



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Producción de bioelectricidad a partir de residuos de la industria
vitivinícola: diseño del proceso y selección de parámetros*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Alberto Cartelle Mateo

DIRECTORES: Rosa Devesa Rey
Andrés Suárez García

CURSO ACADÉMICO: 2017- 2018

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Producción de bioelectricidad a partir de residuos de la industria
vitivinícola: diseño del proceso y selección de parámetros*

Grado en Ingeniería Mecánica

Intensificación en Tecnología Naval

Cuerpo General

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

La búsqueda de la sostenibilidad es primordial para el medio ambiente. Dentro de esta búsqueda está la innovación en el campo de energías renovables. En el campo concreto de la industria vitivinícola, la constante preocupación acerca de la gran cantidad de contaminación que generan los residuos en la industria vitivinícola ha dado como resultado la búsqueda de la combinación sinérgica de la producción de energía renovable a partir de la biomasa desechada en dicha industria.

En el presente Trabajo de Fin de Grado se investiga acerca de la optimización de una fuente de energía renovable, en ensayos a nivel de laboratorio, constituida por una celda microbiana cuyo electrolito es la vinaza. El diseño de la celda y la búsqueda de su adaptación al ámbito doméstico incitan a la toma de datos de voltaje para una posterior determinación del rendimiento. Para ello se seleccionarán las variables que más influyen en el proceso de obtención de energía, estableciendo sus rangos de variación, con el objetivo de obtener la máxima diferencia de potencial con la adecuada combinación de estas.

El motor del trabajo serán las diferentes herramientas quimiométricas, a través de un software estadístico, con el objetivo de conseguir un resultado que pueda ser valorado y sirva de objeto de estudio para optimizar el proceso, obteniendo así un buen rendimiento.

PALABRAS CLAVE

Proceso, vitivinícolas, electrolisis, celda microbiana, optimización.

ABREVIATURAS

ac	Acuoso
Al	Aluminio
ANOVA	Análisis de la Varianza
C	Carbono
CCM	Celda de Combustible Microbiana
Cl	Cloro
Cu	Cobre
CO ₂	Dióxido de carbono
df	Grados de libertad
Dcha.	Derecha
p.ej.	Por ejemplo
E ⁰	Diferencia de potencial
EIA	Energy Information Administration
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura
g/L	Gramo/litro
GND	<i>Ground</i> (Tierra)
ha	Hectáreas
hl	Hectolitros
H ₂ O	Monóxido de dihidrógeno o agua
Izda.	Izquierda
K	Potasio
KB	Kilobytes
KW/h	Kilovatios/hora
mA	MiliAmperios
MHz	Megahertzios
MS	Cuadrado medio del error
m ³	Metros cúbicos
min	Minutos
ml	Mililitros
mm	Milímetros
mV	Milivoltios
MW/h	Megavatios/hora
N	Nitrógeno
Na	Sodio
NaCl	Cloruro de sodio
N ₂ O	Óxido nitroso
O	Oxígeno
OIV	Organización Internacional de la Viña y el Vino
rpm	Revoluciones por minuto
s	Sólido
SO ₄ ²⁻	Ión sulfato
SS	Suma de cuadrados del error
t/año	Toneladas/año
Ti	Titanio
USB	<i>Ultra Serial Bus</i>
V	Voltio
Zn	Zinc

AGRADECIMIENTOS

Poniendo fin a mi formación como alumno en la Escuela Naval Militar, me gustaría agradecer a todas las personas que me han instruido en valores y conocimientos durante mi período de formación.

Agradezco especialmente la labor de los tutores Rosa Devesa Rey y Andrés Suárez García, que han sabido marcar las pautas y dedicar la mejor de sus paciencias, haciendo posible la realización del trabajo.

Agradecer a la promoción 418-148 su apoyo constante en momentos complicados, donde siempre encontraré un apoyo constante.

No puedo finalizar sin agradecer a mis amigos y mi familia. A mi novia por los ánimos transmitidos durante estos últimos años. A mi padre por saber siempre enseñarme a “centrar el tiro”. A mi madre por enseñarme a luchar y no rendirme nunca.

“Si crees que puedes, ya estás a medio camino”

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	5
Índice de Ecuaciones	7
1 Introducción y objetivos	9
1.1 Búsqueda de alternativas como materias primas renovables	9
1.2 Energías renovables para el favorecimiento de la sostenibilidad	10
1.2.1 Biomasa	11
1.2.2 Importancia del aprovechamiento de los residuos vitivinícolas	12
1.3 Estudio del proceso de vinificación: interés del residuo	13
1.4 Objetivos	15
2 Estado del arte	17
2.1 Uso de los residuos vitivinícolas de forma eficiente.....	17
2.1.1 Uso alimenticio y farmacéutico	17
2.1.2 Uso de los residuos del vino para la obtención de energía térmica	17
2.1.3 Uso de los residuos vitivinícolas para la producción de energía eléctrica	20
2.2 Funcionamiento de la electrolisis.....	21
2.2.1 Usos de la electrolisis	23
2.3 Técnicas de optimización.....	25
2.3.1 Plackett-Burman	26
2.3.2 Box-Behnken	27
3 Materiales y métodos.....	29
3.1 Recursos utilizados	29
3.1.1 Fuente de alimentación y protoboard	30
3.1.2 Arduino	30
3.1.3 Electrodo	31
3.1.4 Vinaza	31
3.1.5 Agitador/Calentador	32
3.1.6 Reactivos empleados para la modificación del electrolito	33
3.2 Métodos.....	33
3.2.1 Montaje del circuito	33
3.2.2 Primera etapa del experimento: análisis de las variables más influyentes mediante el ensayo Plackett-Burman.....	37

3.2.3 Segunda etapa del experimento: optimización del proceso mediante el diseño factorial incompleto Box-Behnken.....	40
4 Resultados y discusión	44
4.1 Tratamiento de datos en STATISTICS	44
4.2 Análisis de datos de la primera etapa con Plackett-Burman	45
4.2.1 Análisis de los datos para un minuto	46
4.2.2 Análisis de los datos para cinco minutos	49
4.2.3 Análisis de los datos para diez minutos	52
4.2.4 Análisis de los datos para quince minutos	55
4.2.5 Discusión de la primera etapa del experimento	57
4.3 Análisis de datos de la segunda etapa con Box-Behnken	58
4.3.1 Análisis de datos para un minuto	59
4.3.2 Análisis de datos para cinco minutos.....	62
4.3.3 Análisis de datos para diez minutos.....	65
4.3.4 Análisis de datos para quince minutos.....	67
4.3.5 Discusión de la segunda etapa	70
4.4 Problemas y calidad del experimento	72
5 Conclusiones y líneas futuras	74
5.1 Descripción del apartado.....	74
5.2 Líneas futuras	75
6 Bibliografía.....	77
Anexo I: Diferentes aspectos de la vinaza.....	82
Anexo II: Datos obtenidos en el laboratorio.....	84
Anexo III: Características técnicas de Arduino extraídas de [57].....	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Variación del precio del barril de petróleo en U\$\$ (Brent)- Autoría propia.	10
Figura 1-2 Reparto de producción energética en 2016 en United States- Autoría propia.....	11
Figura 1-3 Variación de la plantación de uva destinada al vino según la OIV- Autoría propia.	13
Figura 1-4 Proceso convencional de la producción de vino con sus correspondientes residuos: en claro vino blanco, en oscuro vino tinto- Autoría propia.	14
Figura 1-5 Residuos de la vinificación: lías (izda.) y vinazas (dcha.)- Extraída de [16].	15
Figura 2-1 Proceso de destilación- Extraída de [23].	19
Figura 2-2 Proceso de lías y vinazas para la producción de energía- Autoría propia.	20
Figura 2-3 Proceso de cogeneración electro-térmico- Extraída de [26].	21
Figura 2-4 Proceso de electrolisis en disolución acuosa de SO_4^{2-} - Autoría propia.....	22
Figura 2-5 Proceso de galvanización- Extraído de [34].	23
Figura 2-6 Conducción electrolítica del NaCl- Autoría propia.	24
Figura 2-7 Secuencia de trabajo en la optimización en orden- Extraída de [38].	25
Figura 2-8 Croquis de diseño factorial completo y fraccionado- Extraída de [39].	26
Figura 2-9 Representación gráfica de los valores de los factores en un BBD- Extraída de [41].	27
Figura 2-10 (Izda.) superficie de diseño sin curvatura. (Dcha.) con curvatura- Extraída de [42]. ...	28
Figura 3-1 A: Canal central, B: Buses, C: Pistas- Extraída de [43].	30
Figura 3-2 Arduino Uno R3 Clone- Extraído de [43].	30
Figura 3-3 'Sketch' del software "the Arduino IDE"- Código de autoría propia.	31
Figura 3-4 Electrodo de cobre y zinc, respectivamente, después de la primera etapa del experimento.....	31
Figura 3-5 (Izda.) recipiente de almacenaje de la vinaza. (Dcha.) aspecto físico de la vinaza.	32
Figura 3-6 Vasos de precipitado de 250 ml y 100 ml.	32
Figura 3-7 Agitador/calentador "Sh-2".	33
Figura 3-8 Montaje del circuito en el laboratorio.....	34
Figura 3-9 Esquema del montaje- Autoría propia.	34
Figura 3-10 Disolución con el cátodo y el ánodo unidos al circuito mediante los cables.....	35
Figura 3-11 Influencia de la adición de ácido o base a una disolución- Extraído de [48].	39
Figura 3-12 Muestra nº7 obteniendo datos de temperatura.	39
Figura 3-13 Tacómetro midiendo las revoluciones por minuto del agitador.	43
Figura 4-1 Selección de la tabla deseada en STATISTICS.....	44
Figura 4-2 Selección de variables en STATISTICS para el proceso de diez minutos.	45
Figura 4-3 Diagrama de Pareto de los valores obtenidos durante un minuto.....	47
Figura 4-4 Valores observados vs. valores previstos durante un minuto.	48
Figura 4-5 Superficie ajustada de la obtención de bioelectricidad para un minuto.	49

Figura 4-6 Diagrama de Pareto de los valores obtenidos en cinco minutos.....	50
Figura 4-7 Valores previstos vs. observados durante cinco minutos.	51
Figura 4-8 Superficie ajustada de la obtención de bioelectricidad para cinco minutos.	52
Figura 4-9 Diagrama de Pareto de los datos obtenidos para diez minutos.....	53
Figura 4-10 Valores previstos vs. valores observados durante diez minutos.....	53
Figura 4-11 Superficie ajustada para la obtención de bioelectricidad para diez minutos.	54
Figura 4-12 Diagrama de Pareto para los valores obtenidos durante quince minutos.	55
Figura 4-13 Valores previstos vs. valores observados durante quince minutos.....	56
Figura 4-14 Superficie ajustada para la obtención de bioelectricidad para quince minutos.	57
Figura 4-15 Formato de la tabla de Box Behnken (izda.) y elección del diseño de experimento (dcha.).	58
Figura 4-16 Diagrama de Pareto para los valores obtenidos durante un minuto.....	60
Figura 4-17 Valores previstos vs. valores observados durante un minuto.	61
Figura 4-18 Superficie ajustada para la obtención de bioelectricidad para un minuto.	62
Figura 4-19 Diagrama de Pareto para los valores obtenidos durante cinco minutos.	63
Figura 4-20 Valores previstos vs. valores observados durante cinco minutos.....	63
Figura 4-21 Superficie ajustada para la obtención de bioelectricidad para cinco minutos.	64
Figura 4-22 Diagrama de Pareto para los valores obtenidos durante diez minutos.	65
Figura 4-23 Valores previstos vs. valores observados durante diez minutos.....	66
Figura 4-24 Superficie ajustada para la obtención de bioelectricidad para diez minutos.	67
Figura 4-25 Diagrama de Pareto para los valores obtenidos durante quince minutos.	68
Figura 4-26 Valores previstos vs. valores observados durante quince minutos.....	69
Figura 4-27 Superficie ajustada para la obtención de bioelectricidad para quince minutos.	70
Figura 4-28 Perfiles de los valores previstos.....	71
Figura 5-1 Vaso de precipitado después de aplicar la máxima agitación.....	75
Figura A-1-1 Capa superficial formada por la levadura fermentada.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Clasificación de residuos para su aprovechamiento en la producción de energía- Autoría propia [8].	12
Tabla 2-1 Producción de energía por proceso de Agralco S. Coop. Ltda.- Extraída de [27].	20
Tabla 2-2 Ejemplo de tabla aplicando Plackett-Burman- Autoría propia.	26
Tabla 2-3 Ejemplo de tabla con el método BBD- Autoría propia.	28
Tabla 3-1 Plackett-Burman utilizado en la 1ª etapa de la optimización-Autoría propia.	37
Tabla 3-2 Plackett-Burman con los parámetros a aplicar.	38
Tabla 3-3 Box-Behnken en STATISTICS.	41
Tabla 3-4 Box-Behnken sincronizado con los parámetros de las valores a usar.	42
Tabla 4-1 Cálculo de las medias de las muestras para los distintos tiempos requeridos de la segunda etapa. Para ver completo ir al <i>Anexo II: Datos obtenidos en el laboratorio.</i>	45
Tabla 4-2 Introducción de las medias de la variable dependiente- Autoría propia.	45
Tabla 4-3 Valores tomados de tensión durante el primer minuto.	47
Tabla 4-4 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para un minuto.	48
Tabla 4-5 Valores tomados de tensión durante cinco minutos.	49
Tabla 4-6 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para cinco minutos.	51
Tabla 4-7 Valores tomados de tensión durante diez minutos.	52
Tabla 4-8 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para diez minutos.	54
Tabla 4-9 Valores tomados de tensión durante quince minutos.	55
Tabla 4-10 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para quince minutos.	57
Tabla 4-11 Valores tomados de tensión durante el primer minuto.	59
Tabla 4-12 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para un minuto.	61
Tabla 4-13 Valores tomados de tensión durante cinco minutos.	62
Tabla 4-14 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para cinco minutos.	64
Tabla 4-15 Valores tomados de tensión durante diez minutos.	65
Tabla 4-16 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para diez minutos.	66
Tabla 4-17 Valores tomados de tensión durante quince minutos.	67
Tabla 4-18 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para quince minutos.	69
Tabla A-1-1 (Izda.) Vinaza sin cloruro de sodio. (Dcha.) Vinaza con cloruro de sodio.	82
Tabla A-1-2 (Izda.) Vinaza con concentración 1:4 y levadura. (Dcha.) Vinaza sin diluir y sin levadura.	82
Tabla A-1-3 Desgaste gradual de los electrodos: (Izda.) Final primera etapa. (Dcha.) Final segunda etapa.	83
Tabla A-2-1 Datos obtenidos para los experimentos del 1 al 4 en la primera etapa- Autoría propia.	87

Tabla A-2-2 Datos obtenidos para los experimentos del 4 al 8 en la primera etapa (mV)- Autoría propia.	90
Tabla A-2-3 Medias de las muestras de la primera etapa para uno, cinco, diez, quince minutos (mV)- Autoría propia.	91
Tabla A-2-4 Datos obtenidos para los experimentos del 1 al 4 de la segunda etapa (mV)- Autoría propia.	97
Tabla A-2-5 Datos obtenidos para los experimentos del 4 al 8 de la segunda etapa (mV)- Autoría propia.	103
Tabla A-2-6 Datos obtenidos para los experimentos del 9 al 11 de la segunda etapa (mV)- Autoría propia.	109
Tabla A-2-7 Datos obtenidos para los experimentos del 13 al 15 de la segunda etapa (mV)- Autoría propia.	115
Tabla A-2-8 Medias de las muestras de la segunda etapa para uno, cinco, diez y quince minutos- Autoría propia.	116

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2-1 Proceso de combustión general.	18
Ecuación 2-2 Proceso reducción-oxidación espontánea- Extraída de [32].	22
Ecuación 2-3 Proceso de conducción electrolítica.	24
Ecuación 2-4 Reacción en una celda voltaica.	24
Ecuación 2-5 Polinomio que constituye la base de la obtención de datos BBD.	27

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

“Vivimos en la Tierra como si tuviéramos otra a la que ir.” [1]

1.1 Búsqueda de alternativas como materias primas renovables

Durante el transcurso de las últimas décadas, ha aumentado drásticamente el uso de combustibles fósiles para la producción de energía, productos químicos y otros artículos que llevan a una mejora del bienestar social y a aumentar la eficiencia de la industria en diferentes ámbitos. La sobreexplotación de estos recursos por el ser humano ha generado un impacto medioambiental desfavorable por las razones que se argumentarán posteriormente. Además, el incremento de la contaminación y el uso inadecuado de recursos y materias primas está ocasionando un decremento de los medios necesarios para mantener un equilibrio biosostenible [2]. No solo el uso de combustibles fósiles altera la sostenibilidad, sino también el uso de recursos obtenidos de forma más explícita de la Tierra, como las materias primas. Dicho uso ha reducido la biodiversidad, provoca el aumento de la contaminación y conduce a conflictos locales.

Según la FAO¹, alimentar a una población creciente que aumentará de 7 mil millones de personas a más de 9 mil millones en 2050 es uno de los desafíos más apremiantes a los que se enfrenta hoy el mundo. Para responder a la creciente demanda de recursos, la producción de alimentos deberá aumentar en un 60 por ciento a nivel mundial en el mismo período. Este desafío se ve agravado por las amenazas adicionales del cambio climático y sus consecuencias (deterioro de la capa de ozono, lluvia ácida, efecto invernadero...), el deterioro de la base de los recursos naturales, la creciente escasez de agua y de las tierras la degradación del suelo y terrenos. Además, este aumento de población no se ve respaldado por un incremento de los medios productivos, viéndose estos mermados, por lo que habrá que producir más alimentos y generar más energía para satisfacer a la sociedad. [3]. Citando al antiguo director adjunto de FAO, Hafez Ghanem: *“Un uso más eficiente del agua será clave para producir más alimentos.”* [4] . Por lo tanto, se busca producir un mejor rendimiento y un uso más efectivo de los recursos.

Por otro lado, según la EIA², habría que producir un 30 por ciento más de energía con este supuesto aumento de la población. Por ello, se han creado numerosas campañas para favorecer el reciclaje, con el objetivo de suministrar datos y estadísticas (p.ej., reciclar una lata de aluminio ahorra un 95 % de energía de fabricación de una nueva lata). Las cifras recopiladas de la última década muestran que los países con menor poder adquisitivo representan índices de consumo de energía

¹ Food and Agriculture Organization.

² Energy Information Administration.

menor que los de mayor poder. Sin embargo, aquellos países que se encuentran en el proceso del desarrollo sí que presentan índices de consumo de energía mayor, ya que muestran un claro aumento en el crecimiento de su población.

En 2016, en torno a la mitad de energía producida a nivel global derivó del calor, en su mayoría, mediante procesos de combustión de diferentes tipos de combustibles, predominando las fuentes de energía de origen fósil: petróleo y carbón. Sin embargo, la crisis en la producción de crudo de los años 70, Figura 1-1, provocó el inmediato incremento del precio del petróleo y sus derivados. Además, el hecho de que las formas de energía convencionales (conocidas como no renovables), tengan una duración limitada, y el que los consumos energéticos se vean incrementados continuamente debido al aumento de las necesidades energéticas de la población, la industria y el transporte, hace que sea imprescindible encontrar nuevas fuentes que garanticen el suministro de energía a la población en un futuro [5]. Por lo tanto, cada día aumentan las infraestructuras destinadas a la energía nuclear, hidráulica, el gas y las energías renovables, siendo las últimas objeto de este trabajo.

