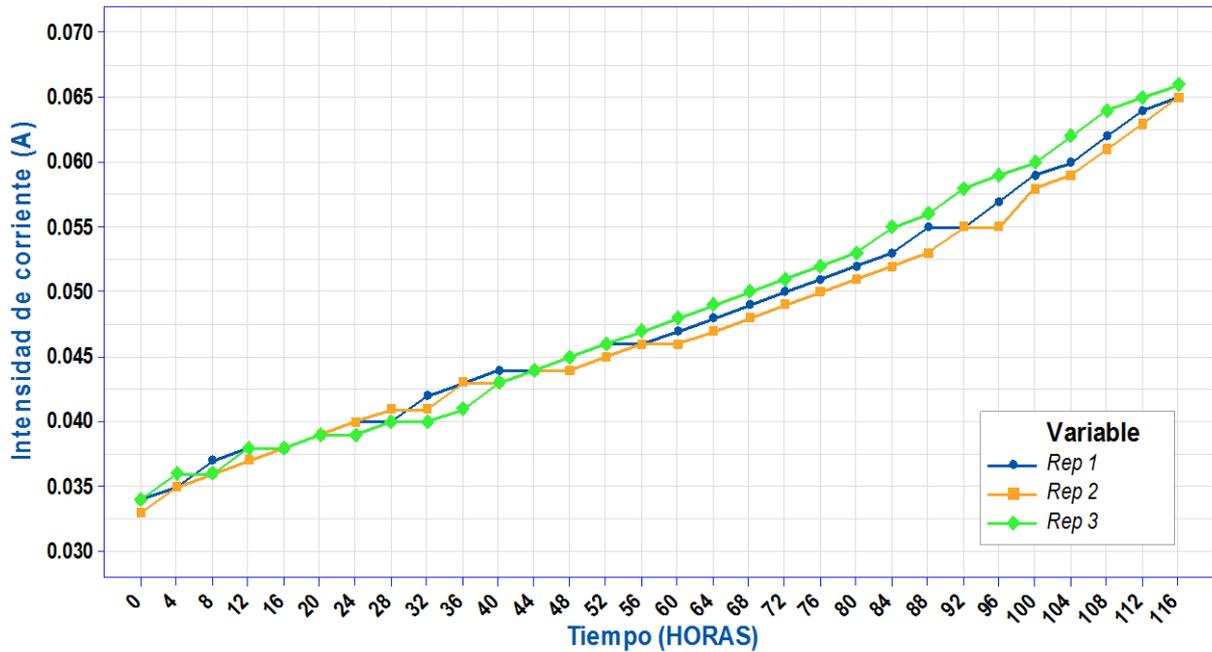


Fuente: Elaboración propia, adaptado de Minitab (2018).

En la **Gráfica N° 5** se observa el comportamiento del voltaje medido durante 15 días de operación realizándose una repetición por cada 5 días, en este tercer tratamiento se aumentó la cantidad de extracto zanahoria a 200 ml, y se mantuvo constante los volúmenes de residuos de papa (50 ml) y rábano (20 ml), con este tratamiento se obtuvo mejores resultados en comparación con los otros dos tratamientos, pudiéndose observar que las tres repeticiones comienzan con un voltaje similar siendo este de 0.284 V, aumentando constantemente hasta las 44 horas donde vuelven a tener un voltaje similar, a partir de allí se puede apreciar que la **repetición N° 3** incrementa rápidamente alcanzando un voltaje máximo de 0.555 V, así también la **repetición N° 1** y **repetición N° 2** genero voltajes apreciables los cuales se encuentran en un rango de 0.548 V y 0.541 V obteniéndose un promedio de 0.545 V.

**Gráfico N° 6:** Comportamiento de la intensidad de corriente vs el tiempo con 200 ml de residuo de zanahoria

**Tratamiento N° 3: (200 ml de extracto de residuo de zanahoria)**



Fuente: Elaboración propia, adaptado de Minitab (2018).

En el **Gráfico N° 6** se puede apreciar el comportamiento de la intensidad de corriente durante las 116 horas en el que se mantuvo en funcionamiento la biocelda, este tercer tratamiento estuvo compuesto de 200 ml de residuos de zanahoria, 20 ml de residuo de rábano y 50 ml de residuo de papa, por otro lado se puede observar que la **repetición N° 1** y la **repetición N° 2** tienen la misma intensidad de corriente al comienzo de la operación siendo esta 0.034 A, sin embargo la **repetición N° 3** tuvo un aumento progresivo durante las 52 horas y las 116 horas siendo esta repetición la que obtuvo mayor intensidad de corriente de 0.066 A.

**TRATAMIENTO 4:** 250 ml de extracto de residuos de zanahoria.

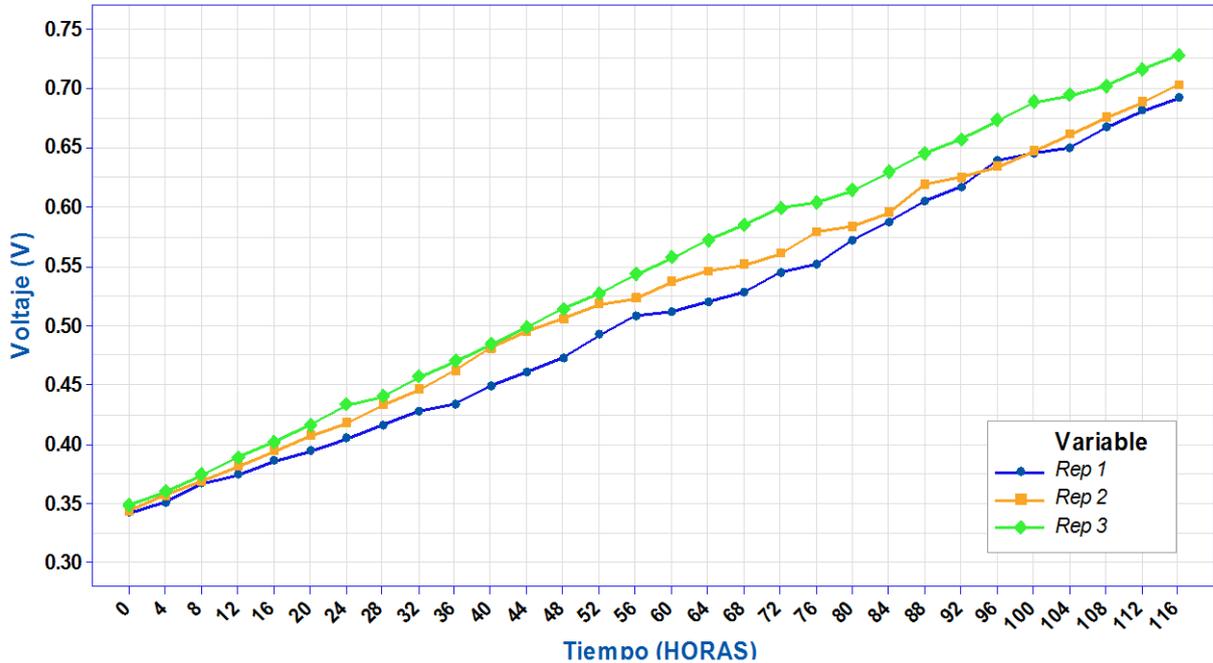
<b>VOLTAJE ( V )</b>				
<b>TRATAMIENTO 4</b> (250 ml de residuos de zanahoria)				
<b>Hora s</b>	<b>Rep 1</b>	<b>Rep 2</b>	<b>Rep 3</b>	<b>PROM</b>
0	0.342	0.344	0.349	0.345
4	0.351	0.357	0.36	0.356
8	0.367	0.369	0.374	0.370
12	0.374	0.381	0.389	0.381
16	0.386	0.394	0.402	0.394
20	0.394	0.407	0.416	0.406
24	0.405	0.418	0.433	0.419
28	0.416	0.433	0.44	0.430
32	0.428	0.446	0.457	0.444
36	0.434	0.462	0.47	0.455
40	0.449	0.481	0.484	0.471
44	0.461	0.495	0.499	0.485
48	0.473	0.506	0.514	0.498
52	0.492	0.518	0.527	0.512
56	0.508	0.523	0.543	0.525
60	0.512	0.537	0.557	0.535
64	0.52	0.546	0.572	0.546
68	0.528	0.551	0.585	0.555
72	0.545	0.561	0.599	0.568
76	0.552	0.579	0.604	0.578
80	0.572	0.584	0.614	0.590
84	0.587	0.595	0.629	0.604
88	0.605	0.619	0.645	0.623
92	0.617	0.625	0.657	0.633
96	0.639	0.634	0.673	0.649
100	0.645	0.647	0.688	0.660
104	0.65	0.661	0.694	0.668
108	0.667	0.675	0.702	0.681
112	0.681	0.688	0.716	0.695
116	0.692	0.703	0.728	0.708

<b>INTENSIDAD DE CORRIENTE ( A )</b>			
<b>TRATAMIENTO 4</b> (250 ml de residuos de zanahoria)			
<b>Rep 1</b>	<b>Rep 2</b>	<b>Rep 3</b>	<b>PROM</b>
0.041	0.041	0.042	0.041
0.042	0.043	0.043	0.043
0.045	0.044	0.045	0.045
0.045	0.046	0.045	0.045
0.047	0.046	0.047	0.047
0.046	0.048	0.048	0.048
0.047	0.049	0.051	0.049
0.049	0.051	0.051	0.050
0.050	0.052	0.053	0.051
0.050	0.053	0.055	0.053
0.052	0.055	0.056	0.054
0.053	0.058	0.058	0.056
0.056	0.058	0.059	0.058
0.057	0.060	0.062	0.060
0.059	0.062	0.065	0.062
0.061	0.064	0.066	0.063
0.062	0.065	0.067	0.065
0.062	0.065	0.070	0.066
0.063	0.066	0.070	0.067
0.065	0.067	0.070	0.067
0.067	0.068	0.071	0.068
0.067	0.068	0.072	0.069
0.070	0.072	0.074	0.072
0.071	0.072	0.076	0.073
0.073	0.073	0.078	0.075
0.074	0.075	0.081	0.077
0.076	0.077	0.081	0.078
0.078	0.079	0.082	0.080
0.080	0.080	0.083	0.081
0.081	0.082	0.084	0.082

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Minitab (2018).

**Gráfico N° 7:** Comportamiento del voltaje vs el tiempo con 250 ml de residuo de zanahoria

**Tratamiento N° 4: (250 ml de extracto de residuo de zanahoria)**

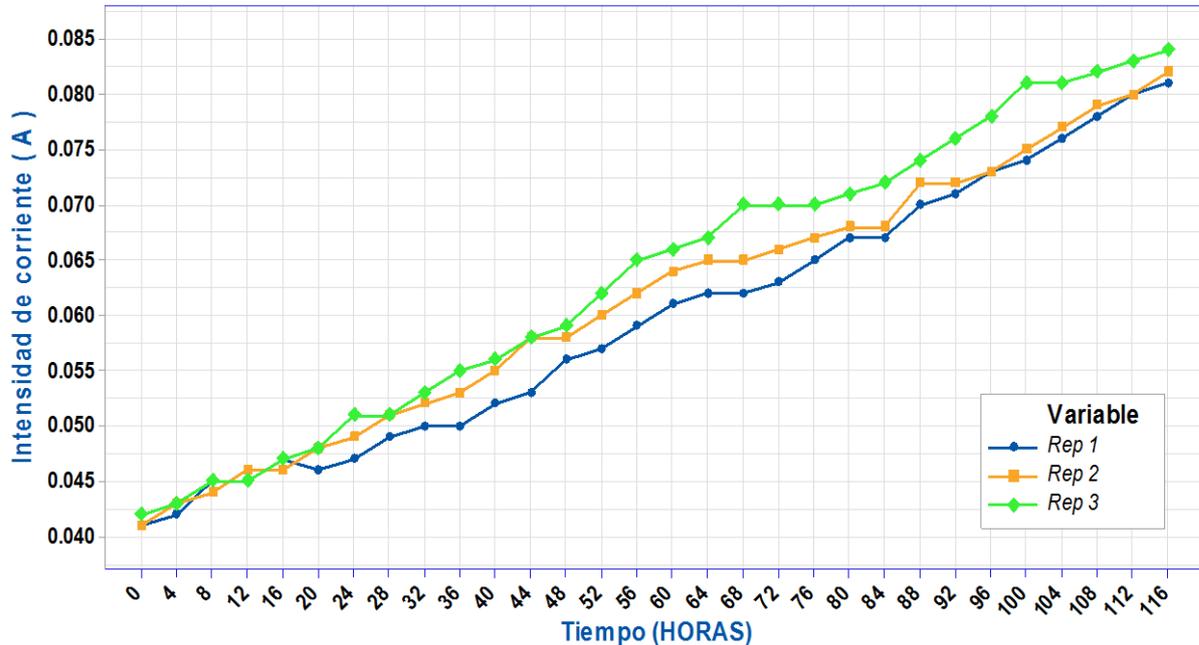


Fuente: Elaboración propia, adaptado de Minitab (2018)

En el **Gráfico N° 7** se observa el incremento del voltaje durante las 116 horas de operación lo cual equivale a 5 días de trabajo por cada repetición, así mismo en este último tratamiento se aumentó el volumen de residuos de zanahoria a 250 ml, manteniendo constante el volumen de residuo de papa (50 ml) y rábano (20 ml), con este tratamiento se obtuvo mejores resultados llegando a un voltaje máximo de 0.728 V para la **repetición N° 3** que fue el más destacable de todos los tratamientos, así mismo se puede apreciar que la **repetición N° 1** fue el que obtuvo menos voltaje durante todo el proceso llegando a un voltaje máximo de 0,692 V.

**Gráfico N° 8:** Comportamiento de la intensidad de corriente vs el tiempo con 250 ml de residuo de zanahoria

**Tratamiento N° 4: (250 ml de extracto de residuo de zanahoria)**



Fuente: Elaboración propia, adaptado de Minitab (2018)

La **Gráfica N° 8** muestra el crecimiento de la intensidad de corriente obtenido del cuarto tratamiento, el cual consta de 250 ml de extracto de residuos de zanahoria, 50 ml de residuo de papa y 20 ml de residuo de rábano, en este tratamiento se puede apreciar que en las primeras 16 horas las tres repeticiones tienen un comportamiento similar, sin embargo a partir de ello se puede observar que la **repetición N° 3** tiende a aumentar progresivamente las 20 - 66 horas para luego mantenerse constante durante 12 horas para luego aumentar llegando a obtener 0.084 Amperios, así mismo la **repetición N° 1** y la **repetición N° 2** también generaron un alto amperaje siendo este de 0,081 y 0.082 A respectivamente.

### 3.2. Procesamiento de los datos en el programa IBM SPSS v.23

#### 3.2.1. Análisis inferencial

Para comparar medias y desviación estándar es necesario que se cumplan los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Para ello realizara la prueba de normalidad.

#### Prueba de normalidad para el voltaje

Se llevó acabo la prueba de normalidad con la finalidad de identificar el comportamiento de las muestras. Es decir si los datos de las variables tienen una distribución normal correspondiente a los supuestos paramétricos y si no tienen una distribución normal corresponde a los supuestos no paramétricos. Esta prueba tiene como hipótesis: Teniendo como prueba estadística a Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk

**Tabla N° 11:** *Prueba de normalidad del voltaje obtenido de la biocelda a partir de los cuatro tratamientos con residuo de zanahoria.*

PRUEBAS DE NORMALIDAD							
TRATAMIENTOS		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>voltaje obtenido de la biocelda</b>	Tratamiento 1 ( 100 ml de residuo de zanahoria)	,076	30	,200*	,950	30	,171
	Tratamiento 2 ( 150 ml de residuo de zanahoria)	,060	30	,200*	,978	30	,777
	Tratamiento 3 ( 200 ml de residuo de zanahoria)	,092	30	,200*	,952	30	,186
	Tratamiento 4 ( 250 ml de residuo de zanahoria)	,077	30	,200*	,957	30	,261

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 23 (2018)

#### a) Prueba de hipótesis

H0: Los datos del voltaje tienen una distribución normal.

H1: Los datos del voltaje no tienen una distribución normal.

#### b) Regla de decisión

Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (H0)

#### c) Resultado:

El voltaje de los **tratamiento N°1, N°2, N°3 y N°4** tienen una significancia de **0.171, 0.777, 0.186 y 0.261** respectivamente siendo mayor a 0.05.