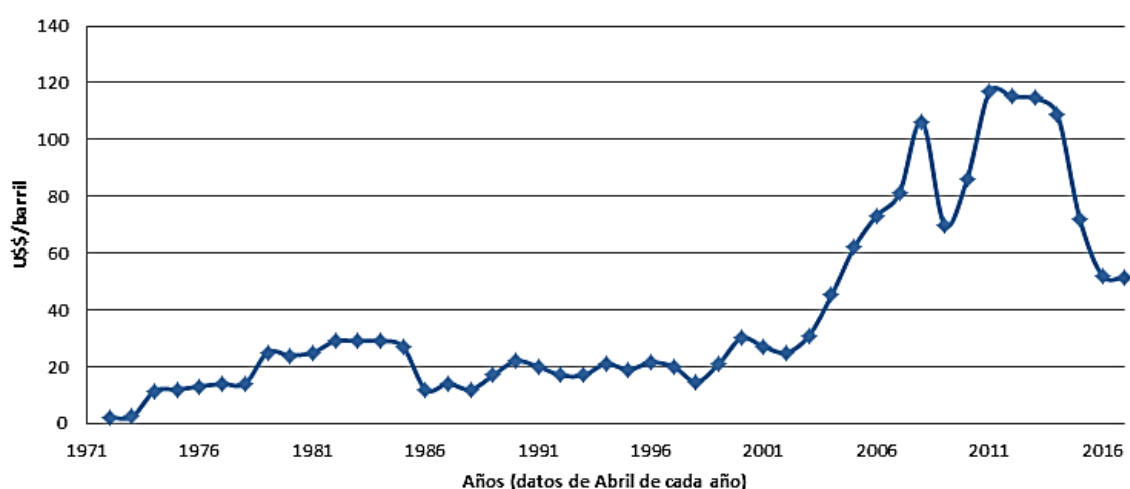


Figura 1-1 Variación del precio del barril de petróleo en US\$ (Brent)- Autoría propia.

Mediante el presente Trabajo de Fin de Grado se evaluará la necesidad de la utilización de las energías renovables, y asimismo la viabilidad del uso de la biomasa vitivinícola, como fuente de energía útil mediante una correcta gestión de los residuos, implementando así el aprovechamiento de residuos y la reducción de emisiones de CO_2 entre otras.

1.2 Energías renovables para el favorecimiento de la sostenibilidad

La energía renovable es definida como energía cuya fuente es continua o prácticamente inagotable [6]. Según la EIA, representa actualmente el 10 por ciento de la producción de energía a nivel global, lo que demuestra que ocupa un gran sector en la industria energética y tiene una tendencia a aumentar con el transcurso del tiempo. La energía renovable puede obtenerse de diferentes maneras, siendo la más importante la producción de energía hidráulica (Figura 1-2).

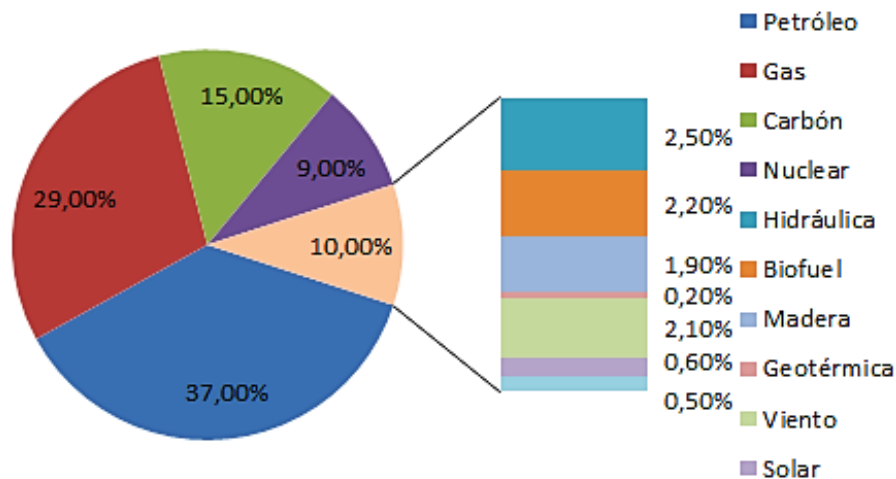


Figura 1-2 Reparto de producción energética en 2016 en United States- Autoría propia.

Su reducido impacto ambiental hace que las energías renovables cobren especial relevancia en la Tierra. Al utilizar un recurso inagotable, no se encuentran afectadas por problemáticas de escasez o desaparición a largo plazo. Su diversidad y dispersión resulta fundamental, debido a que se reducen los costes indirectos: transporte, transformación, impuestos, etc. Aunque, como se ha mencionado previamente, no provoca un impacto ambiental notable, sí deriva en impacto ambiental de otra índole, como puede ser estético. Sin embargo, la comparación entre ambas fuentes renovables y no renovables se decanta indudablemente hacia las primeras. Además esta característica ofrece la posibilidad de desarrollo local y regional y generación de empleo, en la mayoría de los casos permanentes, tanto en zonas agrarias (biomasa) como urbanas.

1.2.1 Biomasa

Llegando al punto de la clasificación donde se encuentra encuadrada la energía del tema a defender, se considera la biomasa como la cantidad de productos obtenidos por fotosíntesis, susceptibles de ser transformados en combustible útil para el hombre y expresada en unidades de superficie y de volumen [6].

Su clasificación se puede ver afectada por un gran número de parámetros, consideraciones o nomenclaturas. En primer lugar, y siendo la clasificación más sencilla, se suele clasificar según su procedencia separándose en biomasa primaria y secundaria. La biomasa primaria es aquella que se obtiene directamente de un ecosistema con el fin de producir energía. Por otro lado, la biomasa secundaria, también conocida como residual, y en la que se centrará de aquí en adelante este Trabajo de Fin de Grado, es aquella obtenida de los desechos o subproductos de los procesos [7]. Dentro de la biomasa secundaria o residual existe otra clasificación por sectores: agrícola, industrial y forestal (Tabla 1-1).

Categoría	Actividad origen del recurso	Tipos	Residuos generados
Residuos forestales	Tratamientos de cortas de mejora y parciales, podas	Montes repoblados	Árboles de pequeño tamaño ramas de poda
	Tratamientos de forestación; regeneración	Objeto de extracción de madera del monte	Copas y ramas de árboles, partes secas

Categoría	Actividad origen del recurso	Tipos	Residuos generados
Industrias agroalimentarias	Incendios forestales	Pinares, bosques	Árboles quemados, escaso interés comercial
	Apertura caminos, cortafuegos	En todo tipo de montes	Combinación de las anteriores
	Industrias extractivas	Café, aceite, vitivinícolas	Orujo de oliva, cascarilla arroz, hollejo de la uva
	Industrias preparadoras	Arroz, algodón	
	Cultivo especies herbáceas	Cereales, oleaginosas, etc.	Bagazo
	Poda, especie leñosa	Olivo, vid	Ramas, pies secos

Tabla 1-1 Clasificación de residuos para su aprovechamiento en la producción de energía- Autoría propia [8].

1.2.2 Importancia del aprovechamiento de los residuos vitivinícolas

En la actualidad se producen 25.900 millones de litros de vino al año en el mundo. Este valor varía anualmente, dependiendo de muchos factores entre los que aparecen: hidrometeoros, plagas en expansión, superficie cultivada rendimiento de la vendimia, etc. [9]

La Unión Europea es la mayor productora mundial de vino, de acuerdo con la Comisión Europea General de Agricultura y Desarrollo Rural. Este hecho es debido a que está formada por algunos de los países con mayor potencial en producción vitivinícola: Francia, España e Italia forman el podio en cuanto a la producción de vino mundial [10]. Según dicha comisión, la producción de vino en Europa ha disminuido a 145 millones de hl (producción un 14 % menor que la previsión del año anterior) siguiendo así la tendencia de los últimos años. En cuanto a los países productores de vino en primer lugar se encuentra Italia con 40000 millones de hl, seguida de Francia con 37200 millones de hl y, posteriormente, España con 36800 millones de hl. Otros países no pertenecientes a la Unión Europea aportan producción al sector positivamente como China, Sudáfrica o Australia. Dichos países demuestran cada día más interés en el ámbito siendo influenciados por países europeos: aplicando sus técnicas, ofreciendo participación y trabajo a empresas europeas y dando a conocer los productos obtenidos de forma internacional.

Comparando con los datos de la OIV³, la plantación de la uva ha variado positivamente desde el comienzo del siglo XXI y se ha abierto paso en países que bien, por costumbre o por clima, no producían uva. No obstante, pese al incremento de la producción de uva, ha menguado la utilización de dicha fruta en el sector vitivinícola (Figura 1-3). España es el país con más hectáreas plantadas en el mundo con uvas destinadas al vino en 2016 (975 mil ha), seguida por China (847 mil ha) y ocupando Francia (785 mil ha) e Italia (690 mil ha) el tercer y cuarto puesto respectivamente [9].

³ Organización Internacional de la Viña y el Vino.

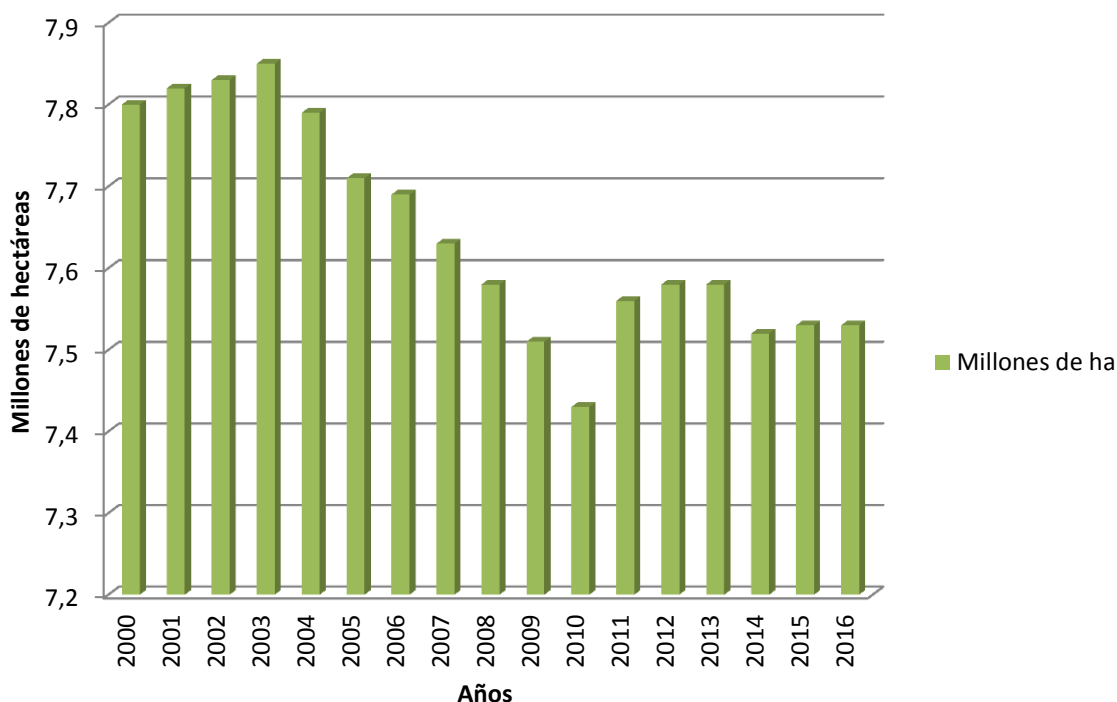


Figura 1-3 Variación de la plantación de uva destinada al vino según la OIV- Autoría propia.

1.3 Estudio del proceso de vinificación: interés del residuo

La producción del vino se ha interpretado como un proceso respetuoso para el medio ambiente, sin embargo, la vinificación genera grandes cantidades de residuos sólidos y líquidos [11]. Durante el proceso se recoge la cosecha de uva trabajada durante la primera mitad del año, se cortan los racimos de la uva para un posterior fermentado.

La recogida de esta uva finaliza con un despallado en el cual se separa el fruto de su racimo, esto genera al año alrededor de 1.907×10^3 t/año de residuos de racimos. Después de superar el proceso, se realiza un estrujado de la uva en maquinaria cilíndrica por centrifugación, donde se obtiene el mosto, que reposará para fermentar durante unos seis días. Diferenciando entre vino tinto y vino blanco, y su proceso de fermentación, el primero lo realizará después del estrujado y antes del prensado. Sin embargo, en la producción de vino blanco, se realizará el prensado antes de la fermentación. Durante el prensado se produce otro de los residuos más abundantes en la industria del vino: el bagazo, compuesto por todas las impurezas (pieles de la uva, semillas y fibras entre otros), genera 5.335×10^3 t/año [12]. Posteriormente los procesos de vinificación varían según el tipo de vino, industria o país, por lo tanto, se estandarizará conforme a la Figura 1-4. Los procesos de fermentación maloláctica⁴, una segunda sedimentación (siendo el proceso que peor influencia al medio ambiente debido a la obtención de residuos ya fermentados), una estabilización para la homogenización de los parámetros y, finalmente, el embotellado, que se suele realizar en botellas de 75 centilitros de vidrio puesto que es el envase donde se conserva mejor el vino [13].

⁴ Proceso que produce la inoculación de bacterias lácticas para realzar las cualidades del vino.

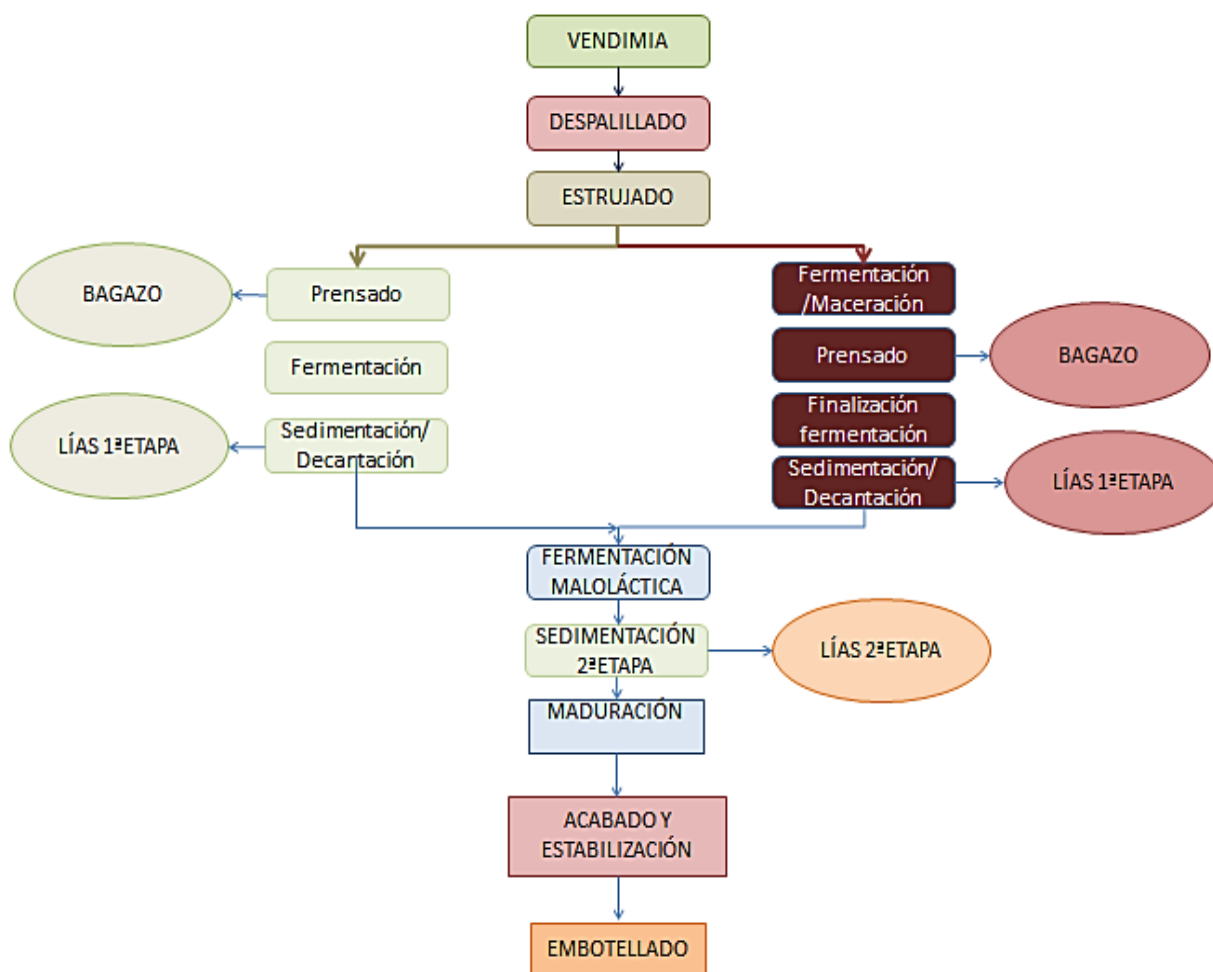


Figura 1-4 Proceso convencional de la producción de vino con sus correspondientes residuos: en claro vino blanco, en oscuro vino tinto- Autoría propia.

Los otros dos grandes residuos producidos durante este proceso son las lías y las vinazas (véase Figura 1-5). Las lías se producen en los procesos de sedimentación o decantación. En dichos procesos, la parte del vino con más concentración y más densidad se separa del vino en sí. Estas lías reguladas por el Reglamento Europeo N°479/2008, por el que se establece la organización común del mercado vitivinícola, deben ser almacenadas y enviadas a destilerías para su uso y reciclaje en la producción de orujo, generándose una corriente líquida muy válida para el desarrollo de productos con alcohol [14]. Sin embargo, este almacenamiento implica una serie de modificaciones en la maquinaria que los pequeños productores de vino no realizan y, por tanto, les lleva al desobedecimiento de la ley. La depuración de las lías puede llevar a obtener un fango que puede ser mezclado para la realización de compost [15], no siendo objeto del presente trabajo.

Otra opción, pero no la más viable, es la quema de estos residuos pero generan gran cantidad de gases que favorecen el efecto invernadero, en especial, el N_2O , incluido desde 1997 por el Protocolo de Kioto como uno de los seis gases más perjudiciales que se emite a la atmósfera.



Figura 1-5 Residuos de la vinificación: lías (izda.) y vinazas (dcha.)- Extraída de [16].

Por otra parte, las vinazas están constituidas por dos fracciones: una fracción sólida y una fracción líquida. La fracción sólida no es más que lías, residuos sólidos sedimentados en las barricas, generadas en las diferentes etapas del proceso de vinificación, estas constituyen el 5 % de la composición de las vinazas. La fracción acuosa está constituida por diferentes compuestos solubles generados en los distintos procesos de fermentación. Esta composición depende de numerosos factores, desde la uva cosechada hasta el tipo de vino, maquinaria utilizada, tipo de reposo del vino, etc. Las vinazas poseen unas características químicas favorables para su utilización en la producción de energía sostenible, ya que presentan condiciones que ayudan a la propagación de la electricidad: poseen una notable acidez ($\text{pH}=2\text{-}6$), alta salinidad, altos valores de oxígeno disuelto, alto contenido en materia orgánica ($900\text{-}35000\text{ mg/L}$) debido a las altas concentraciones de C , N y K , además de sustancias fenólicas⁵ y metales pesados [16] [17].

Según el Real Decreto 261/1996, de la protección del agua contra la contaminación producida procedente de fuentes agrarias, se establecen períodos tanto en el vertido de nitratos al agua y los límites de vertido en estas, como el uso de fertilizantes en las plantaciones de origen agrario con el objetivo de conseguir la calidad del agua estipulada [18]. Además, la Ley Española 22/2011, de los residuos, recoge que se deben reciclar, valorizar o eliminar los residuos para evitar la contaminación del medio ambiente. A esta legislación se suma el hecho de que, desde 1990 hasta la actualidad, se ha incrementado la imposición de multas de hasta cuarenta mil euros por no hacer una correcta recogida de reciclaje de residuos o producir más residuos de lo legislado, pudiendo sentenciarse hasta con penas de cárcel [14].