**d) Decisión / conclusión**

Se acepta la hipótesis nula (H0) por lo tanto existe una distribución normal en todos los datos del voltaje. Con un nivel de confianza del 95%.

**3.2.2. Prueba paramétrica:**

**ANOVA de un factor**

Después de haber realizado la prueba de Normalidad se realizó la prueba paramétrica ANOVA para la aceptación o rechazo de la hipótesis, así mismo se analizó el supuesto de homogeneidad de varianza.

**Tabla N° 12:** *Análisis descriptivo del voltaje obtenido de la biocelda a partir de los cuatro tratamientos con residuo de zanahoria.*

DESCRIPTIVOS								
voltaje obtenido de la biocelda								
TRATAMIENTOS	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
tratamiento 1 ( 100 ml de residuo de zanahoria)	30	.19450	.100315	.018315	.15704	.23196	.021	.342
tratamiento 2 ( 150 ml de residuo de zanahoria)	30	.28283	.097525	.017805	.24642	.31925	.103	.456
tratamiento 3 ( 200 ml de residuo de zanahoria)	30	.40233	.079092	.014440	.37280	.43187	.283	.548
tratamiento 4 ( 250 ml de residuo de zanahoria)	30	.52613	.110290	.020136	.48495	.56732	.345	.708
Total	120	.35145	.158118	.014434	.32287	.38003	.021	.708

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 23 (2018)

En el **Tabla N° 12**, se observa la media de cada uno de los tratamientos con un intervalo de confianza del 95%, estos resultados muestran los voltajes máximo y mínimo obtenido con cada uno de los tratamientos, pudiéndose observar que con el tratamiento N° 4 se obtiene un voltaje mínimo de 345 V y un voltaje máximo de 0,708 V

**Tabla N° 14:** Prueba paramétrica ANOVA para el voltaje obtenido a partir de los 4 tratamientos con residuos de zanahoria.

ANOVA					
voltaje obtenido de la biocelda					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,873	3	,624	65,743	,000
Dentro de grupos	1,102	116	,009		
Total	2,975	119			

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 23 (2018)

**a) Prueba de hipótesis**

H<sub>0</sub>: Todos los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en la biocelda producen el mismo voltaje al generar energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.

H<sub>1</sub>: Todos los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en la biocelda producen un voltaje diferente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.

**b) Regla de decisión**

Sig < 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>)

**c) Resultados**

sig = 0.000

0.000 es menor que 0.005

**d) Decisión / conclusión**

Se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), por lo tanto Todos o al menos uno de los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en la biocelda producen un voltaje diferente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.

- A continuación se muestra la prueba de homogeneidad de varianza de Levene, con la finalidad de analizar cuál de todos los voltajes obtenidos a partir de los 4 tratamientos tiene una media diferente.

**Tabla N° 13:** Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene

<b>PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS</b>			
<b>voltaje obtenido de la biocelda</b>			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,469	3	116	,227

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 23 (2018)

**a) Prueba de hipótesis**

H<sub>0</sub>: Si existe homogeneidad de varianzas en el voltaje de los 4 tratamientos.

H<sub>1</sub>: No existe homogeneidad de varianzas en el voltaje de los 4 tratamientos.

**b) Regla de decisión**

Sig < 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>)

**c) Resultados**

sig = 0,227 es mayor que 0.05

**d) Decisión / conclusión**

Se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), por lo tanto existe homogeneidad de varianzas en el voltaje de los 4 tratamientos.

**Tabla N° 13: Prueba post Hoc – Tukey**

COMPARACIONES MÚLTIPLES						
Variable dependiente:		voltaje obtenido de la biocelda				
HSD TUKEY		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I) tratamiento	(J) tratamiento				Límite inferior	Límite superior
tratamiento 1 ( 100 ml de residuo de zanahoria)	tratamiento 2 ( 150 ml de residuo de zanahoria)	-.088333*	.025164	.004	-.15393	-.02274
	tratamiento 3 ( 200 ml de residuo de zanahoria)	-.207833*	.025164	.000	-.27343	-.14224
	tratamiento 4 ( 250 ml de residuo de zanahoria)	-.331633*	.025164	.000	-.39723	-.26604
tratamiento 2 ( 150 ml de residuo de zanahoria)	tratamiento 1 ( 100 ml de residuo de zanahoria)	.088333*	.025164	.004	.02274	.15393
	tratamiento 3 ( 200 ml de residuo de zanahoria)	-.119500*	.025164	.000	-.18509	-.05391
	tratamiento 4 ( 250 ml de residuo de zanahoria)	-.243300*	.025164	.000	-.30889	-.17771
tratamiento 3 ( 200 ml de residuo de zanahoria)	tratamiento 1 ( 100 ml de residuo de zanahoria)	.207833*	.025164	.000	.14224	.27343
	tratamiento 2 ( 150 ml de residuo de zanahoria)	.119500*	.025164	.000	.05391	.18509
	tratamiento 4 ( 250 ml de residuo de zanahoria)	-.123800*	.025164	.000	-.18939	-.05821
tratamiento 4 ( 250 ml de residuo de zanahoria)	tratamiento 1 ( 100 ml de residuo de zanahoria)	.331633*	.025164	.000	.26604	.39723
	tratamiento 2 ( 150 ml de residuo de zanahoria)	.243300*	.025164	.000	.17771	.30889
	tratamiento 3 ( 200 ml de residuo de zanahoria)	.123800*	.025164	.000	.05821	.18939

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 23 (2018)

**a) Prueba de hipótesis**

H<sub>0</sub>: En ninguno de los tratamientos hay diferencias significativas.

H<sub>1</sub>: En todos los tratamientos existen diferencias significativas.

**b) Regla de decisión**

Sig < 0.05, se rechaza la hipótesis nula.

**c) Resultado**

Sig = 0.000 es menor que 0.05.

**d) Decisión / conclusión**

Se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) de modo que existen diferencias significativas en el voltaje de todos los tratamientos.

### Prueba de normalidad para la intensidad de corriente

- A continuación se muestra el cuadro de normalidad la cual muestra datos de la intensidad de corriente obtenida de los cuatro tratamientos de residuo de zanahoria. Teniendo como prueba estadística a Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk

**Tabla N° 14:** *Prueba de normalidad de la intensidad de corriente obtenida a partir de los cuatro tratamientos con residuo de zanahoria*

<b>PRUEBAS DE NORMALIDAD</b>						
TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
tratamiento 1 ( 100 ml de residuo de zanahoria)	,102	30	,200*	,942	30	,102
tratamiento 2 ( 150 ml de residuo de zanahoria)	,065	30	,200*	,977	30	,730
tratamiento 3 ( 200 ml de residuo de zanahoria)	,080	30	,200*	,964	30	,394
tratamiento 4 ( 250 ml de residuo de zanahoria)	,099	30	,200*	,952	30	,185

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 23 (2018)

**a) Prueba de hipótesis**

H<sub>0</sub>: Los datos de la intensidad de corriente tienen una distribución normal.

H<sub>1</sub>: Los datos de la intensidad de corriente no tienen una distribución normal.

**b) Regla de decisión**

Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>).

**c) Resultado**

El voltaje de los **tratamiento N°1, N°2, N°3 y N°4** tienen una significancia de **0.102, 0.730, 0.394 y 0.185** respectivamente, siendo mayor a 0.05.

**d) Decisión / conclusión**

Se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), de modo que los datos de la intensidad de corriente tienen una distribución normal.

### 3.2.3. Prueba paramétrica

#### ANOVA de un factor

Después de haber realizado la prueba de Normalidad se realizara la prueba paramétrica ANOVA para la aceptación o rechazo de la hipótesis, así mismo se analizara el supuesto de homogeneidad de varianza.

**Tabla N° 15:** *Análisis descriptivo de la intensidad de corriente obtenido de la biocelda a partir de los cuatro tratamientos con residuos de zanahoria*

DESCRIPTIVOS								
Intensidad de corriente obtenida de la biocelda								
TRATAMIENTOS	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
tratamiento 1 ( 100 ml de residuo de zanahoria)	30	.02380	.011946	.002181	.01934	.02826	.003	.041
tratamiento 2 ( 150 ml de residuo de zanahoria)	30	.03437	.011062	.002020	.03024	.03850	.013	.053
tratamiento 3 ( 200 ml de residuo de zanahoria)	30	.04783	.009044	.001651	.04446	.05121	.033	.065
tratamiento 4 ( 250 ml de residuo de zanahoria)	30	.06150	.012520	.002286	.05683	.06617	.041	.082
Total	120	.04188	.018038	.001647	.03861	.04514	.003	.082

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 23 (2018)

En el **Tabla N° 17**, se puede observar la media de cada uno de los tratamientos con un intervalo de confianza del 95%, estos resultados muestran la intensidad de corriente máximo y mínimo obtenido con cada uno de los tratamientos, pudiéndose observar que con el tratamiento N° 4 se obtiene una intensidad de corriente mínimo de 0,041 A y una intensidad de corriente máximo de 0,082 V.

**Tabla N° 16:** Prueba paramétrica ANOVA para la intensidad de corriente obtenida a partir de los 4 tratamientos con residuos de zanahoria.

ANOVA					
intensidad de corriente obtenida de la biocelda					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,024	3	,008	63,834	,000
Dentro de grupos	,015	116	,000		
Total	,039	119			

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 23 (2018)

**a) Prueba de hipótesis**

H<sub>0</sub>: Todos los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en la biocelda producen la misma intensidad de corriente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.

H<sub>1</sub>: Todos los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en la biocelda producen una intensidad de corriente diferente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.

**b) Regla de decisión**

Sig < 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>).

**c) Resultado**

Sig = 0.000 es menor que 0.005.

**d) Decisión / conclusión**

Se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), por lo tanto todos o al menos uno de los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en la biocelda producen una intensidad de corriente diferente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.

- A continuación se muestra la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene, con la finalidad de analizar cuál de todas las intensidades de corriente obtenidos a partir de los 4 tratamientos tiene una media diferente.

**Tabla N° 18:** *Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene*

<b>PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS</b>			
intensidad de corriente obtenida de la biocelda			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,852	3	116	,142

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 23 (2018)

**a) Prueba de hipótesis**

H<sub>0</sub>: Si existe homogeneidad de varianzas en la intensidad de corriente de los 4 tratamientos.

H<sub>1</sub>: No existe homogeneidad de varianzas en intensidad de corriente de los 4 tratamientos.

**b) Regla de decisión**

Sig < 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>).

**c) Resultados**

Sig = 0.142 es mayor a 0.05.

**d) Decisión / resultados**

Se acepta la hipótesis nula, de modo que si existe homogeneidad de varianzas en la intensidad de corriente de los 4 tratamientos.

**Tabla N° 17: Prueba post Hoc – Tukey**

<b>COMPARACIONES MÚLTIPLES</b>						
Variable dependiente: intensidad de corriente obtenida de la biocelda						
HSD TUKEY		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I) tratamiento	(J) tratamiento				Límite inferior	Límite superior
tratamiento 1 ( 100 ml de residuo de zanahoria)	tratamiento 2 ( 150 ml de residuo de zanahoria)	-.010567*	.002897	.002	-.01812	-.00301
	tratamiento 3 ( 200 ml de residuo de zanahoria)	-.024033*	.002897	.000	-.03159	-.01648
	tratamiento 4 ( 250 ml de residuo de zanahoria)	-.037700*	.002897	.000	-.04525	-.03015
tratamiento 2 ( 150 ml de residuo de zanahoria)	tratamiento 1 ( 100 ml de residuo de zanahoria)	.010567*	.002897	.002	.00301	.01812
	tratamiento 3 ( 200 ml de residuo de zanahoria)	-.013467*	.002897	.000	-.02102	-.00591
	tratamiento 4 ( 250 ml de residuo de zanahoria)	-.027133*	.002897	.000	-.03469	-.01958
tratamiento 3 ( 200 ml de residuo de zanahoria)	tratamiento 1 ( 100 ml de residuo de zanahoria)	.024033*	.002897	.000	.01648	.03159
	tratamiento 2 ( 150 ml de residuo de zanahoria)	.013467*	.002897	.000	.00591	.02102
	tratamiento 4 ( 250 ml de residuo de zanahoria)	-.013667*	.002897	.000	-.02122	-.00611
tratamiento 4 ( 250 ml de residuo de zanahoria)	tratamiento 1 ( 100 ml de residuo de zanahoria)	.037700*	.002897	.000	.03015	.04525
	tratamiento 2 ( 150 ml de residuo de zanahoria)	.027133*	.002897	.000	.01958	.03469
	tratamiento 3 ( 200 ml de residuo de zanahoria)	.013667*	.002897	.000	.00611	.02122

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia, adaptado del SPSS 23 (2018)

**a) Prueba de hipótesis**

H<sub>0</sub>: En ninguno de los tratamientos hay diferencias significativas.

H<sub>1</sub>: En todos los tratamientos existen diferencias significativas.

**b) Regla de decisión**

Sig < 0.05, se rechaza la hipótesis nula.

**c) Resultado**

Sig = 0.000 es menor que 0.05.

**d) Decisión / conclusión**

Se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) de modo que existen diferencias significativas en la intensidad de corriente de todos los tratamientos.

#### IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos nos muestran que se puede generar energía eléctrica a partir del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y aguas residuales en bioceldas, ya que se generó un voltaje de 0.708 V y una intensidad de corriente de 0.082.A con una potencia de 0.058 W, afirmándose que esto se debe a la degradación de la materia orgánica tal como lo señala Huamán, J (2014) en su estudio, quien logró obtener energía a partir de la degradación de la cáscara de mandarina utilizando al peróxido de hidrogeno como catalizador, generando un voltaje de 0.400 V, esto se debe a que al degradarse la materia orgánica se generan electrones que viajan al circuito exterior generando energía eléctrica. (Rozo y Tibaquirá, 2007, p. 279). Así mismo, se demostró que las bacterias presentes en el agua residual son factor importante en el proceso de degradación de la materia orgánica, tal como señala Medina y zapata (2017), quienes utilizaron dos bacteria (*Escherichia coli* y la *Pseudomonas aeruginosa*) con la finalidad de disminuir el DQO de las aguas sintéticas y determinar cuál de ellas genera mayor energía eléctrica , Obteniendo como resultado un voltaje máximo de 386 mV y una intensidad de corriente de 520 mA con la *Escherichia coli*, siendo esta cepa la que redujo el DQO<sub>5</sub> en un 11.53% mientras que la *Pseudomonas aeruginosa* solo redujo un 3.27% de DQO<sub>5</sub>. Así mismo Herrero, Smith y Akid (2013) quienes en su estudio también utilizaron como componente bacteriano a la *Escherichia coli* y como fuente de energía el agua residual producidas en una fábrica procesadoras de papas obtuvieron como resultados un voltaje máximo de 700 mV, pudiéndose comprobar que la *Escherichia coli* tiene la capacidad de actuar como catalizador en la oxidación de la materia orgánica.

Se determinó que todos los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en las bioceldas generan energía eléctrica, teniendo como resultado que el tratamiento N° 1 género menor voltaje, siendo este de 0.344 V con un volumen de 100 ml, mientras que con el tratamiento N° 4 el cual tuvo mayor volumen (250 ml) se obtuvo un voltaje de 0.708 V, pudiéndose afirmar que a mayor volumen se genera mayor energía eléctrica, tal como lo certifica Vásquez y Zavala (2017), en su trabajo de investigación, quienes determinaron la influencia de la concentración del espárrago verde para la generación de energía eléctrica,

para ello trabajaron con (0.5 gr y 5 gr) de esparrago rallado, teniendo como resultado que con 0.5 g de esparrago se obtiene un voltaje de 120 mV y al aumentar la concentración de esparrago a 5 gr el voltaje llega a 250 mV, pudiéndose observar la diferencia del voltaje al aumentar la concentración de esparrago.

Se determinó que todos los volúmenes de residuos de zanahoria generan intensidad de corriente siendo el tratamiento N° 4 el que obtuvo mayor amperaje siendo este de 0.082 A con un volumen de 250 ml, lo cual se debe a la cantidad de sales que contiene el sustrato ya que estas sales son las que facilitan el transporte de electrones hacia los electrodos para generar energía eléctrica, tal como lo indica Gonzales (2015) las sales presentes en el agua tiene la capacidad transportar la cargas positivas y negativas presentes en las celdas. (p. 130)

## V. CONCLUSIONES

Se demostró que los residuos sólidos orgánicos y las aguas residuales, si generan energía eléctrica, logrando tener voltajes de hasta 0.708 V e intensidades de corrientes de 0.082 A, con una potencia de 0.058 W y que la Escherichia coli, es un factor importante para en la degradación de la materia orgánica, evidenciándose que las aguas residuales contienen 330000 NMP/100 de Escherichia coli y 2400000 NMP/100 ml de Coliformes totales.