1.4 Objetivos

Se piensa firmemente que convertir en energía los residuos obtenidos en los procesos vitivinícolas, con el consecuente aprovechamiento de estos, es una de las mejores opciones de revalorización de residuos. Por este motivo, el objeto del presente Trabajo de Fin de Grado será aprovechar las vinazas generadas en el proceso de vinificación para generar bioelectricidad, produciendo una energía renovable que favorecería la sostenibilidad del medio ambiente.

El trabajo que se defiende consiste en el diseño y estudio de una celda microbiana, a escala de laboratorio, que utiliza residuos de la industria vitivinícola como sustrato para generar electricidad. El objetivo es transformar la energía química en energía eléctrica, aprovechando la gran cantidad de levaduras y otros organismos, además de la gran concentración de electrolitos presentes en estos residuos. Estos agentes biológicos favorecen la actividad de la celda. El estudio contribuirá además a la disminución del impacto ambiental derivado de actividades residuales, utilizando como estrategia la revalorización energética.

⁵ Compuestos en los que al menos existe un grupo fenol, comunes en la dieta de humanos y animales, se caracterizan por su rápida oxidación.

Otro objetivo implícito en el proceso será la optimización de dicho proceso para conseguir una buena eficiencia a nivel experimental. Por lo tanto, se buscará una solución teniendo en cuenta cómo influyen las variables a evaluar en la transformación de dicha energía llegando a una conclusión de por qué se deberían utilizar esas variables y si realmente son rentables para su introducción en la industria a gran escala.

Además, se buscará la creación de un experimento que destaque por su simplicidad, con la intención de que este pueda ser comercializado en mercados domésticos, ya que podría ser útil para la reducción de facturas eléctricas.

Y para finalizar, que sirva de inspiración, estímulo y de base dicho experimento para la búsqueda de futuras producciones de electricidad a nivel industrial en el mundo vitivinícola.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Uso de los residuos vitivinícolas de forma eficiente

“Si una bodega quiere trabajar sosteniblemente, necesita incorporarlo como un valor central en su estrategia corporativa” resalta Josè Giacomo, uno de los directivos de Donnafugata en Italia, reconocida por su constante preocupación por el medio ambiente, en el período de sesiones de “Sostenibilidad e innovación en el empaquetamiento de vino del siglo XXI” en el evento “Wine2wine” en 2016 en Verona, Italia.

Debido al creciente interés por la búsqueda de energías renovables en las últimas décadas y habiendo clasificado en el apartado 1.2, *Energías renovables para el favorecimiento de la sostenibilidad*, los distintos tipos de energías renovables y la relevancia que tienen estas a nivel mundial, el Estado del Arte del presente Trabajo de Fin de Grado se va a focalizar analizando los diferentes resultados que pueden ser obtenidos del aprovechamiento de residuos del vino.

2.1.1 Uso alimenticio y farmacéutico

En primer lugar, siendo uno de los ámbitos menos explotados, los residuos del proceso de vinificación pueden ser utilizados para desarrollar productos alimenticios y farmacéuticos. Los desechos pueden ser utilizados en la alimentación debido a su alto poder nutritivo y su gran riqueza en antioxidantes y fibra dietética. Uno de los productos de valor que puede extraerse de las vinazas es el ácido tartárico, un acidificante y conservante natural que se puede extraer para su aprovechamiento. Junto al ácido tartárico existen más de 200 sustancias bioactivas con diferentes efectos metabólicos como antiinflamación, antioxidación o la disminución del riesgo de padecer de enfermedades cardiovasculares. Por este motivo se están fabricando cápsulas derivadas de residuos del vino con capacidad antiinflamatorias, que, además, reducen el colesterol y regulan el metabolismo intestinal, según la empresa de investigación alimenticia AINA [19].

Dichos residuos albergan características fotoprotectoras debido al alto contenido en antioxidantes, vitaminas C y E, que previenen el envejecimiento cutáneo. Además de los conocidos tratamientos basados en enoterapia: técnica de masajes, jabones y cremas elaboradas con extractos de uva.

2.1.2 Uso de los residuos del vino para la obtención de energía térmica

Para comenzar, hay que tener en cuenta el fundamento teórico de por qué se produce esta obtención de energía, comenzando con la obtención de la energía térmica que deriva, en grandes industrias, en energía eléctrica. Se basa en los siguientes conceptos:

➤ Pirólisis

La pirólisis consiste en la descomposición físico-química de la materia orgánica, siendo en este caso la biomasa, bajo la acción del calor y en ausencia de un medio oxidante. De este proceso se obtienen gases volátiles, líquidos alquitranados y residuo en forma sólida (cenizas). Cada uno de estos puede destinarse en un ámbito tecnológico. Los líquidos se destinarán a la producción de biocombustibles o compost, los sólidos para su uso en industria metalúrgica o compost y los gases se usarán para la producción de energía [20].

➤ Gasificación

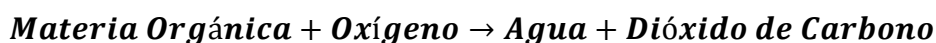
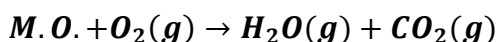
Desarrollo de reacciones termodinámicas llevadas a cabo en un lugar por falta de oxígeno, siendo desprendidos de un sólido en una serie de gases que pueden ser usados en una caldera, motor o turbina.

Actualmente, el uso de los desechos de la vinificación para su transformación a energía térmica es el campo más expandido. Esto es debido a varias ventajas:

- Es el proceso más sencillo para la obtención de un alto rendimiento.
- Los residuos obtenidos se consideran biomasa con grandes cantidades de carbono y oxígeno.
- La recogida y transporte de los residuos resulta sencilla debido a la granulometría de las lías.
- Es ampliamente conocido.
- Requiere una menor inversión inicial que otras transformaciones de los residuos y una mayor versatilidad [21].

.Con todas estas ventajas hay que citar que el proceso no deja de ser una combustión incompleta (véase Ecuación 2-1), debido al déficit de oxígeno, y esto siempre produce un escape de gases que favorecen el efecto invernadero, pero siempre en menor medida que realizando la combustión directa de las lías o, incluso, depositándolas al medio ambiente sin previos tratamientos.

ECUACIÓN GENERAL:



Ecuación 2-1 Proceso de combustión general.

Se va a analizar el proceso desde los resultados obtenidos por la Empresa Agralco S. Coop. Ltda que, instaló en Pamplona en 2011 una planta de procesado para la obtención de energía térmica a partir de residuos de la industria vitivinícola. Esta empresa se caracteriza los altos porcentajes de autosuficiencia en cuanto a energía térmica y eléctrica y ha obtenido la Autorización Ambiental de Navarra, en virtud de la cual se fomenta la prevención de contaminación y su impacto ambiental, alcanzando la máxima protección del medio ambiente posible.

En esta empresa, el aprovechamiento de las vinazas y las lías siguen procesos diferentes. Sin embargo, no supone un problema debido a que cada residuo es obtenido en distintas etapas. Las vinazas se someten a un lavado de agua caliente (90 °C) tras la cual se dividirán en dos: las piquetas, en forma sólida que se depositarán con las lías, y el orujo lavado extraído de las vinazas. El orujo extraído se somete a un secado o trillado y se obtienen los restos de las pepitas de la uva que quedaban en el residuo de partida.

Por otro lado, las lías junto a las piquetas, deberán seguir un proceso más complejo que constará de tres etapas:

1. **Extracción alcohólica:** en la cual se realiza una destilación (Figura 2-1), técnica con el fin de separar líquidos o sólidos no volátiles disueltos en líquidos [22].

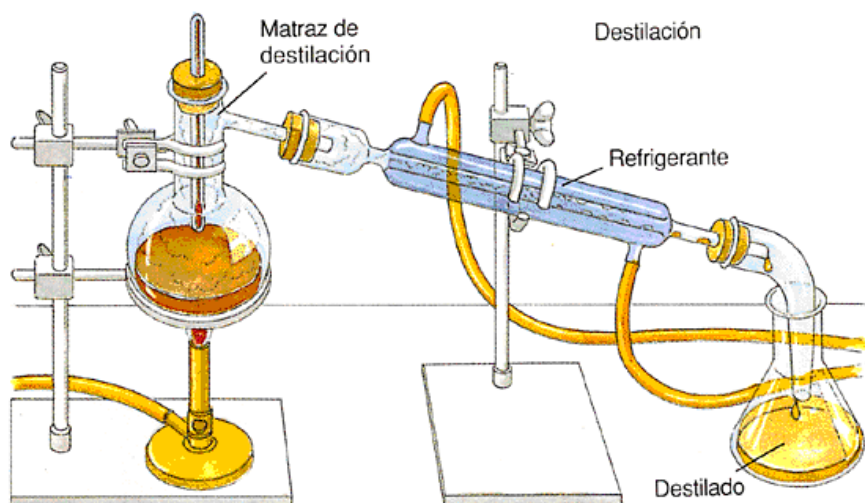


Figura 2-1 Proceso de destilación- Extraída de [23].

2. **Extracción tartárica:** se realiza un proceso de acidificación del vino para recuperar el ácido tartárico⁶ y posteriormente se realiza un secado y se aparta el ácido tartárico [24].
3. **Depuración:** muy utilizado en la producción de energías renovables, se incluye la digestión anaerobia o metanización, un proceso biológico natural de degradación de la materia orgánica en el que, como metabolito del proceso, se genera gas metano de cuya combustión se obtiene energía. Esto presenta tres ventajas fundamentales: no es necesario el aporte de energía a mayores, completa el proceso de descomposición de la materia orgánica y genera un gas combustible (biogás) con el que se obtiene energía en forma de calor [25].

Como se aprecia en la Figura 2-2, una vez que se han definido ambos procesos, llega la etapa de la combustión. Por la parte superior, una vez producido el biogás, se alimenta un motor de cogeneración. Cogeneración significa producción simultánea de dos o más tipos de energía, pudiendo ser eléctrica y térmica o mecánica y térmica. Ambas energías son producidas al mismo tiempo. Además, este sistema tiene como objetivo no desechar el calor en la producción de una de las energías al medio ambiente, siendo reutilizado por la otra energía [26]. Sin embargo, la bodega Empresa Agralco S. Coop. Ltda anteriormente citada produce energía térmica y mecánica debido a que es caro y complejo adquirir un sistema que combine la creación de energía térmica y eléctrica. En cuanto a la biomasa obtenida del secado-trillado será introducida en un horno que combustionará el residuo sólido obteniendo gases de escape a 210 °C. También puede ser usada la combustión para calentar agua hasta su punto de ebullición (100 °C) y obtener vapor de agua.

⁶ $C_4H_6O_6$ compuesto que proporciona acidez al vino.

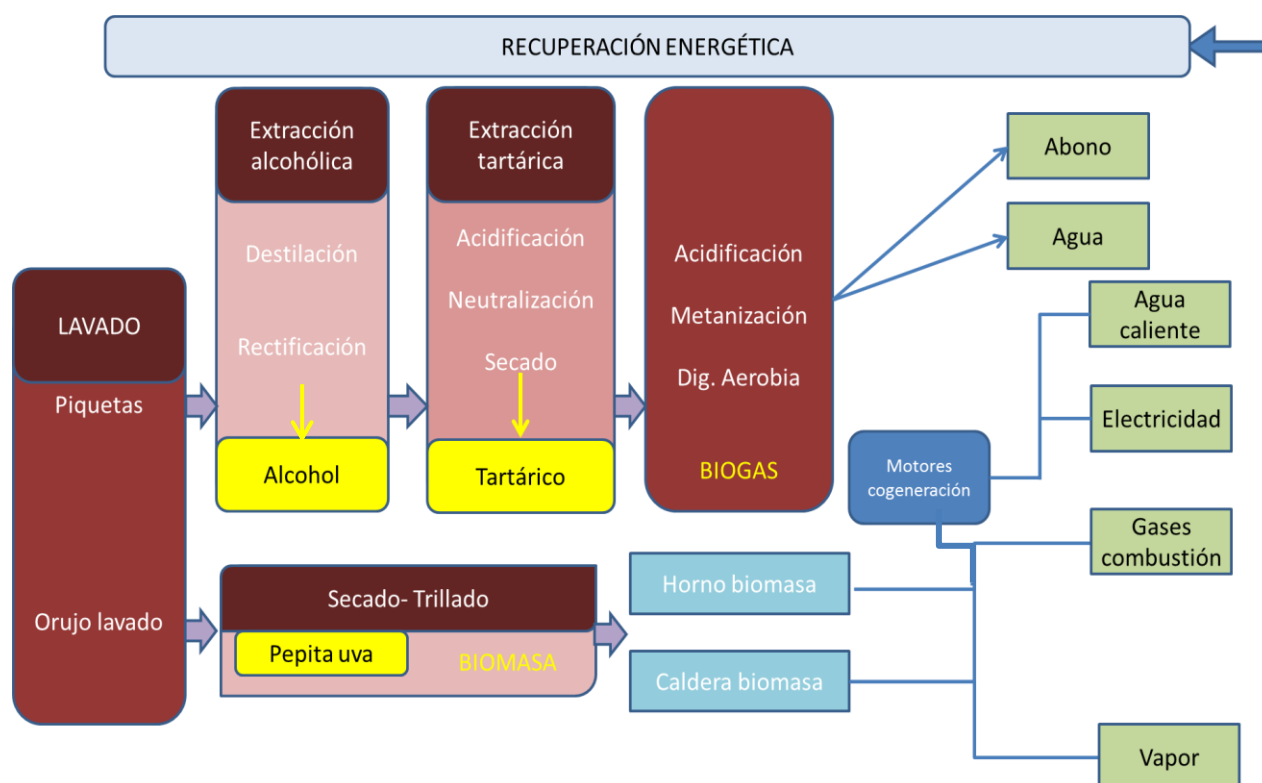


Figura 2-2 Proceso de lías y vinazas para la producción de energía- Autoría propia.

Llegados a este punto cabe preguntarse si realmente es efectivo el proceso y verdaderamente rentable. Pues bien, según los datos suministrados por la bodega Empresa Agralco S. Coop. Ltda. han reducido las emisiones de gases a la atmósfera un 63,36 % tomando como referencia las emisiones procedentes del combustible fósil de referencia (véase Tabla 2-1), con un ahorro anual de 160000 € y un *pay-back* de 14,4 años, siendo una inversión inicial de 2.300.000 €. En cuanto a ahorro energético la bodega obtuvo un ahorro anual de 58.068 MW/h [27].

Energía	MW/h térmico
Caldera	22.000
Horno	33.000
Cogeneración	3.068

Tabla 2-1 Producción de energía por proceso de Agralco S. Coop. Ltda.- Extraída de [27].

2.1.3 Uso de los residuos vitivinícolas para la producción de energía eléctrica

Siguiendo la línea del subapartado anterior, se ahondará en la producción de electricidad a partir de la utilización de los residuos generados durante la producción del vino, dándole especial relevancia a este subapartado debido a que es donde se va a encuadrar el experimento contenido en el presente Trabajo de Fin de Grado. En la Figura 2-3 se muestra el proceso seguido para producir electricidad a partir de biomasa residual. En el ámbito vitivinícola dependiendo de la cantidad de biomasa disponible varía la tecnología más adecuada a emplear para este fin, pudiéndose tratar de una turbina de vapor, una turbina de gas o un motor alternativo. Por lo tanto, estos son las tres tecnologías más usadas hoy en día para la producción de electricidad en las industrias vitivinícolas. Todas ellas presentan una característica en común: la energía se obtiene a partir del biogás. En la mayoría de industrias se usa el

proceso de cogeneración en el que la combustión y pirólisis alimentan un motor de combustión que transfiere esa energía a un generador.

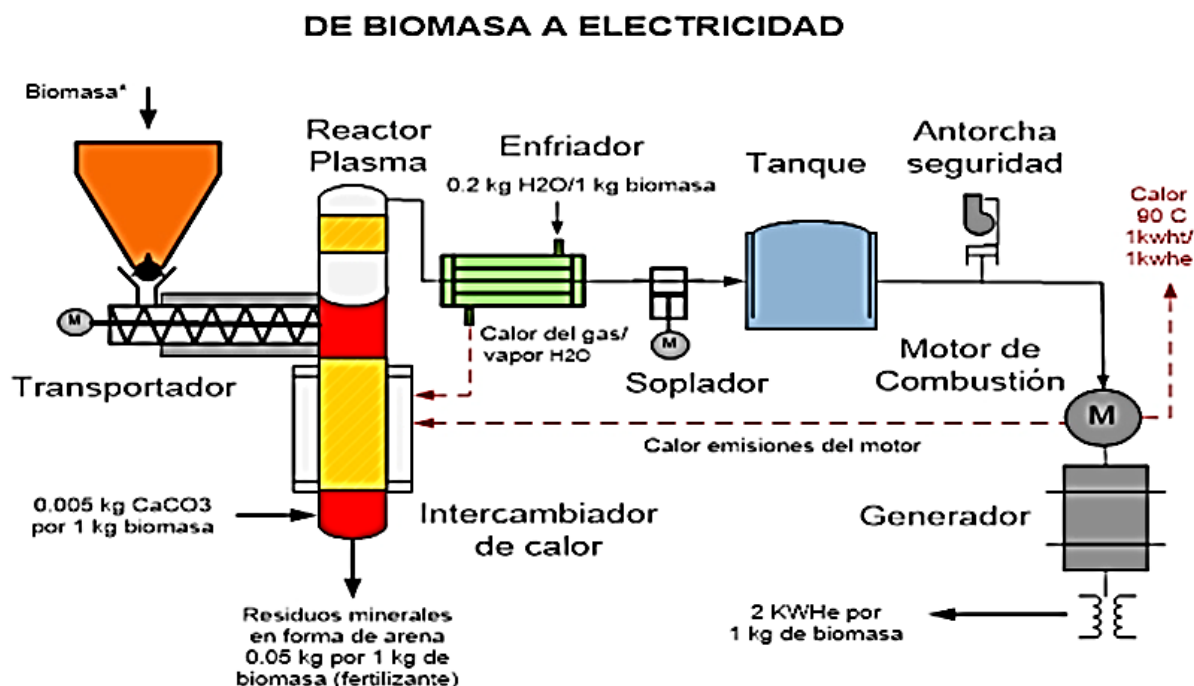


Figura 2-3 Proceso de cogeneración electro-térmico- Extraída de [26].

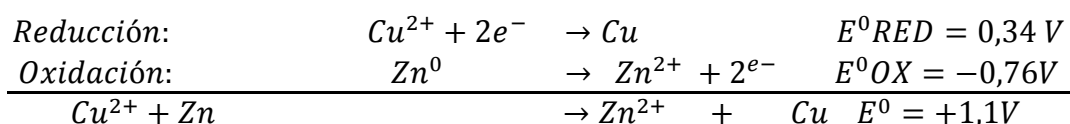
Un ejemplo muy ilustrativo de un uso rentable de la biomasa lo encontramos en las bodegas de Pacs del Penedès, de Bodegas Torres, que desde el año pasado utiliza una caldera de biomasa alimentada con residuos de la vendimia local, con una producción de 4.000 kW/h de vapor, lo que representa una producción combinada de 2.600 kW/h en calor y 1400 kW/h en refrigeración [28]. La caldera, asociada a un equipo de refrigeración de absorción, supone reducciones en el consumo de energía de la bodega de entre un 10 % y un 12 % de electricidad. Según las propias bodegas, a nivel global, la biomasa supone un ahorro eléctrico de 1 millón kW/h. Incluso, en 2016 se inauguró en San Pedro, Chile, la primera planta de biogás a nivel mundial que funciona únicamente con residuos vitivinícolas. Esta planta genera 1MW/h de energía limpia [29].

Como ya se ha mencionado y reflejado numéricamente, la implantación de esas tecnologías supone una inversión considerable y la construcción de sistemas complejos en las bodegas lleva a plantearnos otras maneras de producir electricidad, cumpliendo una serie de características. En primer lugar, se necesita que se pueda realizar una prueba experimental a nivel de laboratorio. Este se debe de poder realizar con aparatos sencillos, pero con una precisión válida para el mundo ingenieril. Se deben poder realizar cambios en las variables del ambiente para obtener diferencias y concluir con la elección de parámetros que favorecen el paso de electricidad y la obtención de los mayores valores de los que se puede disponer en esta tecnología mediante reacciones químicas. Siguiendo esta línea y sabiendo las cualidades del vino, ya mencionadas en el apartado 1.3, *Estudio del proceso de vinificación: interés del residuo*, se adquiere interés en realizar el proceso de electrolisis en una disolución acuosa con vinazas.

2.2 Funcionamiento de la electrolisis

El funcionamiento teórico de la electrolisis consiste en la separación de los elementos de un compuesto por medio de la electricidad (véase Ecuación 2-2). Ciertas sustancias, (ácidos, hidróxidos, sales y algunos óxidos metálicos disueltos o fundidos) son conductoras de electricidad al mismo

tiempo que se descomponen al paso de la corriente eléctrica, a estas sustancias se les llama electrolitos. Mediante la electrolisis se transforma energía química en energía eléctrica, desarrollado por un conjunto de transformaciones que implican un aumento de energía libre del sistema, y por ende, requiere para su realización el uso de una fuente externa de energía [30]. Para que se produzca la electrolisis se debe contar con un ánodo y un cátodo. El ánodo es un electrodo con carga positiva, siendo el extremo de un material conductor que, al estar vinculado a un medio, transfiere una corriente eléctrica. En cambio un cátodo es un electrodo con carga negativa que recibe esa corriente estando vinculado al mismo medio [31].



Ecuación 2-2 Proceso reducción-oxidación espontánea- Extraída de [32].

La electricidad se transfiere debido a una reacción de reducción-oxidación, en la que un agente oxidante recibe electrones del agente reductor y se oxida, y viceversa. En las baterías y fuentes eléctricas el fundamento es el mismo, siendo el ánodo el electrodo con mayor potencial [31]. El caso que interesa para la producción de electricidad es el de una celda voltaica microbiana, que obtiene esta a partir de las reacciones de oxidación-reducción, donde los metales están conectados por un puente salino o semiceldas como en la Figura 2-4. Aunque la mayor parte de celdas voltaicas en diversos estudios están constituidas por dos cámaras, el presente experimento está formado por una sola cámara.

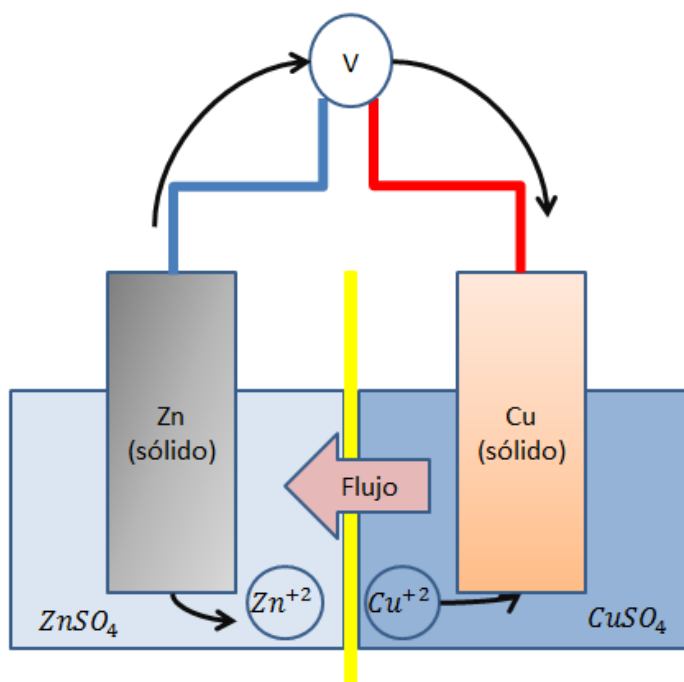


Figura 2-4 Proceso de electrolisis en disolución acuosa de SO_4^{2-} - Autoría propia.

Es en la celda voltaica donde se produce la diferencia de potencial que interesa para la generación de electricidad basándose en las Leyes de Faraday, la diferencia es que aquí, el cátodo es positivo y el ánodo negativo. Además, el sentido del proceso es el contrario, ya que no se aplica energía eléctrica para producir iones sino que es la reacción redox la que provee energía eléctrica. Esta energía se

cuantifica a través de la diferencia de potencial⁷ generada por la pila, la cual se mide en Voltios (V) [33].

2.2.1 Usos de la electrolisis

La aplicación industrial de los métodos electrolíticos está actualmente muy expandida y tiende positivamente a aumentar su instauración en materia de procesos de extracción y fabricación. En primer lugar, un uso ampliamente extendido es la Galvanización (Figura 2-5), un proceso basado en el recubrimiento de hierro (Fe) generalmente a partir del zinc (Zn) en un baño de este. Esta reacción electroquímica es común en industrias que necesitan proteger el metal de un elemento con el fin de que este experimente corrosión con el aire. El zinc se adhiere al metal debido al influjo eléctrico que lo recorre. El galvanizado electrolítico está reglado por la UNE EN 12329 [34], donde se refleja el uso de este conjunto de reacciones para metales de pequeñas envergaduras, como tuberías o elementos cotidianos. Este proceso presenta una ventaja fundamental respecto a la galvanización por inmersión en caliente, se desarrolla en ambientes menores de 60 °C, por lo tanto, es menos probable que se invierta la polaridad del zinc y lleve a la corrosión galvánica producida en estos casos.



Figura 2-5 Proceso de galvanización- Extraído de [34].

Otro proceso muy extendido es la *anodización*, técnica para modificar la superficie de un metal mediante la formación de un óxido protector. La *anodización* se lleva a cabo mediante procedimientos electroquímicos y proporciona resistencia y durabilidad. La oxidación producida en el proceso crea una capa alrededor del metal, generalmente titanio (Ti) o aluminio (Al). Además este proceso protege de la corrosión, abrasión y permite el tintado de los productos [35].

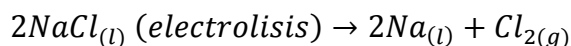
Otros procesos relacionados con la electrolisis son la cataforesis, que se basa en adherir a un metal pintura en su tintado, utilizada en la industria del automovilismo, proporcionando una rugosidad muy pequeña y propiedades anticorrosivas y resistencia, y también el baño de metales preciosos en oro (Au) o plata (Ag) para la industria joyera.

Además, se pueden observar diversas investigaciones o incluso Trabajos de Fin de Grado en el repositorio institucional del Centro Universitario de la Defensa, que se basan en el uso de la electrolisis para la limpieza de los sustratos en metales oxidados, del Alférez de Navío Javier Lora García [36], en la recuperación de piezas de determinación del módulo de elasticidad, del Alférez de Navío Jorge Hernández de Armijo González-Cela [37], o en el ámbito de recuperación de piezas de acero oxidadas, del Alférez de Navío Enrique Díaz Zuaza [38].

Para concluir este subapartado, la conducción iónica recorre un amplio sector de la electrolisis. La conducción electrolítica no se producirá si no hay movimiento libre de los iones. Por tanto, suele ocurrir en disoluciones compuestas fundamentalmente por sales fundidas. Sin olvidar que debe ir acompañada, como consecuencia, de un cambio químico que influya en el movimiento iónico. Este método es usado frecuentemente para separar las partículas de la disolución. El caso más conocido es

⁷ Cuanto mayor sea la diferencia de potencial entre dos puntos, mayor será la corriente. En 1826 Georg Simons Ohm expresa la diferencia de potencial, E , en Voltios y la corriente, I , en Amperios (A), como : $I = \frac{E}{R}$, donde R es la resistencia, medida en Ohms (Ω).

la separación de partículas de cloruro de sodio (Figura 2-6), aplicando una corriente y teniendo como ánodo y cátodo un material inerte pero conductor. Con la teoría básica que recoge el subapartado 2.2, *Funcionamiento de la electrolisis*, se produce una separación de elementos tal y como muestra la Ecuación 2-3 [32].



Ecuación 2-3 Proceso de conducción electrolítica.

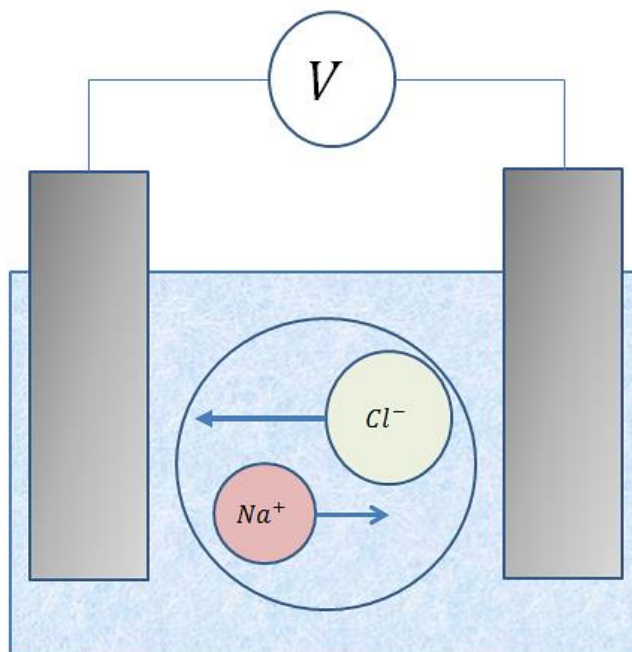
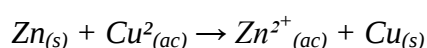


Figura 2-6 Conducción electrolítica del NaCl- Autoría propia.

Una vez explicada la teoría de la electrolisis y sus diferentes usos, además de las diferentes utilidades de los residuos vitivinícolas para la biosostenibilidad de procesos de vinificación, se intenta buscar un compendio entre ambos campos. Para ello, se emplearán las vinazas como disolución en un circuito cerrado en una celda voltaica microbiana. Las pilas voltaicas creadas por Luigi Galvani (1780), constituyen un circuito cerrado que también se basan en la teoría anterior. Las pilas voltaicas o pilas Daniell llevan a la conversión de energía química en energía eléctrica. Esta energía eléctrica puede ser aprovechada en la vida cotidiana. Se va a utilizar una celda microbiana en la que el ánodo será un electrolito de cobre (Cu) y el cátodo un electrolito de zinc (Zn) sumergidos en la vinaza, que proporcionará las reacciones químicas con su transformación a energía eléctrica. Si estuvieran los bordes sumergidos en diferentes soluciones, sería necesario separarlos mediante una lámina semipermeable o un puente salino. No obstante, en el presente trabajo la solución será la misma para ambos electrodos. Dichos bordes son los que estarán conectados a los cables que llevan a la pila que suministra una tensión. Cuando los alambres están conectados, cerrando el circuito, los electrones del zinc se oxidan a iones zinc (II) y estos se mueven dirigiéndose al electrodo de cobre llevando a la reducción de este (véase Ecuación 2-4). La explicación de por qué se mueven esos iones al electrodo opuesto está relacionada con la diferencia de potencial que haya presente en la celda. Cuando los elementos poseen una mayor conductividad, es decir, son electrolitos más fuertes, son más idóneos para conducir la electricidad. Por lo tanto, hay más diferencia de potencial.



Ecuación 2-4 Reacción en una celda voltaica.

El circuito se completa dentro de la celda, donde los microorganismos de las vinazas conducen los iones de un polo al otro. Sabiendo esto se busca la optimización del proceso mediante una selección de parámetros que suministren la máxima eficacia que se pueda obtener para la producción de bioelectricidad. Esta producción de electricidad da lugar *a priori* a nuevas ideas en el uso de esta tecnología, como su aplicación en circuitos del hogar reduciendo la factura de la luz o la incorporación del sistema en circuitos con bajas necesidades de intensidad eléctrica.

2.3 Técnicas de optimización

“La velocidad de los cambios tecnológicos, sociales y ambientales es tan vertiginosa que nosotros podemos montar un bellissimo sistema de riesgo que al día siguiente va a quedar obsoleto” asegura Germán Ríos, especialista en riesgo y representante del Banco de Desarrollo de América Latina en Uruguay en Noviembre del 2017. Esta es una de las miles de reseñas que se pueden encontrar en el mundo actual sobre la importancia de estar actualizado. En los últimos años, las herramientas quimiométricas han sido frecuentemente utilizadas para la optimización de procesos. Presenta ventajas puesto que conduce a una reducción en el número de experimentos llevados a cabo con considerable menos trabajo en el laboratorio y la consiguiente reducción del gasto. Actualmente, se permite el desarrollo de modelos que facilitan la evaluación de los resultados, también estadísticas, que estudian la interacción entre diferentes factores para comprobar las variaciones significativas que puedan producirse en los parámetros de interés. Es por esto porque se necesita la optimización. Las técnicas de optimización son el conjunto de métodos para mejorar el funcionamiento de los sistemas actuales, es decir, conseguir la mejor eficiencia de un sistema para obtener el mejor resultado posible [39].

Para optimizar un proceso en el vasto campo de la Química hay que seguir unos pasos fundamentales:

1. **Desarrollo de los métodos:** donde se definirá el objetivo del proceso. Además, en esta etapa habrá que elegir las variables o parámetros que van a ser estudiadas y cómo afectarán a la función objetivo. En una fase más avanzada del proceso podrán también definirse las condiciones para maximizar o minimizar el proceso.
2. **Instrumentación y toma de datos:** en esta etapa se realizarán las medidas pertinentes. En caso de realizar medidas analíticas se tendrá en cuenta el porcentaje de error del instrumento, condiciones en las que se realiza la toma de datos, tanto internas como externas. El número de medidas a realizar dependerá del personal, no obstante, es recomendable analizar la tendencia de las medidas tomadas.
3. **Tratamiento de datos y análisis:** si se hace a raíz de un modelo matemático, se deberán comparar los valores teóricos con los valores experimentales. En cambio, si el proceso es meramente experimental los valores se analizarán para comprobar si se consigue el objetivo o no.

Una vez resumido el proceso a seguir en la mayoría de casos de investigación y optimización se llega al análisis. Es necesario el uso de técnicas para poder comparar datos con otros o realizar las tendencias que siguen los datos tomados en la variable del tiempo. Por suerte, actualmente, se conocen numerosas técnicas para la optimización que implican la renderización de figuras y digitalización de datos, comúnmente conocido como “*Digital Data*” (Figura 2-7).

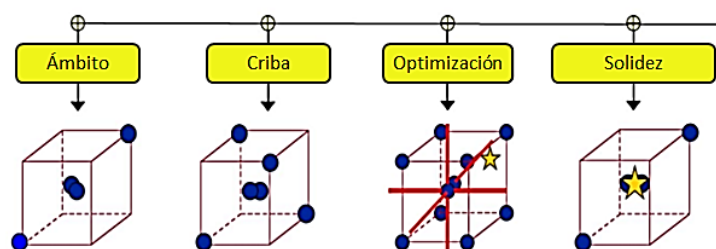


Figura 2-7 Secuencia de trabajo en la optimización en orden- Extraída de [38].

Una de las más conocidas actualmente es la utilización de diseños factoriales y factoriales fraccionados. Este método permite obtener un resultado obtenido de varios datos tomados. Al realizar dicho experimento, se pueden modificar varios valores simultáneamente en vez de uno sólo. En este método se realiza una malla en la cual hay 2^k puntos, siendo k el número de factores variar. En caso de ser fraccionario, se tendrá en cuenta solo 2^{k-p} valores del mallado [40]. En la ecuación el superíndice $k-p$ define la resolución del sistema, donde k serán los factores y p el número de interacciones de los factores. Sin embargo, estos sistemas tienen una resolución baja [41]. Se necesitará una mayor resolución que tenga en cuenta los efectos de las interacciones más significativas (Figura 2-8).

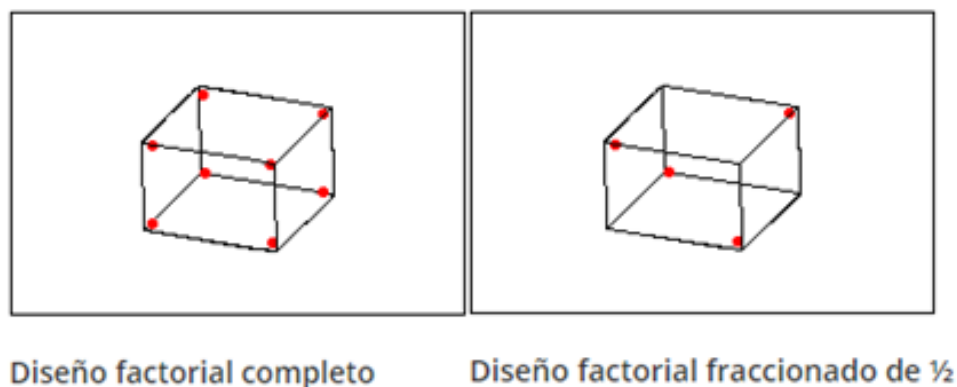


Figura 2-8 Croquis de diseño factorial completo y fraccionado- Extraída de [39].

Sin embargo, este sistema se puede llegar a ser muy complejo si aumenta el número de variables. Para llevar a cabo una tecnología optimizadora con un número considerable de variables habrá que aplicar técnicas de optimización de multivariantes a mayor escala. Por lo tanto, se va a proceder a explicar los procesos de optimización de Plackett-Burman y Box-Behnken que serán los utilizados en el presente Trabajo de Fin de Grado.

2.3.1 Plackett-Burman

El proceso de optimización Plackett-Burman fue creado en 1946 por Robert L. Plackett y J.P. Burman en Inglaterra. El propósito de este proceso es determinar la influencia de ciertas variables en un experimento, con el objetivo de observar cómo influyen en la optimización. No es más que un proceso con L niveles y $L-1$ variables. Se genera una tabla con $L(L-1)$ combinaciones cuyos valores dependen de un valor numérico, en este caso, uno en valor positivo y otro en negativo. Las combinaciones se reproducen en cada celda con un número, por lo tanto la tabla tendrá en todas sus celdas ese número pero con signo positivo o negativo. Aplicándolo al experimento se varían las variables asociando el valor mínimo de una variable con el mínimo de la Tabla 2-2 y viceversa [42].

	A	B	C	D	E	F	G
1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1
2	-1	1	1	1	-1	-1	1
5	-1	-1	-1	1	1	-1	1
4	-1	1	-1	-1	1	1	1
7	1	-1	-1	1	1	1	-1
8	1	1	1	-1	1	-1	1
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1

Tabla 2-2 Ejemplo de tabla aplicando Plackett-Burman- Autoría propia.

Se suele alterar el orden de las filas de forma que no haya influencia entre cada uno de los experimentos, es decir, que cada uno sea totalmente diferente. Incluso, se genera el código de valores

de la tabla aleatoriamente, así se suministrarán combinaciones con menor similitud. Una vez realizada esta tabla y habiendo tomado en el laboratorio las medidas pertinentes, se introducen los datos obtenidos en una columna aparte y, en el caso de este Trabajo de Fin de Grado, se utilizará un programa informático (STATISTICS) para obtener cuáles son las variables que favorecen la optimización del experimento en cuestión. Además, se obtendrán gráficos como Diagramas de Pareto con la relación de variables, si influyen positiva o negativamente, y superficies en dos y tres dimensiones de cómo varía el resultado obtenido con las variables más influyentes. Con este método se puede conseguir determinar cuáles son los factores más significativos y, a raíz de este conocimiento, aplicar otro método de optimización para determinar cuál o cuales son las condiciones idóneas de los factores para obtener el mayor rendimiento del experimento.