Se evidencio que todos los volúmenes de residuos de zanahoria generan voltajes significativos, puesto que el tratamiento N° 1 donde se utilizó 100 ml de residuos de zanahoria generó un voltaje de 0.342 V, así mismo, con el tratamiento N° 2 el cual tuvo 150 ml de residuo de zanahoria se generó un voltaje de 0.464 V, mientras que con los tratamiento N° 3 y el tratamiento N° 4 se lograron mayores voltajes siendo estos de 0.555 V y 0.708 V con volúmenes de 200 ml y 250 ml de residuos de zanahoria respectivamente.

Se puedo demostrar que todos los volúmenes de residuo de zanahoria generan intensidad de corriente significativos, ya que con los tratamiento N° 1 y el tratamiento N° 2, se obtuvieron 0.041 A y 0.053 A, mientras que con los tratamiento N° 3 Y N° 4 se generó una intensidad de corriente de 0.066 A y 0.082 A respectivamente.

Las bacterias presentes en el agua necesitan nutrientes para poder desarrollarse y liberar electrones. Por ello, al aumentar el volumen de residuos de zanahoria que contiene glucosa, se liberan mayor cantidad de electrones y protones generándose mayor voltaje e intensidad de corriente, siendo estos parámetros los que representan la energía eléctrica.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Para futuras investigaciones se pueden llevar a cabo el armado de varias bioceldas en paralelo con la finalidad de generar mayor energía eléctrica así mismo, esta energía puede ser acumulada en baterías hasta alcanzar la energía necesaria para encender un foco, lo cual sería útil para las zonas rurales que no tienen acceso a la energía eléctrica.

Se debe llevar a cabo un estudio más minucioso de los parámetros microbiológicos, ya que los microorganismos son el principal factor de funcionamiento de las biocelda, y el uso de diferentes microorganismos puede mejorar el sistema generando mayores cantidades de energía.

Realizar más de tres repeticiones con la finalidad de identificar los factores que influyen en la variación del voltaje, así mismo realizar las pruebas en periodo de tiempo mayor a 1 mes, ello para determinar en qué tiempo el voltaje desciende a cero y cuánto tiempo de durabilidad tiene la biocelda.

Para obtener mayor energía se puede construir la biocelda con una mayor capacidad, ya que en el desarrollo del proyecto se pudo observar que a mayor cantidad de materia orgánica, mayor es el voltaje generado.

Debido a que en las zonas rurales el índice de pobreza es alto se puede utilizar material de plástico para el armado de la cámara anódica y catódica, así mismo se puede realizar un diseño de biocelda que utilice una menor área de membrana de intercambio protónico, ya que este es de difícil acceso y tiene un costo elevado, además se puede utilizar otros materiales de plástico que tengan alta conductividad eléctrica, que sean flexibles y de menor costo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRERA, Felix y LOZANO, Antonio. Hidrogeno. Pilas de combustible tipo PEM [en línea]. Ministerio de economía y competitividad 2012. [Fecha de consulta: 15 de febrero 2016]

Disponible en  
<http://www.energia2012.es/sites/default/files/Hidr%C3%B3geno.%20Pilas%20de%20combustible%20de%20tipo%20PEM.pdf>

CERVANTES Astorga, Carlos. Biodegradación de aguas residuales y producción de electricidad en una celda de combustible microbiana. Tesis (Maestría en Ingeniería Ambiental). Coyoacán: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, 2011. 110 pp.

Disponible en:  
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.10/4479/tesis.pdf.pdf?sequence=1>

ESTRADA Arriaga, Edson. Generación de energía eléctrica a partir del tratamiento de aguas residuales por medio de bioceldas [en línea]. Instituto Mexicano de tecnología del agua 2013. [Fecha de consulta: 05 mayo 2013]

Disponible en:  
<http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1377/TC-1314.1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ENERGÍA obtenida a partir de biomasa. Recursos de internet (Cuadernos económicos de ICE) [en línea]. España: web de Emilio Cerda [fecha de consulta: 25 de enero de 2012].

Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/277264682\\_Energia\\_obtenida\\_a\\_partir\\_de\\_biomasa](https://www.researchgate.net/publication/277264682_Energia_obtenida_a_partir_de_biomasa)

FARJE Ocampo, Zenobia y VARGAS Escalante, Fidel. Obtención de energía eléctrica a partir del almidón: Influencia de la concentración de HCl,

temperatura y sustrato. Tesis (Título en Ingeniería Ambiental). Trujillo. Universidad Nacional de Trujillo, 2013. 61pp

Disponible en:

[http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3198/FarjeOcampo\\_Z%20-%20VargasEscalante\\_F.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3198/FarjeOcampo_Z%20-%20VargasEscalante_F.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

FRANK, David y SÉAMUS, Higson. Células de biocombustibles: avances y aplicaciones recientes. Biosensores y Bioelectrónica [en línea]. Vol. 22. Diciembre 2005. [Fecha de consulta: 15 de febrero del 2007].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956566306002466?via%3Dihub>

ISSN: 0956-5663

FRUTAS y Hortalizas: Nutrición en la España del siglo XXI. Recursos de internet. (FEN internet links) [En línea]. España: web de Fundación Española de Nutrición [fecha de consulta: 15 de febrero de 2010].

Disponible en: <https://www.fen.org.es>

GONZALES Bedoya, María. Metodologías para el análisis de pH, Alcalinidad y turbidez en muestras de agua potable en el laboratorio de la asociación municipal de acueductos. Tesis (Título en tecnología química). Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, facultad de tecnología, 2015. 141pp.

Disponible en:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5107/6281G643.pdf;jsessionid=05166552AEEE2CF6FE3BEE4509CF882B?sequence=1>

Guía Metodológica para el desarrollo del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales (EC-RSM) [en línea]. Perú: Ministerio del Ambiente, 2015, 40 pp.

Disponible en: <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302182233.pdf>

HERNANDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTIESTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 5.ª ed. México: McGraw-Hill Companies, Inc, 2010.

Disponible en:

[https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)

ISBN: 978-607-15-0291-9

HERNÁNDEZ Gómez, Guillermo y SÁNCHEZ Olivera, Manuel. Plurinacionalidad de las bacterias electrogénicas [en línea]. Energía alternativa – bioelectrogenesis 2017. [Fecha de consulta: 27 de marzo 2017]

Disponible

en:

<http://www.uaslp.mx/ComunicacionSocial/Documents/Divulgacion/Revista/Catorce/211/01.pdf>

HERRERO, E; SMITH, T. Y AKID, R. Generación de electricidad a partir de aguas residuales con almidón como fuente de carbono utilizando una celda de combustible microbiana sin mediadores. Biosensores y Bioelectrónica [en línea]. Vol. 39. Enero 2013. [Fecha de consulta: 15 de agosto del 2013].

Disponible

en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956566312004794>

ISSN: 0956-5663

HUAMÁN Arqueros, Jonathan. Generación de energía eléctrica utilizando residuos orgánicos líquidos en procesos Anaeróbicos. Tesis (título en ingeniería química). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, facultad de ingeniería, 2014. 64 pp

Disponible

en:

[http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3569/HuamanArqueros\\_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3569/HuamanArqueros_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

INFLUENCIA DEL COMBUSTIBLE y la dosificación en el rendimiento de las celdas de combustible microbiano de doble compartimiento por Fernández

Marchante [et al]. Investigación del agua [en línea]. Vol. 99. Abril 2016, [Fecha de consulta: 13 de abril del 2016].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135416302263?via%3Dihub>

ISSN: 0043 – 1354

KRISHAN, Sharma y SWATI, Karki. Composición química, propiedades funcionales y procesos de la zanahoria. Asociación de científicos y tecnólogos de alimentos [en línea]. Vol. 49. Marzo 2011. [Fecha de consulta: 14 de octubre del 2010].

Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3550877/>

ISSN: 0022-1155

LAS CELDAS de combustible: Verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica. Recursos de internet (INEEL internet links) [en línea]. México: web de Ulises Cano [fecha de consulta: 10 de septiembre de 2003].

Disponible en: <https://www.ineel.mx/reno99/apli.pdf>

MEDINA Meza, Sergio y ZAPATA Rojas, María. Evaluación de la producción de energía eléctrica y disminución de DQO en agua residual sintética mediante celdas de combustible microbianas a escala laboratorio. Tesis (Titulo en Ingeniería Química). Bogotá: Fundación Universidad de Américas, Facultad de Ingeniería, 2017. 151 pp.

Disponible en:

<http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6032/1/1018457371-2017-1-IQ.pdf>

MORTEZA, Esfandyari y MOHAMMAD, Mashhad. Modelado dinámico de una celda de combustible microbiana continua de dos cámaras con cultivo puro de shewanella. Internacional de energía de hidrogeno [en línea]. Vol. 42. Junio 2017. [Fecha de consulta: 7 de julio 2017]

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135416302263?via%3Dihub>

ISSN: 0360 – 3199

NUTRICIÓN y dietética. Recursos de internet. (UCM internet links) [En línea]. España: web de Ángeles Carbajal Azcona [fecha de consulta: 20 de septiembre de 2013].

Disponible en: <https://www.ucm.es/nutricionalcarbajal.pdf>

PÉREZ Moreno, Yakelin. Evaluación de espuma de poliuretano, grafito y polipirrol como materiales anódicos para la generación de energía eléctrica en una celda de combustible microbiano. Tesis (Titulo en Ingeniería Agrícola y ambiental). Buenavista: Universidad autónoma agraria Antonio Narro, Facultad de Ciencias del Suelo, 2016. 66 pp.

Disponible en:  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8167/64167%20%20PEREZ%20MORENO%2C%20ANDREA%20YAKELIN%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

REVELO, Dolly; HURTADO, Nelson y RUIZ, Jaime. Celdas de Combustible Microbianas (CCMs): Un Reto para la Remoción de Materia Orgánica y la Generación de Energía Eléctrica. Información tecnológica [en línea]. Vol. 24. Abril 2013. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2013].

Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v24n6/art04.pdf>

ISSN: 0718 – 0764

ROZO, Sandra y TIBAQUIRÁ, Juan. Celdas de combustible tipo membrana de intercambio protonico. Scientia et Technica [en línea]. Vol. 37. Junio 2007. [Fecha de consulta: 04 de diciembre 2007]

Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/profile/Juan\\_Tibaquir/publication/26612574\\_Celdas\\_de\\_combustible\\_tipo\\_membrana\\_de\\_intercambio\\_protonico/links/57](https://www.researchgate.net/profile/Juan_Tibaquir/publication/26612574_Celdas_de_combustible_tipo_membrana_de_intercambio_protonico/links/57)

[02982008aeade57a2464bc/Celdas-de-combustible-tipo-membrana-de-intercambio-protonico.pdf](https://doi.org/10.1016/j.memsci.2017.02.015)

ISSN: 0122-1701

SANTORO, Carlos; ARBIZZANI, Catia y ERABLE, Benjamín. Células de combustible microbianas: desde los fundamentos hasta las aplicaciones. Fuentes de energía [en línea]. Vol. 356. Febrero 2017. [Fecha de consulta: 15 de julio del 2017].

Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775317304159?via%3Dihub#!>

ISSN: 0378 - 7753

Tipo y niveles de investigación. Maracaibo: Hernández, M (12 de diciembre de 2012). [Fecha de consulta 13 de febrero 2000]. Recuperado de:  
<http://metodologiadeinvestigacionmarisol.blogspot.com/>

TRATAMIENTO de aguas residual doméstica mediante un reactor RAFA y una celda de combustible microbiano por Martínez Santacruz [et al]. Revista internacional de contaminación ambiental [en línea]. Vol. 34. Marzo 2015. [Fecha de consulta: 1 de mayo 2016].

Disponible en:  
<http://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/viewFile/RICA.2016.32.03.02/46585>

ISSN: 0188-4999

VASQUES García, Ruth y ZAVALA Ruiz, Milagros. Influencia de la concentración del esparrago verde en bioceldas galvánicas para generar energía eléctrica. Tesis (Título en Ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería 2017. 77 pp.

Disponible en:  
[http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8962/VasquezGarcia\\_R%20-%20ZavalaRuiz\\_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8962/VasquezGarcia_R%20-%20ZavalaRuiz_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

VASQUES Padilla, Hugo y VASQUES Cid, Uriel. Celdas de combustible microbianas: Generación de energía eléctrica utilizando agua residual. Tesis (Título en Ingeniería Química Industrial). Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional, Facultad de Ingeniería, 2017. 114 pp.

Disponible

en:

<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/23448/Tesis%20Celdas%20de%20combustible%20microbianas%3b%20generaci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%20utilizando%20aguas%20residual%20es.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VILLARREAL Rojas, Ana y VELÁSQUEZ Manzanares, Carlos. Evaluación de un consorcio de bacterias sulfato reductoras en un nuevo diseño de celda microbiana de combustible. Tesis (Maestría en ingeniería química). México: Universidad del Mar, 2015. 98 pp.

Disponible

en:

[https://www.researchgate.net/publication/268441989\\_EVALUACION\\_DE\\_UN\\_CONSORCIO\\_DE\\_BACTERIAS\\_SULFATOREDUCTORAS\\_EN\\_UN\\_NUEVO\\_DISENO\\_DE\\_CELDA\\_MICROBIANA\\_DE\\_COMBUSTIBLE](https://www.researchgate.net/publication/268441989_EVALUACION_DE_UN_CONSORCIO_DE_BACTERIAS_SULFATOREDUCTORAS_EN_UN_NUEVO_DISENO_DE_CELDA_MICROBIANA_DE_COMBUSTIBLE)

### Anexo 01

#### FICHA DE REGISTRO DE LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS DE ZANAHORIA Y RABANITO

Nombre del lugar de recolección	MERCADO VILLA HIPER		
Tipo de residuos	ORGANICOS		
Ubicación			
Provincia	Departamento	Distrito	
LIMA	LIMA	COMAS	
Datos			
Cantidad de residuos	6 kg	Tipo de muestreo	Aleatorio Simple
Días de recolección	2 días	Material para la recolección	Bolsas zipp

## Anexo 02

### FICHA DE MONITOREO DE LA MUESTRA DE EXTRACTO DE ZANAHORIA

Responsable	Diana Gonzalo Chauca							
Tratamientos	T1	T2	T3	T4	Perseverante			
Residuos de zanahoria (g)	270.2	285	308.3	320.4	Tipo	Ninguno	Cantidad	-
Volumen de muestra ( ml)	100	150	200	250				
Parámetros								
Laboratorio				Resultados				
Tratamientos				<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	Observaciones
Físicos – químicos	Cantidad de hidratos de carbono (%)			27.02	28.5	30.83	32.04	Fuente teórica (Krishan y otros, 2011)
	Glucosa (%)			6.81	7.18	7.76	8.07	Fuente teórica (Krishan y otros, 2011)
	Almidón (%)			2.70	2.85	3.08	3.20	Fuente teórica (Krishan y otros, 2011)
	Conductividad (µS/cm)			6.25	6.44	6.45	6.47	Análisis en laboratorio de físico química (universidad cesar vallejo)
	Temperatura (°C)			23.4	23.9	22.1	21.97	Análisis en laboratorio de físico química (universidad cesar vallejo)
	pH			5.67	5.90	5.93	5.87	Análisis en laboratorio de físico química (universidad cesar vallejo)

**Anexo N° 03**

**FICHA DE MONITOREO DE LA MUESTRA DE EXTRACTO DE RABANITO**

Responsable	Diana Lizeth Gonzalo Chauca					
Tratamientos	Para los 4 tratamientos	Perseverante				
Residuos de zanahoria (g)	97	Tipo	Ninguno	Cantidad	-	
Volumen de muestra ( ml)	20 ml					
Parámetros						
Laboratorio		Resultados				
Tratamientos		<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	Observaciones
Físicos – químicos	Cantidad de hidratos de carbono (%)	2.40	2.40	2.40	2.40	Fuente teórica ( FAO, 2006)
	Glucosa	0.87	0.87	0.87	0.87	Fuete teórica ( FAO,2006)
	Conductividad (µS/cm)	6.55	6.53	6.60	6.54	Análisis en laboratorio de físico química (universidad cesar vallejo)
	Temperatura (°C)	23.9	23.7	23.4	23.27	Análisis en laboratorio de físico química (universidad cesar vallejo)
	pH	5.43	5.33	5.5	5.43	Análisis en laboratorio de físico química (universidad cesar vallejo)