2.3.2 Box-Behnken

Creados por George P. Box y Donald Behnken en 1960. Para definir más fácilmente este diseño, se clasificarán los datos del BBD⁸ en dos tipos: variables y respuestas o datos. Pero en este punto cabe preguntarse por qué se necesita usar un modelo cuadrático y no un modelo lineal [43]. Pues bien, se desea obtener una superficie de respuesta y se sospecha que esta posee una curvatura puesto que no varían linealmente la relación de variables y datos. Para conseguir la optimización correcta en estos casos se deberá modelar una superficie con curvatura a partir de la adición de términos cuadráticos. Es por eso por lo que se usa el BBD. BBD es un diseño incompleto de tres niveles, combinando diseños factoriales con otros diseños de bloque incompletos de una manera particular. Además, fueron introducidos para limitar el número de parámetros crecientes y el tamaño de la muestra. El tamaño de la muestra se mantiene en un valor que permita la estimación de los coeficientes en un segundo grado aproximado a una ecuación polinomial (véase Ecuación 2-5). En el BBD, el conjunto de la muestra corresponde a un diseño factorial de dos niveles repetido sobre diferentes combinaciones de parámetros. Los parámetros que no están incluidos en el diseño factorial de dos niveles, se pondrán en su valor medio. Esto es fundamental para poder mapear una región de superficie de respuesta (véase Figura 2-9), para saber interpretarla y para seleccionar las condiciones operativas que se deben de cumplir con las especificaciones [44].

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_1x_2 + b_5x_1x_3 + b_6x_2x_3 + b_7x_1^2 + b_8x_2^2 + b_9x_3^2$$

Ecuación 2-5 Polinomio que constituye la base de la obtención de datos BBD.

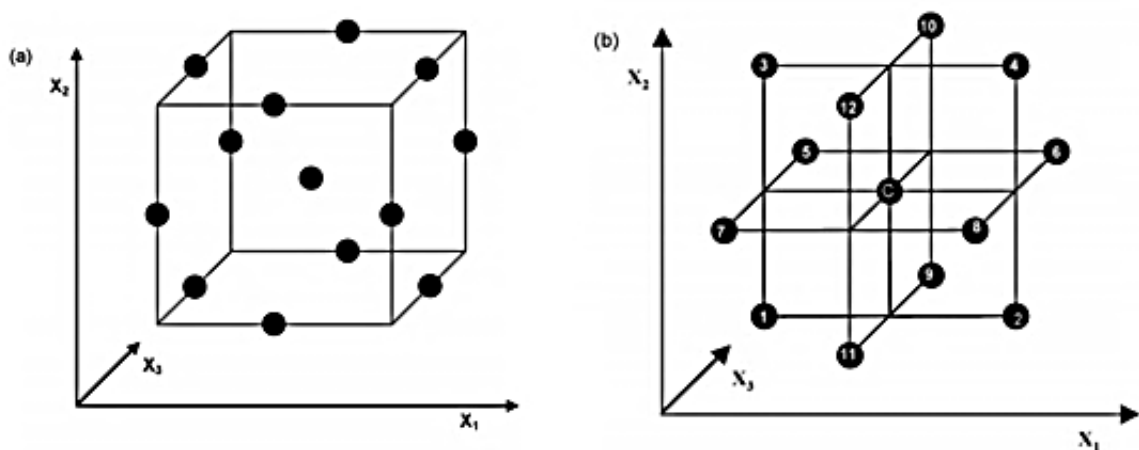


Figura 2-9 Representación gráfica de los valores de los factores en un BBD- Extraída de [41].

Se deben seleccionar las tres variables más influyentes e independientes entre sí en el experimento, en el presente trabajo se seleccionarán previamente con el método Plackett-Burman. Una

⁸ Box-Behnken Design.

vez seleccionadas, (p.ej., temperatura, presión, y concentración) se representarán los valores mínimos, medios y máximos de dichas variables para aplicar BBD (véase Figura 2-10).

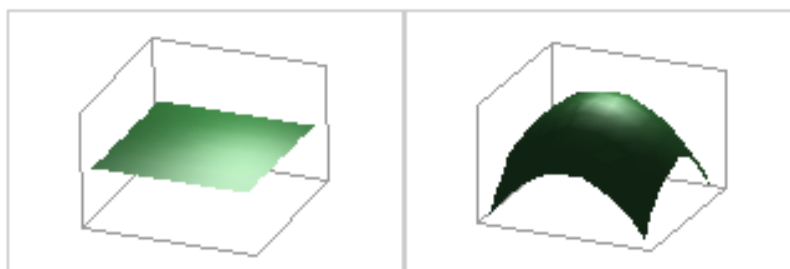


Figura 2-10 (Izda.) superficie de diseño sin curvatura. (Dcha.) con curvatura- Extraída de [42].

Una vez seleccionadas se realiza una tabla tal que en la primera columna se referencia a los experimentos a realizar y en la primera fila se introducen las tres variables independientes. Además, a la derecha de la tabla, se introduce espacio para los resultados obtenidos de las variables dependientes analizadas. De manera similar al subapartado 2.3.1, *Plackett-Burman*, los valores de las variables independientes se asocian a números, pero en este caso el mínimo valor a menos uno, el valor medio a cero y el valor máximo a uno, con el objetivo de que la diferente magnitud de las variables empleadas no produzca una desviación en los resultados obtenidos en el tratamiento estadístico. Una vez obtenida la tabla (Tabla 2-3) e introduciendo los datos medidos del experimento y con la ayuda del programa STATISTICS se obtendrán las mejores combinaciones optimizadas, además de una superficie de respuesta con curvatura. El BBD consigue estudiar la combinación de interferencia de variables de forma más efectiva que el Plackett-Burman. A ambos pueden se les puede configurar el orden de las muestras de forma secuencial o aleatoria, siendo más adecuada esta última, como ya se ha citado previamente con el objetivo de no interferir entre muestras del experimento.

Exp.	Variables independientes codificadas			Variables dependientes codificadas		
	x1	x2	x3	y1	y2	y3
1	0	-1	-1			
2	0	1	-1			
3	0	-1	1			
4	0	1	1			
5	-1	-1	0			
6	-1	1	0			
7	1	-1	0			
8	1	1	0			
9	-1	0	-1			
10	-1	0	1			
11	1	0	-1			
12	1	0	1			
13	0	0	0			
14	0	0	0			
15	0	0	0	Datos medidos		

Tabla 2-3 Ejemplo de tabla con el método BBD- Autoría propia.

En este trabajo se resalta la importancia de ambos procesos de optimización, de características similares pero con distinta finalidad. El primero facilitará la elección de parámetros y el segundo la combinación de estos que más rendimiento suministra. Habiendo definido ambos procesos y establecidas las bases de estos, se va a proceder a definir el recorrido del experimento y los materiales usados.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Recursos utilizados

Materiales y reactivos de laboratorio empleados:

1) Celda electrolítica:

- 2 vasos de precipitado de 250 ml.
- 1 vaso de precipitado de 100 ml.
- NaOH 1M.
- HCl 1M.
- 1 fuente de alimentación.
- Cátodo de zinc.
- Ánodo de cobre.
- Vinaza (disponible 3L.).
- NaCl (puro, cristalino).
- Extracto de levadura.
- Protoboard.
- Dos resistencias de 100 Ω (ohmios) cada una.
- Agitador/calentador “SH-2”.
- Medidor de pH.

2) Elementos de medición y análisis de resultados:

- Báscula “*BLAUSCAL*”.
- Cronómetro digital.
- Termómetro digital de *HANNA*.
- Arduino.
- Software específico.
- Tacómetro.

3) Elementos de manipulación y reguladores de los experimentos:

- Ordenador con programa software de Arduino IDE.
- Software STATISTICS.

Para determinados materiales empleados se especifican a continuación los detalles más relevantes en cuanto a su uso en el laboratorio.

3.1.1 Fuente de alimentación y protoboard

En el presente proceso no se dispone de una fuente de alimentación como tal, al ser un voltaje pequeño lo que se va a aplicar. Lo suministra el puerto USB⁹ de un ordenador a través del Arduino a la protoboard, ofreciendo un voltaje de 5 V.

Una protoboard (placa de pruebas) es un tablero con orificios que se encuentran conectados eléctricamente entre sí de manera interna, habitualmente siguiendo patrones de líneas, donde se insertan componentes electrónicos unidos mediante cables. Está compuesto por un material aislante y uno conductor que relaciona los orificios entre sí [45]. Se divide en tres zonas (Figura 3-1):

- **Canal central:** zona que recorre el medio de la protoboard.
- **Buses:** zonas localizadas en los extremos de la protoboard, estas zonas conectan los componentes electrónicos en serie horizontalmente y paralelo verticalmente.
- **Pistas:** constituyen las dos bandas que se posicionan en ambos lados del canal central. Al contrario que los buses, verticalmente los componentes se conectan en serie y horizontalmente en paralelo.

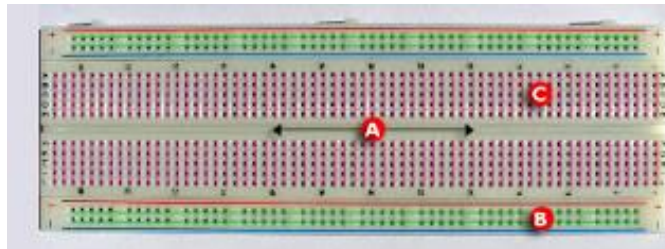


Figura 3-1 A: Canal central, B: Buses, C: Pistas- Extraída de [43].

3.1.2 Arduino

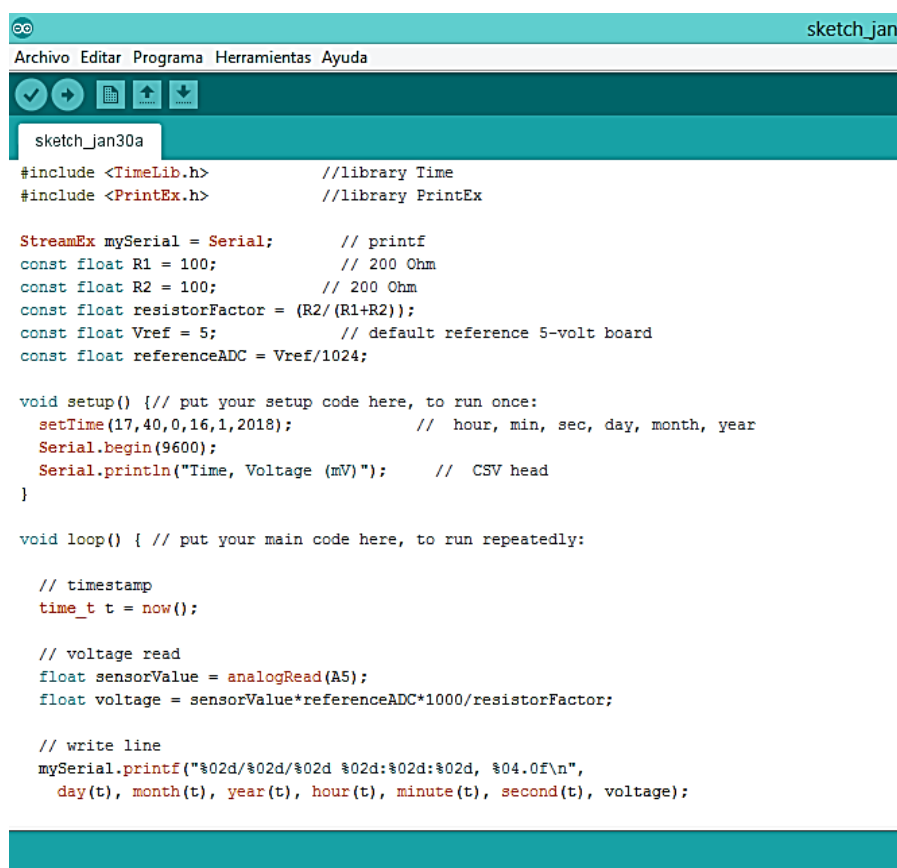
Un Arduino es una placa de desarrollo de hardware que permite la construcción de dispositivos digitales e interactivos con el fin de ejecutar un código que pueda medir, manejar un objeto, actuar de sensor y una infinidad de objetivos más (Figura 3-2). Se crea bajo el amparo del concepto DIY (Do It Yourself), para que un usuario con unos conocimientos escasos sobre el ámbito informático pueda, con sencillos códigos, digitalizar una idea.



Figura 3-2 Arduino Uno R3 Clone- Extraído de [43].

Es un aparato con pequeñas dimensiones y muy barato. Este posee en el extremo de arriba a la izquierda un puerto USB para conectarse a un dispositivo electrónico que pueda soportar el software sobre el que asienta el código y ejecuta la placa de hardware. Soporta varios programas como Java, C++, incluso Matlab. No obstante, en el presente experimento se va a ejecutar el Arduino con el software de la casa Arduino, the Arduino IDE (Figura 3-3), programa de gratuita instalación y sencillo de sencillo manejo [46].

⁹ Ultra Serial Bus.



```

sketch_jan30a
#include <TimeLib.h>           //library Time
#include <PrintEx.h>           //library PrintEx

StreamEx mySerial = Serial;    // printf
const float R1 = 100;          // 200 Ohm
const float R2 = 100;          // 200 Ohm
const float resistorFactor = (R2/(R1+R2));
const float Vref = 5;          // default reference 5-volt board
const float referenceADC = Vref/1024;

void setup() { // put your setup code here, to run once:
    setTime(17,40,0,16,1,2018); // hour, min, sec, day, month, year
    Serial.begin(9600);
    Serial.println("Time, Voltage (mV)"); // CSV head
}

void loop() { // put your main code here, to run repeatedly:

    // timestamp
    time_t t = now();

    // voltage read
    float sensorValue = analogRead(A5);
    float voltage = sensorValue*referenceADC*1000/resistorFactor;

    // write line
    mySerial.printf("%02d/%02d/%02d %02d:%02d:%02d, %04.0f\n",
        day(t), month(t), year(t), hour(t), minute(t), second(t), voltage);
    }
    
```

Figura 3-3 ‘Sketch’ del software “the Arduino IDE”- Código de autoría propia.

3.1.3 Electrodos

Se va a emplear dos electrodos de cobre, actuando como ánodo, y zinc, actuando como cátodo (véase Figura 3-4). Ambos se introducirán en el vaso de precipitado del experimento, de 250 ml. Los electrodos tienen la misma medida de ancho por largo (10x2cm), no obstante distinto espesor, debido a la naturaleza de estos para que puedan ser usados en el vaso de precipitado, pues si fueran más ligeros podrían interferir negativamente en el experimento. Los electrodos se sumergen en el electrolito y se sumergen parcialmente. El tamaño no condiciona la diferencia de potencial soportada por los electrodos, pero sí condiciona el tiempo de vida de los electrodos, y como consecuencia, la frecuencia con la que hay que cambiar los electrodos.

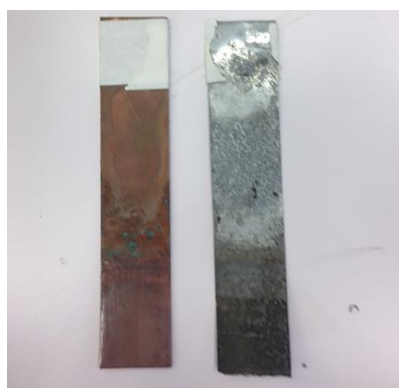


Figura 3-4 Electrodos de cobre y zinc, respectivamente, después de la primera etapa del experimento.

3.1.4 Vinaza

Se posee una garrafa convencional de residuos de vino (véase Figura 3-5) ya en un proceso fermentado de 5 litros que se utilizará diluido en agua destilada y actuará como electrolito entre ambos

electrodos. Una de las razones por las que se realiza una dilución es porque el estado de fermentación de la vinaza es muy avanzado y esto le suministra una gran viscosidad.

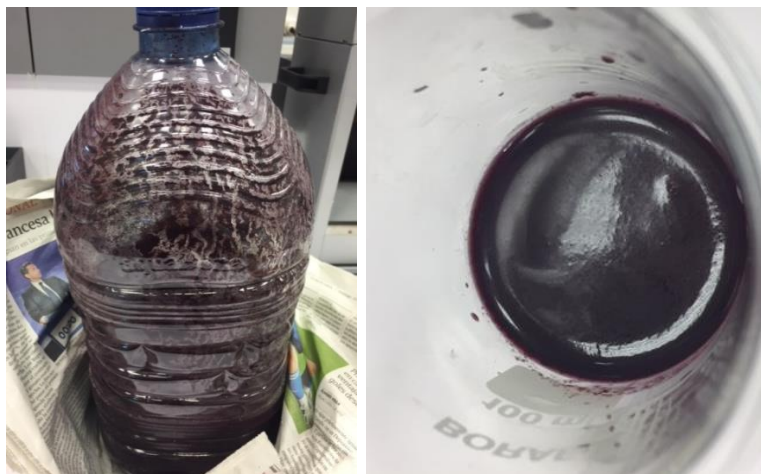


Figura 3-5 (Izda.) recipiente de almacenaje de la vinaza. (Dcha.) aspecto físico de la vinaza.

En cuanto a los recipientes, se hará uso de cuatro vasos de precipitado de 250 ml y uno de 100 ml para los experimentos realizados, independientemente de si el volumen de la disolución es de 50 ml o 100 ml. El uso del vaso de precipitado de 100 ml tiene como finalidad depositar la vinaza sin diluir. Se escogen estos volúmenes con el objetivo de disponer de espacio para introducir los electrodos en el mismo vaso, además de la barrita agitadora, el medidor de pH y, en ocasiones, el termómetro (véase Figura 3-6).

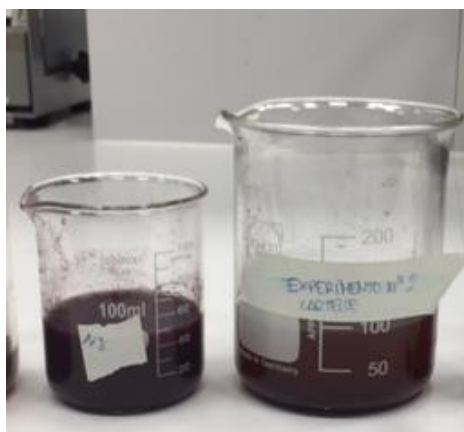


Figura 3-6 Vasos de precipitado de 250 ml y 100 ml.

3.1.5 Agitador/Calentador

El agitador/calentador “Sh-2” tiene capacidad para agitar y calentar simultáneamente (véase Figura 3-7). Se empleará para variar la temperatura y el movimiento de los microorganismos de las vinazas. Este tiene la capacidad de calentar rápidamente y distintas velocidades de agitación. En el experimento cuando haya que usar agitación, se ajustará a la máxima agitación posible, empleando un agitador magnético. El calor aplicado es ajustable sin escalonamientos, lo que significa que se hará uso de un termómetro para ajustar la temperatura manualmente.



Figura 3-7 Agitador/calentador "Sh-2".

Para la agitación, que es una variable independiente, se necesita ser más exactos para cuantificar las revoluciones por minuto. Para ello, se hace uso de un tacómetro, con el que será posible escalar las revoluciones del agitador.

3.1.6 Reactivos empleados para la modificación del electrolito

El electrolito empleado en este experimento, la vinaza, se modificó en la primera fase de laboratorio para buscar en qué condiciones se maximiza la producción de energía. Así, en algunos de los experimentos se modificó la vinaza inicial añadiendo cloruro de sodio, con el objetivo de comprobar si la adición de un electrolito adicional aumenta la eficacia del proceso. Por otro lado, se incubó la muestra inicial con 1g/L de levadura, a 28 °C durante 24 horas, para comprobar si la conducción mejora con el recuento de microorganismos. Finalmente, se evaluó si la eficacia del electrolito se veía afectada por su pH, como se describirá en el subapartado 3.2.1, *Primera etapa del experimento*.

3.2 Métodos

En el presente subapartado, se presentará el montaje del experimento realizado, además de los parámetros analizados y sus rangos de variación, tanto para el cribado de la primera etapa, como para la optimización de la segunda. Se explicará el procedimiento seguido cronológicamente.