**Anexo N° 04**

**FICHA DE MONITOREO DE LA MUESTRA DE EXTRACTO DE PAPA**

Responsable		Diana Lizeth Gonzalo Chauca								
Tratamientos		<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	Perseverante				
Residuos de papa (g)		120.25	121	121.1	120.5	Tipo	ninguno	Cantidad	-	
Volumen de muestra ( ml)		30 ml	30 ml	30 ml	30 ml					
Parámetros										
Laboratorio					Resultados					
Tratamientos					<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	Observaciones	
Físicos – químicos	Cantidad de hidratos de carbono (%)				24.05	24.20	24.22	24.10	Fuente teórica ( CIAT, 2010)	
	Glucosa (%)				0.12	0.12	0.12	0.12	Fuente teórica ( CIAT, 2010)	
	Almidón (%)				79.37	79.86	79.86	79.53	Análisis en laboratorio de físico química (universidad cesar vallejo)	
	Conductividad (mS/cm)				6.80	6.98	7.5	7.22	Análisis en laboratorio de físico química (universidad cesar vallejo)	
	Temperatura (°C)				23.9	23.9	22.1	23.13	Análisis en laboratorio de físico química (universidad cesar vallejo)	
	pH				6.78	6.76	6.75	6.76	Análisis en laboratorio de físico química (universidad cesar vallejo)	

**Anexo N° 05**

**FICHA DEL PUNTO DE MUESTRA DE AGUA**

Responsable	Diana Gonzalo Chauca		
Nombre del cuerpo de agua	Rio Huaycoloro		
Tipo de cuerpo de agua	Agua superficial		
Ubicación			
DISTRITO	DEPARTAMENTO		PROVINCIA
San Juan de Lurigancho	Lima		Lima
Coordenadas (UTM, WGS84):	X	Y	m.s.n.m.
	12°00'39" S	76°56'39" W	383
Datos			
Caudal	0.0872 m <sup>3</sup> /s	Profundidad:	16 cm
Tipo de Muestreo	Puntual	Volumen de la muestra	5 litros
Fecha	02 / 05 / 2018	Hora	11:30

**Anexo N° 06**

**FICHA DE LA MUESTRA DE AGUA**

Responsable	Diana Gonzalo Chauca				
Fecha	04 mayo del 2018		Hora	19:30	
Vol. de muestra para la biocelda	2 L	Perseverante			
Vol. De muestra para análisis	1L	Tipo	ninguno	Cantidad	-
Parámetros					
Laboratorio		Resultados		Observaciones	
Físico - químicos	Turbidez (NTU)	57.3		Análisis en laboratorio de físico química (universidad cesar vallejo)	
	Conductividad (µS/cm)	1435			
	Temperatura (°C)	24.7			
	pH	6.7			
Biológicas	Echerichea coli (NMP/100 ml)	330000		Análisis en laboratorio de ensayo acreditado por INACAL TYPASA	
	Coliformes totales (NMP/ 100 ml)	2400000			

**Anexo N° 07**

**FICHA DE MONITOREO DE LA BIOCELDA**

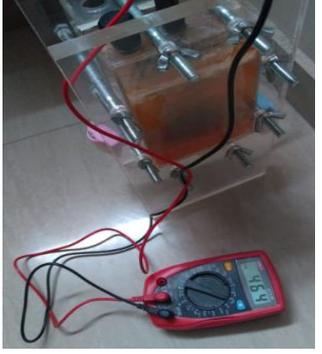
Responsable	Diana Lizeth Gonzalo Chauca							
Días de monitoreo	5 días ( cada 4 horas)							
Volumen total de las celdas								
Tratamiento 1	Tratamiento 2			Tratamiento 3			Tratamiento 4	
370 ml	420 ml							
Datos								
Parámetros	Voltaje				Intensidad de corriente			
N° de tratamientos	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Línea de tiempo	Días de operación				Días de operación			
	02 de mayo al 16 de mayo del 2018	16 de mayo al 30 de junio del 2018	30 de mayo al 14 de junio 2018	14 junio al 28 de junio del 2018	02 de mayo al 16 de mayo del 2018	16 de mayo al 30 de junio del 2018	30 de junio al 14 de junio 2018	14 junio al 28 de junio del 2018
máximo	0.344 V	0.464 V	0.555 V	0.708 V	0.041 A	0.054 A	0.066 A	0.082 A
minino	0.018 V	0.094 V	0.248 V	0.342 V	0.002 A	0.012 A	0.033 A	0.041 A

**Anexo N° 08:** Figuras de resultados

**Figura N° 15.** Resultados del primer tratamiento con 100 ml de residuos de zanahoria.

Repeticion 1	Repeticion 2	Repeticion 3
		

**Figura N° 16.** Resultados del segundo tratamiento con 150 ml de residuos de zanahoria

Repeticion 1	Repeticion 2	Repeticion 3
		

**Figura N° 17.** Resultados del tercer tratamiento con 200 ml de residuos de zanahoria

<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>
		

**Figura N° 18.** Resultados del cuarto tratamiento con 200 ml de residuos de zanahoria

<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>
		

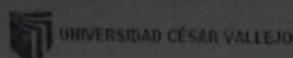
**Anexo N° 09: Matriz de consistencia**

TITULO: APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS Y DE AGUAS RESIDUALES EN BIOCELDAS PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA A NIVEL DE LABORATORIO – 2018.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b><u>Problema general</u></b> ¿Es posible generar energía eléctrica a partir del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y de aguas residuales en bioceldas a nivel laboratorio - 2018?</p>	<p><b><u>Objetivo general</u></b> Generar energía eléctrica a partir del aprovechamiento de residuos sólidos orgánico y de aguas residuales en bioceldas a nivel laboratorio – 2018.</p>	<p><b><u>Hipótesis general</u></b> <b>H<sub>0</sub>:</b> El aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y de aguas residuales en bioceldas generan energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018. <b>H<sub>1</sub>:</b> El aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y de aguas residuales en bioceldas no generan energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.</p>	<p><b><u>Independiente</u></b> Residuos orgánicos y aguas residuales</p> <p><b><u>INDICADORES</u></b> <b><u>físico químicos</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- temperatura</li> <li>- carbohidratos</li> <li>- glucosa</li> <li>- dosis de extracto de zanahoria</li> <li>- dosis de extracto de rábano</li> <li>- dosis de extracto de papa</li> <li>- conductividad eléctrica</li> <li>- pH</li> </ul> <p><b><u>Biológico</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- escherichia coli</li> <li>- coliformes totales</li> </ul>	<p><b><u>Tipo:</u></b> Aplicada <b><u>Nivel:</u></b> explicativo <b><u>Diseño:</u></b> experimental <b><u>Población y muestra</u></b> <b><u>Población:</u></b> La población del proyecto estuvo compuesta por residuos de zanahoria, rabanito y papa obtenidos del mercado Villa Hiper y aguas residuales obtenidas del rio Huaycoloro. <b><u>Muestra</u></b> Se tomaron 2kg residuos de zanahoria, 2kg rabanito y 2kg de residuos de papa provenientes del mercado Villa Hiper los cuales fueron recolectados aleatoriamente, así mismo se tomaron 4 L de aguas residuales provenientes del rio Huaycoloro</p>