3.2.1 Montaje del circuito

Se dividirá en dos partes, la primera se basará en cómo físicamente se ha montado el circuito. La segunda parte se basará en realizar una explicación del código introducido en el software del Arduino. Comenzando por lo general, en la Figura 3-8 se observa de izquierda a derecha: el vaso de precipitado con la vinaza, protoboard, Arduino y la conexión USB de 5V al ordenador.

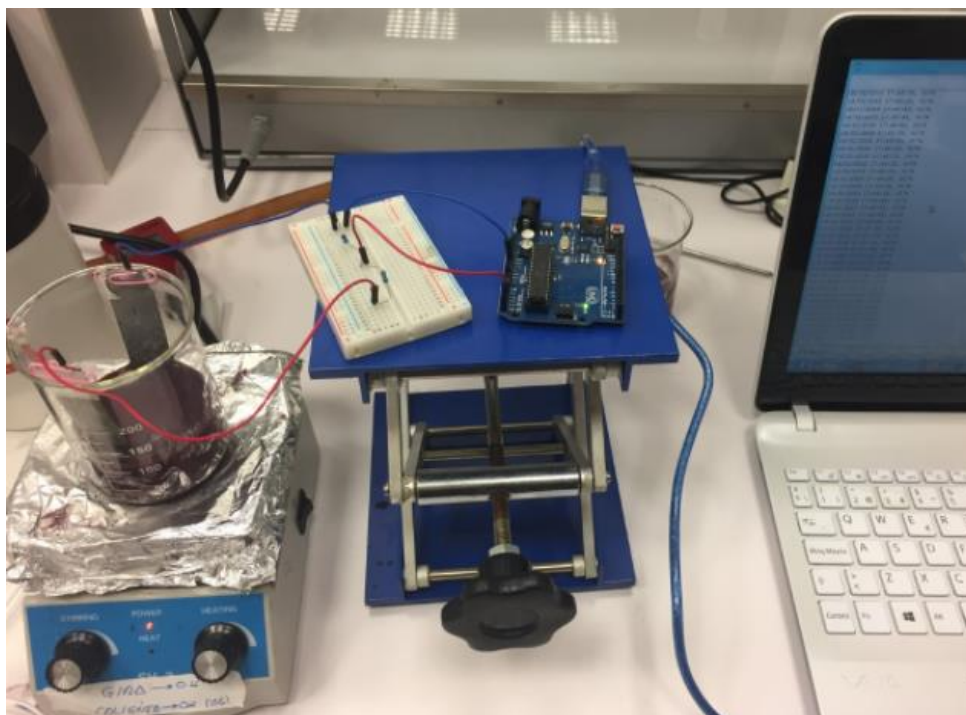


Figura 3-8 Montaje del circuito en el laboratorio.

3.2.1.1 Montaje físico

El circuito comienza con la incorporación del Arduino al puerto USB, en el Arduino se conectan dos cables (Figura 3-9). El cable azul se conecta al puerto del Arduino que representa la masa o tierra (GND). El otro extremo del cable azul se conecta a la protoboard. En paralelo, se conecta una resistencia de $100\ \Omega$ y un cable que irá al cátodo de zinc.

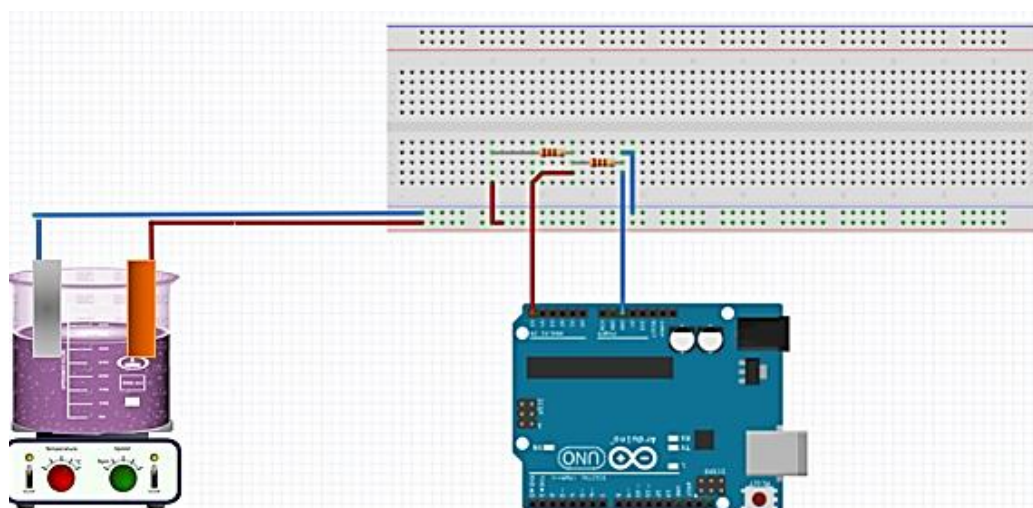


Figura 3-9 Esquema del montaje- Autoría propia.

Por otro lado, el cable rojo se conecta por un extremo al Arduino por una de sus entradas. Por el otro extremo, como el cable azul, a una resistencia en paralelo de $100\ \Omega$ y esta a otro cable que irá al ánodo de cobre. Aunque el uso de dos resistencias de $100\ \Omega$ en paralelo genera una transformación de energía eléctrica en energía calorífica, son necesarias para estabilizar el circuito. El montaje eléctrico es un divisor de tensiones. Si se conectase la celda electrolítica directamente a los puertos analógicos del Arduino, estos resultarían dañados puesto que la máxima tensión de intensidad que pueden soportar es del orden de decenas de mA. Por ello, el montaje de resistencias ayudan a disminuir la intensidad que llega al Arduino [47].

Antes de sumergir los electrodos en la vinaza por primera vez deben lijarse para quitar las impurezas adheridas a la superficie. Después del lijado, se limpian con etanol puro y se lavan con agua destilada con la intención de que varíen lo menos posible los datos obtenidos por el lavado, ya que, si se aplicara agua de grifo sobre ellos, el cloro (Cl) añadiría conductividad. El secado se realiza con papel nuevo de laboratorio, para que contenga las menores impurezas posibles.

Tanto el cátodo como el ánodo van sumergidos en la disolución de la vinaza en el vaso de precipitado (Figura 3-10). Una vez que el experimento se pone en funcionamiento van apareciendo los valores de diferencia de potencial medidos por el Arduino en pantalla.

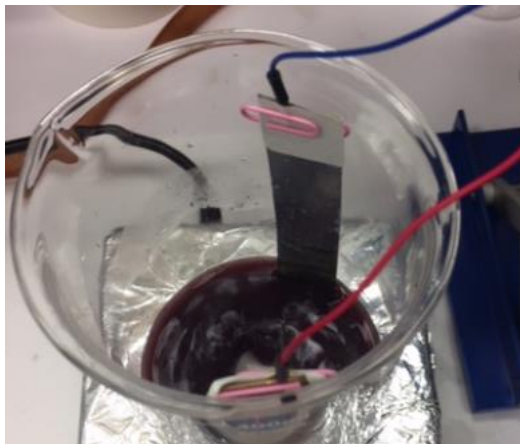


Figura 3-10 Disolución con el cátodo y el ánodo unidos al circuito mediante los cables.

Los cables van unidos al ánodo y cátodo mediante cinta aislante y un clip superpuesto, de manera que se encuentre en continuo contacto el extremo del cable con el electrodo (Figura 3-10). Es importante reseñar que el cátodo y el ánodo no deben estar en contacto en ningún momento, puesto que se produce un cortocircuito cuando esto pasa y se alteran las medidas suministradas por el Arduino.

3.2.1.2 Código de configuración del Arduino

Se va a proceder a analizar el código utilizado en el experimento, resaltando las funciones más relevantes, comentando el código a medida que se fue programando, con el siguiente formato:

En primer lugar, el término “include” se utiliza para introducir la librería, introduciendo <TimeLib.h> y <PrintEx.h> conseguimos obtener códigos referentes al tiempo y al lenguaje que se procede a usar.

```
#include <TimeLib.h>;
#include <PrintEx.h>;
```

A continuación, se necesita establecer el formato de la introducción de datos en el software, para ello se usó el código <StreamEx>.

```
StreamEx mySerial = Serial;
```

Con esta parte de funciones del código se introducen los datos de los componentes electrónicos: las resistencias y su disposición (en paralelo), el voltaje aplicado y su conversión a digital dividiéndolo entre 1024, se debe Con esta parte de funciones del código se introducen las datos de los componentes electrónicos: las resistencias y su disposición (en paralelo), el voltaje aplicado y su conversión a digital dividiéndolo entre 1024, pues la precisión del convertidor A/D es de 10 bit, por lo tanto $2^{10} = 1024$. Además, el comando <const int CNT=5> se introduce para que, en cada período de tiempo, realice cinco medidas en un valor predeterminado de tiempo.

```
const int CNT = 5;
const float R1 = 100;
const float R2 = 100;
```

```
const float resistorFactor = (R2/(R1+R2));  
const float Vref = 5;  
const float referenceADC = Vref/1024;
```

Continúa con las funciones <voidsetup> y <setTime> para establecer la fecha a la que comienza la toma de datos del experimento. Los dos siguientes <serial> son para diseñar la interfaz que aparece cuando se ejecuta el programa, apareciendo la fecha y, posteriormente, la diferencia de potencial en mV. A raíz de esto, el software genera un bucle que se repite en cada proceso, estableciendo el tiempo donde va a empezar a trabajar el Arduino con el código anteriormente nombrado.

```
void setup() {  
    setTime(11,34,0,15,1,2018);  
    Serial.begin(9600);  
    Serial.println("Time, Voltage (mV)");  
}
```

El bucle generado por el software contiene la entrada analógica que físicamente va a ser usada en el Arduino (A5). También refleja que se van a acumular los cinco datos tomados, con una separación de una décima de segundo y, posteriormente, realizará una media aritmética de los valores para suministrar un solo voltaje en la interfaz cada cierto tiempo. Esta media se realiza para evitar el rizado que se produce en el análisis del circuito. No es más que un filtrado que se realiza a partir de dicha media aritmética y hace la toma de datos más estable. El valor tomado se procesa con una precisión de ± 5 mV, suficiente para que el experimento se considere válido.

```
void loop() {  
    // timestamp  
    time_t t = now();  
    // read average voltage  
    float accu = 0;  
    for(int i=0; i<CNT; i++)  
    {  
        float sensorValue = analogRead(A5);  
        //Serial.println(sensorValue);  
        //Serial.println(referenceADC);  
        float sensorVolts = sensorValue*referenceADC*1000/resistorFactor;  
        accu = accu + sensorVolts;  
        delay(1000);  
    }  
    float voltage = accu/CNT;
```

Para finalizar, la función <mySerial.printf> está destinada a establecer el formato de aparición de los datos, siendo accesible para el usuario que interprete la interfaz, apareciendo en pantalla cada diez segundos la media del voltaje calculado en cada ciclo.

```
mySerial.printf("%02d/%02d/%02d %02d:%02d:%02d, %04.0f\n",  
    day(t), month(t), year(t), hour(t), minute(t), second(t), voltage);  
// delay(1 * 10 * 1000UL - CNT*1000UL)  
delay(5000);  
}
```

```
Time, Voltage (mV)  
18/01/2018 11: 32: 00, 0256  
18/01/2018 11: 32: 10, 0240  
18/01/2018 11: 32: 20, 0199  
18/01/2018 11: 32: 30, 0184  
18/01/2018 11: 32: 40, 0172  
18/01/2018 11: 32: 50, 0164
```

18/01/2018 11:33:00, 0217
 18/01/2018 11:33:10, 0189
 18/01/2018 11:33:20, 0180
 18/01/2018 11:33:30, 0191
 18/01/2018 11:33:40, 0197
 18/01/2018 11:33:50, 0195
 18/01/2018 11:34:00, 0195
 18/01/2018 11:34:10, 0193
 18/01/2018 11:34:20, 0197
 18/01/2018 11:34:30, 0193
 18/01/2018 11:34:40, 0186

3.2.2 Primera etapa del experimento: análisis de las variables más influyentes mediante el ensayo Plackett-Burman

En la primera etapa del trabajo se analizan las variables que más influyen en el proceso de obtención de electricidad a partir de las vinazas. Esta etapa ocupa en el presente Trabajo de Fin de Grado dos semanas, las cuáles comienzan mediante el diseño Plackett-Burman en el que se seleccionan siete variables. A cada una se le asigna un valor mínimo y máximo y se realizan un total de ocho experimentos. La tabla de Plackett-Burman se obtiene del programa STATISTICS, como se refleja en el subsubapartado 2.3.1 *Plackett-Burman*. La Tabla 3-1 es la que se ha utilizado en la primera etapa.

Standard Run	Design: 2**(7-4) design (Spreadsheet1)						
	Concentración	pH	Temperatura	Agitación	[NaCl]	[Levadura]	Relación electrodo:s
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1
3	-1	1	-1	-1	1	-1	1
2	1	-1	-1	-1	-1	1	1
5	-1	-1	1	1	-1	-1	1
8	1	1	1	1	1	1	1
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1
4	1	1	-1	1	-1	-1	-1
6	1	-1	1	-1	1	-1	-1

Tabla 3-1 Plackett-Burman utilizado en la 1ª etapa de la optimización-Autoría propia.

Se estudiarán las siguientes variables independientes, incluyendo entre paréntesis sus rangos de variación:

- Concentración del electrolito, diluido en H_2O (1:4-1:2).
- pH (pH nativo y pH dos unidades por encima).
- Temperatura (Temperatura ambiente- Temperatura entre 10° y 15 °C mayor).
- Agitación (con o sin agitación).
- Electrolito adicional, efecto de la adición de $NaCl$ (sin sal y con sal 10 % del volumen).
- Microorganismos adicionales, efecto de la adición de extracto de levadura (sin levadura y añadiendo 1g/L).
- Ratio del electrodo en 50 y 100 ml.

Teniendo los parámetros establecidos que se sincronizan con Plackett-Burman, se obtiene la Tabla 3-2, con el resumen de las modificaciones realizadas en los experimentos.

	Concentración	pH	Temperatura	Agitación	NaCl	Levadura	Relación electrodo:s
1	1:4	Nativo	Ambiente	Con	Con	Con	50 ml
3	1:4	+2 Uds.	Ambiente	Poca	Con	Sin	100 ml
2	1:2	Nativo	Ambiente	Poca	Sin	Con	100 ml
5	1:4	Nativo	+10°-15°C	Con	Sin	Sin	100 ml
8	1:2	+2 Uds.	+10°-15°C	Con	Con	Con	100 ml
7	1:4	+2 Uds.	+10°-15°C	Poca	Sin	Con	50 ml
4	1:2	+2 Uds.	Ambiente	Con	Sin	Sin	50 ml
6	1:2	Nativo	+10°-15°C	Poca	Con	Sin	50 ml

Tabla 3-2 Plackett-Burman con los parámetros a aplicar.

En primer lugar, se realizaron diferentes pruebas con un polímetro para comprobar que el código estaba bien diseñado y no había ningún material dañado. Una vez comprobado se llegó a la conclusión de que había un error reflejado menor de 2 % que se tendrá en cuenta en la precisión del experimento.

Una vez realizada esta prueba, se prepararon las disoluciones necesarias para la primera fase. Se prepararon los cuatro vasos de precipitado que contenían como característica la adición de microorganismos (extracto de levadura o “*yeast extract*”), que se dejaron fermentar durante veinticuatro horas para favorecer el desarrollo de un mayor recuento de microorganismos que provoque un efecto observable en la producción de electricidad.

En cuanto a la concentración del soluto se eligieron las concentraciones 1:4 y 1:2, que son las que proporcionan más facilidad al investigador para preparar las medidas de los vasos de precipitado. Elegir otras opciones no supone ningún cambio en los resultados del programa STATISTICS, puesto que, como se ha mencionado, se busca encontrar cuales son las variables más influyentes, del mayor voltaje posible, que no dependen de la concentración de la disolución. La vinaza se disuelve en agua destilada.

En cuanto al pH, la variación de este se produce mediante la adición de ácido (*HCl*) o base (*NaOH*). Se realizan los cambios de pH cuidadosamente para que se produzca una amortiguación correcta (Figura 3-11) [48].

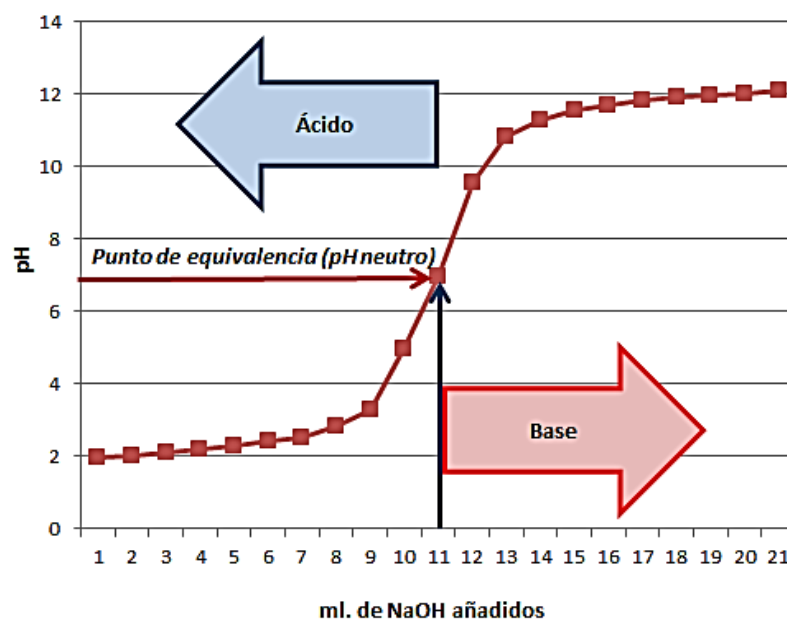


Figura 3-11 Influencia de la adición de ácido o base a una disolución- Extraído de [48].

Durante el desarrollo del presente experimento se percibe el cambio de propiedades físicas como el color o turbidez (véase *Anexo I: Diferentes aspectos de la vinaza*). Cuando más se incrementa el pH cambia a un color más oscuro.

El ajuste de la temperatura en la disolución se realiza mediante la placa calefactora modelo “Sh-2”. Este calentador, como ya se ha mencionado, no es escalable, por lo tanto se variará la temperatura hasta que se mantenga estable entre el rango de valores deseado (10-15 °C mayor). Por lo tanto, es necesario el uso de un termómetro (véase Figura 3-12). No se ensayaron valores de temperatura superiores puesto que al existir microorganismos en la vinaza es necesario que estos se mantengan en actividad. Cada microorganismo tiene un intervalo óptimo de temperaturas para su actividad. La presencia de alcohol reduce el óptimo a 26-28 °C. Las bacterias lácticas requieren 16-18 °C para crecer a una velocidad considerable. Sin embargo, las bajas temperaturas ralentizan el crecimiento y la actividad de los microorganismos, pero no los inactivan ni los eliminan del sistema [49]. Es por eso que la vinaza se almacena en una nevera a bajas temperaturas, para minimizar la variación de actividad de los microorganismos de un día para otro. Un posterior aumento de la temperatura reiniciará el proceso de activación. Por el lado contrario, si la temperatura aumenta más de 35 °C los microorganismos ralentizan su actividad, siendo eliminados.

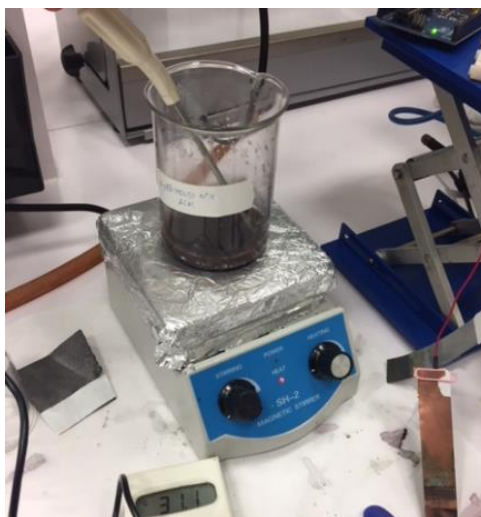


Figura 3-12 Muestra n°7 obteniendo datos de temperatura.