<b><u>Problema específicos</u></b>	<b><u>Objetivo específico</u></b>	<b><u>Hipótesis específica</u></b>	<b><u>dependiente</u></b>	<b><u>Tipo de muestreo</u></b>
<p><b>P1:</b> ¿Qué volumen de residuo de zanahoria aprovechado en la biocelda produce un voltaje diferente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio - 2018?</p> <p><b>P2:</b> ¿Qué volumen de residuo de zanahoria aprovechado en la biocelda produce una intensidad de corriente diferente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio - 2018?</p>	<p>Determinar el voltaje de la energía que se genera con los diferentes volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en bioceldas a nivel laboratorio – 2018.</p> <p>Determinar la intensidad de corriente de la energía que se genera con los diferentes volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en bioceldas a nivel laboratorio – 2018.</p>	<p><b><u>Hipótesis específica 1</u></b></p> <p>H<sub>0</sub>: Todos los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en la biocelda producen el mismo voltaje al generar energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.</p> <p>H<sub>1</sub>: Todos los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en la biocelda producen un voltaje diferente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.</p> <p><b><u>Hipótesis específica 2</u></b></p> <p>H<sub>0</sub>: Todos los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en la biocelda producen la misma intensidad de corriente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.</p> <p>H<sub>1</sub>: Todos los volúmenes de residuos de zanahoria aprovechados en la biocelda producen una intensidad de corriente diferente al generar energía eléctrica a nivel laboratorio – 2018.</p>	<p>Producción de energía eléctrica</p> <p><b><u>INDICADORES</u></b></p> <p><u>Voltaje</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- línea de tiempo</li> <li>- Voltaje máximo</li> <li>- Voltaje mínimo</li> </ul> <p><u>Intensidad de corriente</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- línea de tiempo</li> <li>- intensidad de corriente maxima</li> <li>- intensidad de corriente minima</li> <li>-</li> </ul>	<p>El estudio tuvo un muestreo aleatorio simple ya que al tratarse de residuos sólidos orgánicos todos estos tuvieron la misma probabilidad de ser escogidos para integrar la muestra así mismo, se utilizó la técnica del cuarteo</p>

## Anexo N° 10: Validación de Instrumento



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Jimenez Calderon César  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc. de la Universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Lista Técnica (Anexo N° 1)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana González Chauras

**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.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

**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 :**

85,5 %

Lima, ..... del 201

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
16436847  
 DNI No. .... Telf: .....  
CIP-42355

Dr. César Eduardo Jiménez Calderón

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Jimenez Calderon César  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc. de la Universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Prueba Teórica (Anexo N° 2)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana Gonzalez Chauca

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.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

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 :

85,5 %

Lima, ..... del 201

*César Jiménez*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 1643684A  
 DNI No..... Telf:.....  
 CIP-42355

Dr. César Eduardo Jiménez Calderón

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Jimenez Calderon César  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc. de la Universidad Cesar Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Lima Técnica (Anexo N°3)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana Gonzalez Chauva

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.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

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 :

85,5 %

Lima, ..... del 201

*César Jiménez*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 16436847  
 DNI No. .... Telf.: .....  
 CIP-42355

Dr. César Eduardo Jiménez Calderón

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Jimenez Calderon César  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Dic. de la Universidad Cesar Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Exma. Tercera (Aforo N°4)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana Gonzalez Chauca

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.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

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 :

85,5 %

Lima, ..... del 201

*[Firma]*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 16436847

DNI No. .... Telf: .....  
 CIP. 42355

Dr. César Eduardo Jiménez Calderón

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Jiménez Calderón César  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc. de la Universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Prueba técnica (ANEXO N° 5)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana González Chausa

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.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

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 :

85,5 %

Lima, ..... del 201

*César Jiménez*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 16436847  
 DNI No. .... Telf: .....  
 CIP-42355

Dr. César Eduardo Jiménez Calderón

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Jiménez Calderón César  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DCC de la Universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Prueba teórica (ANEXO N° 6)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana González Chauca

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.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

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 :

85,5 %

Lima, ..... del 201

*César Jiménez*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 16436847

DNI No. .... Telf: .....

CIP-42355

Dc. César Eduardo Jiménez Calderón

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellido y Nombre: José Carlos Cordero Cordero
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc. de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Nombre del instrumento a ser evaluado: Prueba Escrita (Prueba N° 7)
- 1.4. Área(A) de Instrumento: Matemática - Álgebra

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.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Tema en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

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 :

80,5 %

Lima, 06 de noviembre del 2017

*[Firma]*  
FIRMA DEL AUTOR INFORMANTE

16736888

DNI No. \_\_\_\_\_ Telf. \_\_\_\_\_

CIP- 92355

Dr. César Eduardo Amador Calderín

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: CRUZADO ROJAS, JUAN JOSE  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc. de la universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha Técnica (Anexo N° 1)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana Generalo Chauca

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.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si  
 No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 09 de 11 del 2017

FIRMA DE EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 8642200

5447

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: CRUZ ROA JUAN JOTA  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc. de la universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha Técnica (ANEXO N° 2)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana Gonzalo Chauca

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.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

NO

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 06/11/2017 del 2017

FIRMA DE INSTRUMENTO INEORANTE

DNI No: 08447308

Dr. Saff?

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: OROPEZ BAÑEZ, TOGO JULI  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DEC de la universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha Técnica (Anexo N°3)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana Cenzano Chavira

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.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

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, 06 del 2017

FIRMA DE EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 844700 Telf. 811. 8197

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: ORRIGUERI GONZALEZ, JUAN JOTA  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc. de la universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha Técnica (ANEXO N°4)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana Gonzalo Chauca

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.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

NO

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 06 de 11 del 2017

FIRMA DE EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 05447300

28: 5447300

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Bauer, Toso Juli  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc de la universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha Técnica (Anexo N° 5)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diano Gonzalo Chanca

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.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Sí

No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 06 del 2017

FIRMA DE EXPERTO INFORMANTE

DN: No. 8847309 Telf: 811. 8177

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: ORQUEDE BAÑOS, TORO JULI  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DEC de la universidad Cesar Vallejo  
 1.3. Número del instrumento motivo de evaluación: Ficha Técnica (Anexo N° 6)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana González Chavica

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.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

NO

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 06 del 2017

FIRMA DE EXPERTO INFORMANTE

DNI No: 6844200 Telf: 211. 8197

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: CORONEL GARCIA, JUAN JOTA  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc. de la universidad Cesar Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha Técnica (Anexo N° 7)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: DIANA GONZALO CHAUCA

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.												✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓		

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, 06/11/17 del 2017

FIRMA DE EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 0547209 Telf: 81 5447

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Cermeno Castromonte Cecilia  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha técnica (Anexo N°1)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana Gonzala Chauca

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.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

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, 07 del 2017  
 CECILIA LIBIA  
 CERMENO CASTROMONTE  
 INGENIERA AGRÓNOMA  
 Reg. CIP. N° 123075

FIRMA DE EXPERTO INFORMANTE

DNI No: ..... Telf: .....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Cermeno Castromonte Cecilia  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: ficha técnica (Anexo N° 2)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana Gonzalo Chauca

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.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

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, 07 de CECILIA LIBIA del 2017  
 CERMENO CASTROMONTE  
 INGENIERA AGRÓNOMA  
 Reg. CIP. N° 123075

FIRMA DE EXPERTO INFORMANTE

DNI No: ..... Telf: .....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cermeno Castromonte Cealco
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: ficha técnica (Anexo N° 3)
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana Gonzala Chauca

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.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

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, 09 de Julio del 2017  
 CERMENO CASTROMONTE  
 INGENIERA AGRÓNOMA  
 Reg. CIP. N° 123075

FIRMA DE EXPERTO INFORMANTE

DNi No. .... Telf: .....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Cermeno Castromonte Cecilia  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha técnica (Anexo N°4)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana Gonzalo Chauca

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.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

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, 07 de FEBRIL del 2017  
 CECILIA LIBIA  
 CERMENO CASTROMONTE  
 INGENIERA AGRÓNOMA  
 Reg. CIP. N° 123075

FIRMA DE EXPERTO INFORMANTE

DN: No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Cermeno Castromonte Cealio  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: ficha técnica (Anexo N° 5)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana Gonzalo Chavira

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.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

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, 07 de FEBRIL del 2017  
 CERMENO CASTROMONTE  
 INGENIERA AGRÓNOMA  
 Reg. CIP. N° 123075

FIRMA DE EXPERTO INFORMANTE

DNI No. .... Telf. ....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Cermeño Castromonte Cecilia  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha técnica (Anexo N° 0)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana González Chavira

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.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

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, 07 de AGOSTO del 2017  
 CERMENO CASTROMONTE  
 INGENIERA AGRÓNOMA  
 Reg. CIP. N° 123075

FIRMA DE EXPERTO INFORMANTE

DNI: No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cermeno Castromonte Cecilia  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: ficha técnica (Anexo N° 7)  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diana Gonzalo Chauca

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.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

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, 07 de CECILIA LIBIA del 2017  
 CERMENO CASTROMONTE  
 INGENIERA AGRÓNOMA  
 Reg. CIP. N° 123075

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DN: No. .... Telf: .....