Por lo tanto, se realiza un estudio de la temperatura ambiente del laboratorio y esta varía entre los días que se realiza el experimento entre 2°-3 °C, ajustando el aumento de temperatura teniendo en cuenta este cambio.

La agitación durante el transcurso del tiempo de la toma de datos de las muestras que lo requieren se suministra por el mismo aparato que suministra la temperatura. Antes de comenzar con la toma de datos de las muestras se realiza una prueba sencilla en la cual se aplican diferentes agitaciones entre las disponibles a una misma disolución. Al comprobar como afectaba la agitación al proceso se decide aplicar, en las muestras que requieran agitación, la máxima agitación que se pueda obtener del “Sh-2”. Hay que tener en cuenta que si la muestra no incluye agitación, esta de por sí se encuentra presente por varios factores: la precipitación de cloruro de sodio o levadura, la agitación para homogeneizar el ácido y la base añadidos al proceso o el simple movimiento del vaso del precipitado. Por dicho motivo, se considera el valor mínimo de la agitación la que hay presente sin aplicar ningún tipo de movimiento externo a mayores.

En cuanto a la adición de cloruro sódico, se hará uso de una báscula “BAUSCAL”, esta tiene una precisión 0,01 gramos. La adición se realiza proporcionalmente al volumen de la disolución, siendo de 5 gramos para 50 ml y de 10 gramos para 100 ml.

La adición de extracto de levadura actúa como caldo de cultivo suministrando al medio proteínas, aminoácidos y vitaminas del complejo B, entre otros nutrientes. De entre los microorganismos que se espera que se desarrollen durante la fermentación se encuentran *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. La cantidad añadida es de 1 gramo por litro (m/V), por lo que las disoluciones realizadas se mueven entre 0,1 g/L y 0,05 g/L.

Para finalizar, la aplicación de la relación electrodo: disolución se deciden dos medidas, de 50 ml y 100 ml. Estas se aplican en las ocho muestras combinándolas con los dos valores posibles de concentración. El ratio del electrodo define en muchas cuestiones la manera de realizar el experimento, teniendo que normalizar el proceso seguido en las ocho muestras, limitándola siempre por la que tenga la mínima capacidad en diferentes variables. Por ejemplo, la elección del tamaño de la barrita agitadora, con el objetivo de que la agitación sea constante y no se obtenga menor rendimiento porque ésta toque con el ánodo o el cátodo. Otro ejemplo es la cantidad de ácido o base depositada en la muestra, pues no será la misma para una disolución de volumen de 50 ml o de 100 ml.

Una vez definidas las variables y preparadas las muestras, se insertan en el circuito y se procede a la toma de datos con el software de Arduino IDE. Se toman datos durante dieciséis minutos, despreciando el primer minuto para el análisis posterior de los datos. Esto se debe a que la adaptación del ánodo y el cátodo al electrolito puede acarrear un tiempo, produciendo picos de tensión que, simplemente, se almacenan por el mero hecho de conocer cuál es el máximo voltaje obtenido pero no tienen validez a nivel experimental.

Cuando se tienen los datos válidos se almacenan para realizar una tabla con las medias aritméticas de los resultados obtenidos en 1, 5, 10 y 15 minutos de cada una de las muestras, recogiendo en una misma hoja de cálculo para poder clasificarlas y proceder al tratamiento de datos.

Posteriormente, se realizará el análisis de datos con el software informático STATISTICS para aplicar y discutir cuales son las tres variables independientes más influyentes en el rendimiento del proceso de producción de bioelectricidad. Estas variables elegidas, serán las usadas en la siguiente etapa del experimento.

3.2.3 Segunda etapa del experimento: optimización del proceso mediante el diseño factorial incompleto Box-Behnken

Entre la primera y la segunda etapa del experimento se realiza un análisis de los datos obtenidos para poder continuar con el proyecto. Tras la finalización del análisis, se elegirán tres variables que continúan a la siguiente etapa, siendo cribadas todas las demás. Tal y como se explicará con detalle en

el apartado de resultados, las variables seleccionadas han sido la concentración, cloruro de sodio y agitación.

En la presente etapa se usa el método de optimización Box-Behnken, en el que se realizan quince experimentos de dieciséis minutos cada uno, al igual que en la primera etapa, en los cuales se varían los tres parámetros más influyentes de acuerdo a la Tabla 3-3 obtenida.

Standard Run	3 factor Box-Behnken design, 1 block , 15 runs ([N		
	Concentración	Agitación	Adición NaCl
1	0,00000	-1,00000	-1,00000
2	0,00000	1,00000	-1,00000
3	0,00000	-1,00000	1,00000
4	0,00000	1,00000	1,00000
5	-1,00000	-1,00000	0,00000
6	-1,00000	1,00000	0,00000
7	1,00000	-1,00000	0,00000
8	1,00000	1,00000	0,00000
9	-1,00000	0,00000	-1,00000
10	-1,00000	0,00000	1,00000
11	1,00000	0,00000	-1,00000
12	1,00000	0,00000	1,00000
13	0,00000	0,00000	0,00000
14	0,00000	0,00000	0,00000
15	0,00000	0,00000	0,00000

Tabla 3-3 Box-Behnken en STATISTICS.

Los parámetros a usar y sus rangos de variación serán:

- Concentración del electrolito, diluido en H_2O (1:4-1:2-1:1).
- Agitación mínima, media y máxima (100, 3100 y 6200 rpm).
- Electrolito adicional, efecto de la adición de $NaCl$ (2 %, 6 % y 10 % del volumen de la disolución).

Como se hizo en la etapa anterior, se presenta la tabla obtenida del Box-Behnken con los valores aplicados en la presente etapa (véase Tabla 3-4).

	Concentración	Agitación (rpm)	Adición NaCl (%)
1	1:2	100	2
2	1:2	6200	2
3	1:2	100	10
4	1:2	6200	10
5	1:4	100	6
6	1:4	6200	6
7	1:1	100	6
8	1:1	6200	6
9	1:4	3100	2

Concentración		Agitación (rpm)	Adición NaCl (%)
10	1:4	3100	10
11	1:1	3100	2
12	1:1	3100	10
13	1:2	3100	6
14	1:2	3100	6
15	1:2	3100	6

Tabla 3-4 Box-Behnken sincronizado con los parámetros de los valores a usar.

Los parámetros que no se utilizan en la etapa se mantendrán constantes, con el objetivo de no modificar el resultado obtenido con las interacciones de las variables anteriores, como temperatura, pH, mismo ratio electrodo-solución o sin adición de levadura. Es por este motivo por el cual se requiere de un termómetro y de un medidor de pH, comprobando los valores de cada una de las quince muestras antes de tomar los datos, modificándolos, si fuera necesario, para que todas las muestras partan de las mismas condiciones iniciales.

En cuanto a la concentración del electrolito se eligen las concentraciones 1:4, 1:2 y 1:1 por dos motivos. En primer lugar, se discute aumentar la concentración pero se tiene la limitación debido a la cantidad de vinaza disponible para el experimento, que podría ocasionar el consumo de esta más rápida, con la consecuente imposibilidad de realizar todas las muestras. En segundo lugar, la densidad aumentaría significativamente si se aumenta la concentración de la vinaza, se tendrían problemas en la agitación y resultados aleatorios debido a la viscosidad de la mezcla. Las muestras se realizarán todas en vasos de precipitado de 250 ml, que serán reciclados cada día, con la intención de usar dos vasos de precipitado. La disposición de los electrodos será la misma que en la primera etapa.

Al necesitar, mediante el proceso de optimización de Box-Behnken, tres valores: uno mínimo, uno medio y otro máximo, la única manera que se tiene de cuantificar numéricamente la agitación será en revoluciones por minuto (rpm). Para ello, se emplea un tacómetro, que funcionará pegando un adhesivo reflector en uno de los cantos del rotor del agitador. Una vez colocado, se usará el telémetro láser del tacómetro incidiendo perpendicularmente en el rotor, hallando las revoluciones de dicho momento (Figura 3-13).

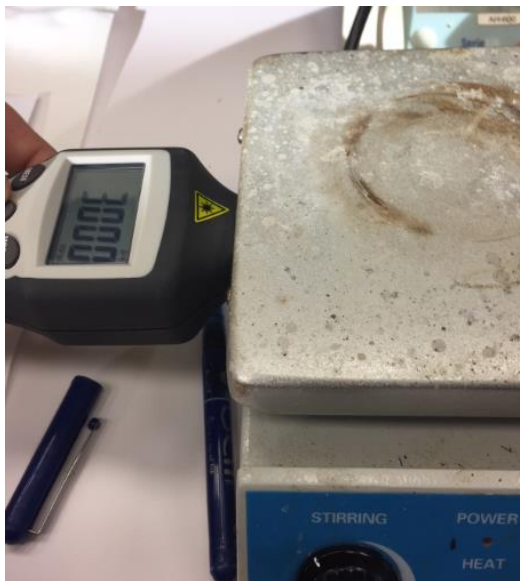


Figura 3-13 Tacómetro midiendo las revoluciones por minuto del agitador.

Se extraen los datos numéricos, consiguiendo de valor máximo en el agitador 6200 rpm. Por este motivo, el valor máximo de rpm serán 6200, el medio 3100 rpm y el mínimo de revoluciones que se puede mantener de manera estable serán 100 rpm. La adición de *NaCl* se limita entre los valores de 2 % y 10 % del volumen del electrolito. Se realizan pruebas con disoluciones con un mayor porcentaje de sal, pero esta no se disuelve en el electrolito, estratificándose en el fondo del vaso del precipitado, sin contribuir a la conductividad. Por lo tanto, en cada una de las muestras se aplica la cantidad de *NaCl* correspondiente al BBD.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Tratamiento de datos en STATISTICS

Este software ha servido para analizar los datos obtenidos en los resultados correspondientes a la variable dependiente de diferencia de potencial junto a las variables independientes que se han ido modificando a lo largo de todos los experimentos. El tratamiento de datos se realiza con el programa Statistics, accediendo al comando Design of Experiments (DOE), donde se creará una tabla de Plackett-Burman para la primera etapa y una Box-Behnken para la segunda etapa (véase Figura 4-1).

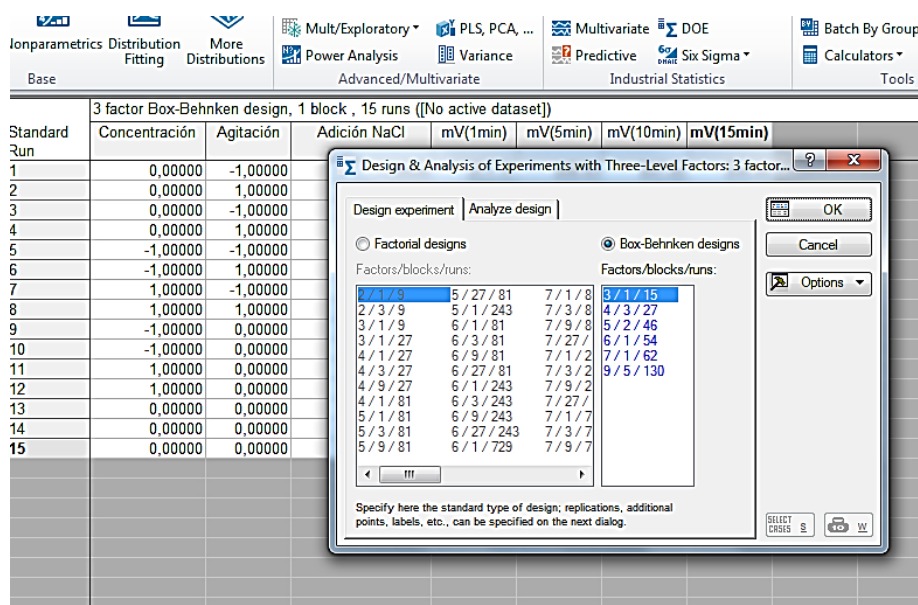


Figura 4-1 Selección de la tabla deseada en STATISTICS.

Siendo común a ambas etapas, se utiliza el software de Microsoft Office Excel (véase Tabla 4-1) para realizar un tratamiento previo de los datos obtenidos, ya que se realizará una media aritmética de los datos obtenidos tras 1, 5, 10 y 15 minutos, calculadas con el valor de la suma de los datos obtenidos en el intervalo de tiempo y dividiéndolos por la cantidad de datos obtenidos en dicho periodo. Con respecto a la toma de datos, en la primera etapa los datos se obtienen cada diez segundos y en la segunda cada cinco.

	EXPERIMENTO n°1	EXPERIMENTO n°2	EXPERIMENTO n°3
MEDIA 1min	222,83	422,50	392,33
MEDIA 5min	195,02	430,87	244,23
MEDIA 10min	194,25	433,63	208,12
MEDIA 15min	189,39	435,73	193,36

Tabla 4-1 Cálculo de las medias de las muestras para los distintos tiempos requeridos de la segunda etapa. Para ver completo ir al Anexo II: Datos obtenidos en el laboratorio.

Conforme se han obtenido las medias de todas las muestras de las respectivas etapas, un total de ochenta y ocho medias (véase *Anexo II: Datos obtenidos en el laboratorio*), estas hay que transcribirlas al software STATISTICS, añadiéndolas como columnas adyacentes de las tablas de Plackett-Burman y BBD (véase Tabla 4-2).

Design: 2**(7-4) design (Spreadsheet1)											
Standard Run	Concentración	pH	Temperatura	Agitación	[NaCl]	[Levadura]	Relación electrodo:s	mV (1 min)	mV (5 min)	mV (10min)	mV (15 min)
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	298,67	291,93	301,03	306,49
3	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	157,83	132,73	121,67	114,04
2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	271,00	235,37	192,20	160,64
5	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	134,00	127,27	123,37	119,11
8	1	1	1	1	1	1	1	415,67	367,03	351,92	338,58
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1	130,50	126,03	117,10	109,10
4	1	1	-1	1	-1	-1	-1	293,00	270,00	264,97	272,43
6	1	-1	1	-1	1	-1	-1	202,50	195,57	189,70	184,22

Tabla 4-2 Introducción de las medias de la variable dependiente- Autoría propia.

4.2 Análisis de datos de la primera etapa con Plackett-Burman

Con los datos obtenidos introducidos en la tabla de Plackett-Burman, comienza el análisis de variables. Ahora, en la Tabla 4-1, se accede a la pestaña de análisis del diseño y aparece un cuadro tal que la Figura 4-2, donde hay que destacar cuales son las variables independientes, es decir, que no dependen las unas de las otras en la obtención de un resultado, y las variables dependientes, obtenidas por la combinación del conjunto de variables dependientes. Como fue explicado en el subapartado 3.2.2, *Primera etapa del experimento*, se marcarán como independientes todas las variables usadas para modificar el experimento. La única variable dependiente será la diferencia de potencial obtenida. No obstante, habrá que repetir el experimento cuatro veces, puesto que, aunque la variable dependiente sea la misma, está calculada para cuatro intervalos de tiempo distintos.

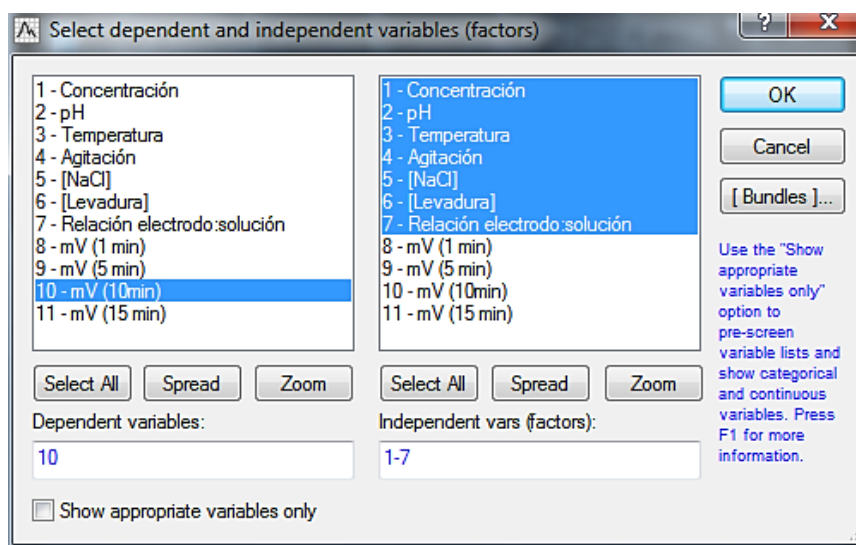


Figura 4-2 Selección de variables en STATISTICS para el proceso de diez minutos.

Una vez seleccionadas las variables, se continúa con el proceso. Aparecen una serie de opciones donde se pueden coger los diagramas, gráficas y tablas que aparecerán a continuación para discutir los resultados. En primer lugar, se definirá cada una de las figuras que se utilizarán:

- **Diagrama de Pareto:** constituye un ilustrativo método de análisis con un sencillo gráfico que facilita la discriminación entre las variables con mayor peso o consideradas vitales, y las de menor peso, o triviales. Permite centrarse en los aspectos cuya mejora tendrá más impacto, optimizando por tanto los esfuerzos. El diagrama presenta una vista sencilla de la gravedad de los problemas, que proporciona las conclusiones necesarias para tomar acción en el experimento o proyecto en cuestión. Se basa en el estudio de distribución de los porcentajes sobre las variables, asignando el 80 % de los problemas al 20 % de las variables y viceversa. Como es obvio, la relación no debe ser 80/20 exactamente, pero ayuda a hacerse una idea de que unas pocas causas contienen la mayoría de los problemas [50, 51]. Para obtener las diferentes categorías de las variables, calcula frecuencias absoluta, absoluta acumulada, relativa y relativa acumulada.
- **Técnica ANOVA:** es una técnica muy utilizada actualmente que es empleada para cuantificar las diferencias o semejanzas entre, en el presente caso, una variable independiente y la variable dependiente [52]. El “*Analysis of Variance*” permite, comparando los resultados, evaluar de forma global el experimento, evitando la subjetividad del observador que se produce si se estudian por separado las distintas soluciones.
Esta herramienta lleva a cabo una suma de cuadrados del tratamiento para mostrar si es más o menos importante la modificación de un parámetro u otro en el transcurso del experimento.
- **Valores observados frente a valores predichos:** es un gráfico que representa una línea con una pendiente $m=1$. De tal manera que si los datos obtenidos y representados en la gráfica coinciden con la línea de ajuste, el valor predictivo del modelo se considera adecuado. También ayuda a comprobar si la varianza de las variables es constante. Así se detecta los casos en que la varianza no es constante y se determina si es preciso efectuar una transformación de los datos o volver a repetir el experimento.
- **Superficie tridimensional ajustada:** es el gráfico que se busca con la realización del experimento. En él se muestra la influencia de dos variables independientes cualesquiera, que serán dos de los ejes, con la variable dependiente. En ambas etapas determina la validez y afianzar el resultado del experimento. Los ejes de las variables independientes se moverán en el intervalo $(-1,2, 1,2)$, mientras que en el eje de la variable dependiente se buscará obtener el máximo valor posible. Se procederá a usar las dos variables más influyentes de manera positiva para determinar la diferencia de potencial obtenida.
- **Coefficientes de correlación:** es un parámetro estadístico utilizado para discriminar los valores considerados significativos en el modelo de ajuste (aquellos con un p-valor menor o igual a 0,05), de aquellos que no se consideran significativos, que son eliminados de la ecuación predictiva.

En cada uno de los siguientes apartados se razonarán los resultados obtenidos y una discusión de estos.

4.2.1 Análisis de los datos para un minuto

Llegados a este punto, se comenzará mostrando los datos para las medias obtenidas en el primer minuto de experimentación (véase Tabla 4-3). Los datos tomados en un minuto están sujetos a picos de tensiones puesto que no se ha estabilizado la disolución. Por lo tanto, presentan una gran utilidad para evaluar la respuesta de la celda a corto plazo, aunque los datos utilizados para la modelización serán siempre en tiempos superiores.

Experimento	mV(1 min)
1	298,67
3	157,83
2	271,00
5	134,00
8	415,67
7	130,50
4	293,00
6	202,50

Tabla 4-3 Valores tomados de tensión durante el primer minuto.

El Diagrama de Pareto (véase Figura 4-3) muestra el efecto que han tenido las siete variables en el primer minuto del experimento. Se obtiene que la variable que más cambios produce en el electrolito es la concentración, seguido de la agitación y levadura. Todas las demás variables afectan positivamente, es decir, contribuyen a la producción de bioelectricidad, excepto la temperatura, que presenta una correlación inversa. La temperatura, cuando aumenta en valor, reduce la movilidad de los microorganismos, observándose mayor diferencia de potencial a temperatura ambiente que a valores superiores.

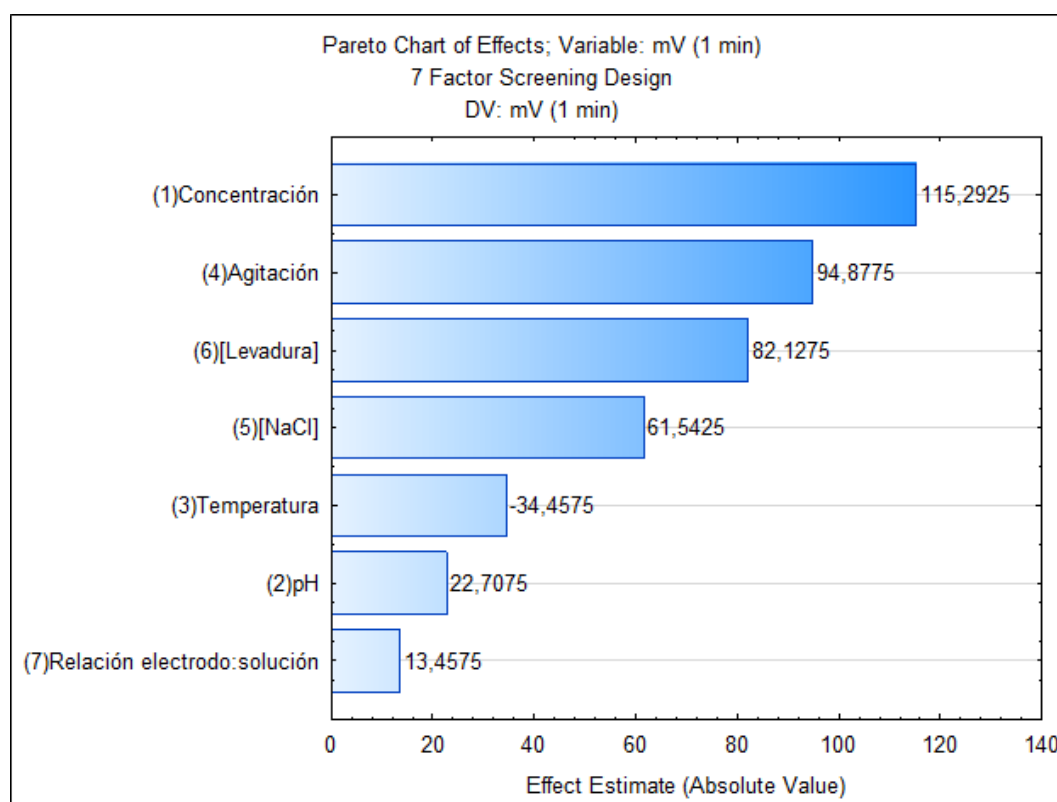


Figura 4-3 Diagrama de Pareto de los valores obtenidos durante un minuto.

Una vez obtenido el Diagrama de Pareto, se comprueba si los valores tomados son los previstos por el programa STATISTICS. Por lo tanto, se genera la Figura 4-4, donde se aprecia que la medición de los datos tomados ha sido muy precisa y no va a generar ningún error residual para la tabla ANOVA. Las medidas tomadas no comparten la misma varianza de los valores. Es decir, la modificación de los parámetros en la disolución, que se pensaba que se había hecho de manera proporcional, no lo refleja en los resultados. Este hecho, de momento, no supondrá ningún problema, puesto que el proceso de optimización Plackett-Burman no refleja las interacciones entre distintas

variables que mejoran o empeoran el rendimiento de la disolución. Las interacciones quedarán reflejadas en la aplicación de Box-Behnken.

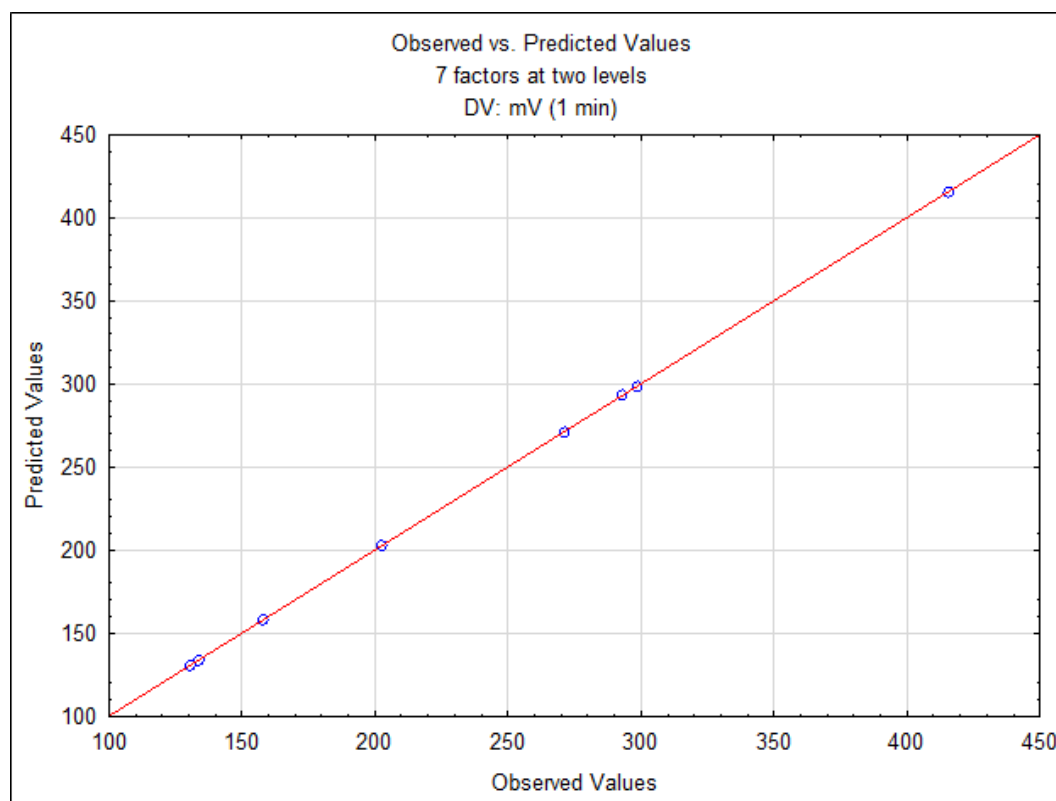


Figura 4-4 Valores observados vs. valores previstos durante un minuto.

La precisión de los experimentos se ve reflejada en la tabla ANOVA, donde el error residual es cero. Además, el programa otorga a cada una de las variables, debido a la no interacción entre ellas, un grado de libertad de valor uno (columna *df* de la Tabla 4-4). Es por eso que la suma de cuadrados y el promedio es el mismo. A todo esto se le suma que ANOVA no ofrece para Plackett-Burman una probabilidad *p* de influencia a las variables, por lo tanto todas serán influyentes en el proceso y no se puede desechar ninguna de momento.

ANOVA; Var.:mV (1 min); R-sqr=1, (Design: 2**(7-4) design 7 Factor Screening Design DV: mV (1 min)						
Factor	SS	df	MS	F	p	
(1)Concentración	26584,72	1	26584,72			
(2)pH	1031,26	1	1031,26			
(3)Temperatura	2374,64	1	2374,64			
(4)Agitación	18003,48	1	18003,48			
(5)[NaCl]	7574,96	1	7574,96			
(6)[Levadura]	13489,85	1	13489,85			
(7)Relación electrodo:solución	362,21	1	362,21			
Error	0,00	0				
Total SS	69421,12	7				

Tabla 4-4 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para un minuto.

Se aprecia en la Tabla 4-4, que la influencia de la concentración, agitación y levadura en el primer minuto constituyen más del 70 % de las modificaciones de la diferencia de potencial del electrolito.

Llegando al final de análisis de los valores del primer minuto, se realiza una superficie en tres dimensiones que ofrece la mejor combinación de las variables más importantes para conseguir el

máximo rendimiento. En la Figura 4-5 se muestra de color rojo oscuro la parte de la superficie que más tensión obtiene con las combinaciones de los rendimientos. Como se muestra, se conseguiría con la adición máxima de levadura y con la mayor concentración dentro de las cantidades usadas en estas etapas.

Es importante reseñar que la consecuencia de que Plackett-Burman no analice interacciones entre las variables deriva en una superficie plana con una pendiente constante. Lo que no permite obtener el mejor rendimiento entre los valores del intervalo, siempre en su máxima o mínima cantidad.

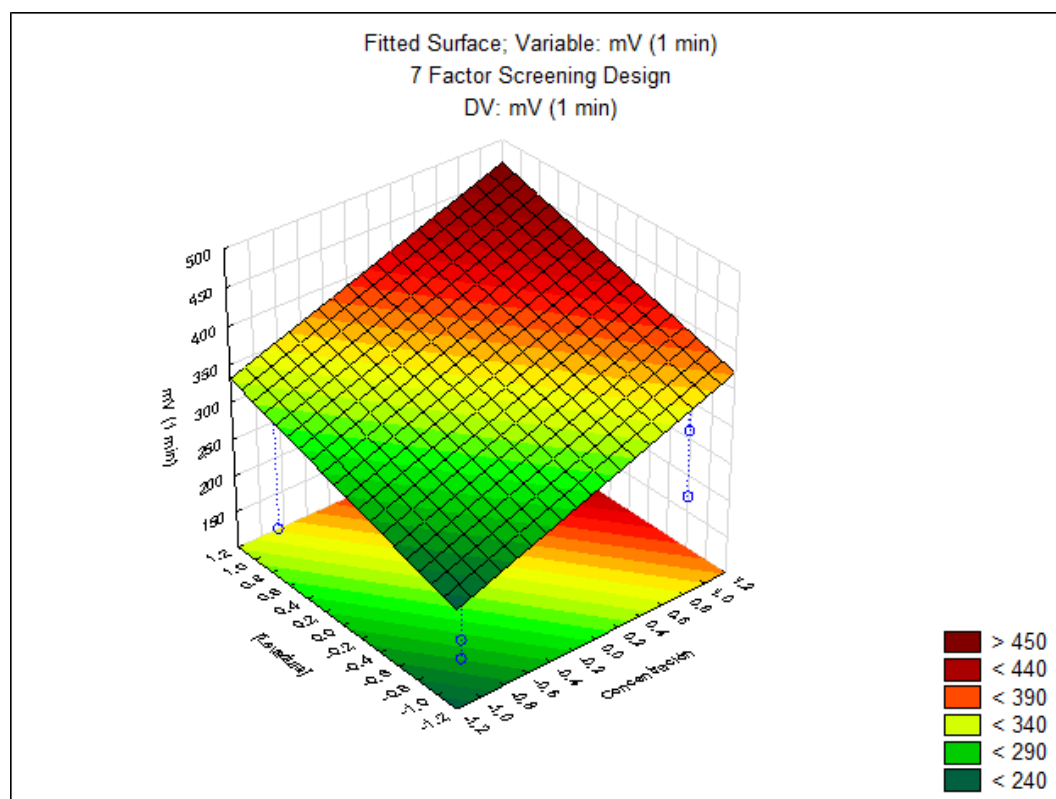


Figura 4-5 Superficie ajustada de la obtención de bioelectricidad para un minuto.

4.2.2 Análisis de los datos para cinco minutos

Experimento	mV(5 min)
1	291,93
3	132,73
2	235,37
5	127,27
8	367,03
7	126,03
4	270,00
6	195,57

Tabla 4-5 Valores tomados de tensión durante cinco minutos.

El análisis para los datos (Tabla 4-5) obtenidos durante cinco minutos resulta interesante (véase Figura 4-6), puesto que comienzan a producirse una serie de cambios de pequeñas magnitudes que se incrementarán gradualmente conforme al tiempo de realización del experimento, como es el caso de la agitación. La agitación comienza a convertirse en una variable más influyente, que comienza a anular

cierta importancia de la concentración, bajando su valor. En cuanto a la levadura consigue coger un poco más de peso en el Diagrama de Pareto, alejándose más del *NaCl*.

En cuanto a la temperatura, sigue afectando negativamente. Sin embargo, con el transcurso del tiempo disminuye su influencia debido a que toda la disolución presenta la misma temperatura. Seguirá disminuyendo con el paso del tiempo, dejándole paso a la relación electrodo-solución. Como el rango del pH es un rango limitado entre el pH inicial de la disolución (en torno a 2,49) y dos unidades por encima del pH nativo (pH ácido todavía pero más cercano al pH neutro) se llega a la conclusión de que la disolución es más conductora con pH neutro. No obstante, el pH es una variable que influye muy ligeramente en la conducción de electricidad.

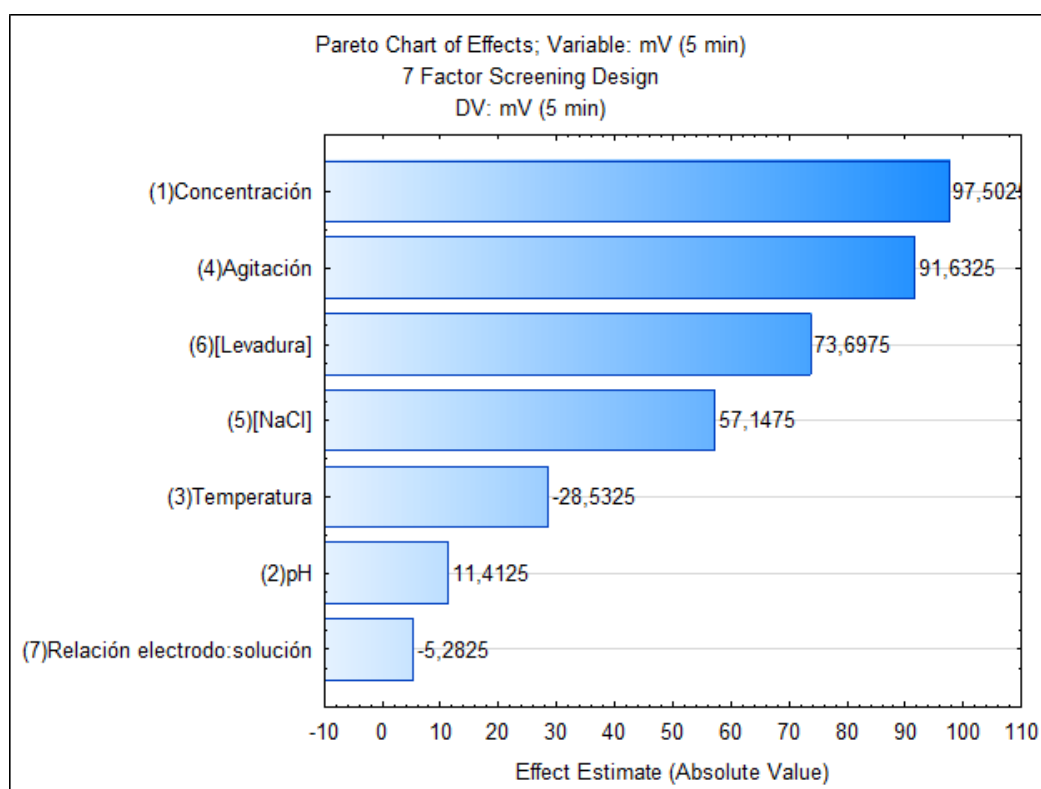


Figura 4-6 Diagrama de Pareto de los valores obtenidos en cinco minutos.

Posterior al Diagrama de Pareto, se mapea el gráfico de valores previstos frente a valores observados (véase Figura 4-7). Se puede apreciar que los datos obtenidos han sido bastante precisos dentro del Plackett-Burman de los cinco minutos. Se llega a la misma conclusión que en el subapartado 4.1.1.1, *Análisis de los datos para un minuto*, en el cual se ve que la diferencia de valores de las variables no es constante. Aunque no sea constante, sufre una modificación, expandiéndose por la zona media de la pendiente cuatro de los ocho experimentos, lo que concluye en que la duración del experimento unifica los experimentos, acercándolos a los rangos medios de diferencia de potencial. Por ahora, el experimento nº8 es el que más tensión alcanza en la parte más superior de la pendiente, por lo tanto el más optimizado.

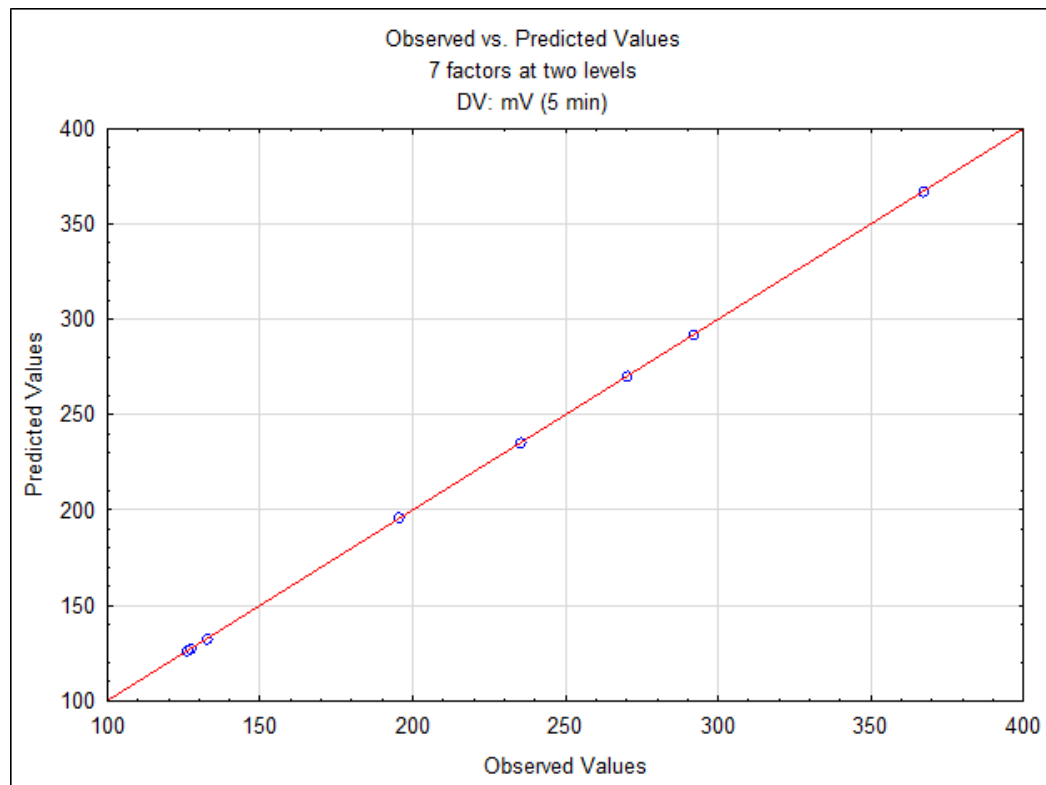


Figura 4-7 Valores previstos vs. observados durante cinco minutos.

Comprobando con la tabla ANOVA (véase Tabla 4-6), se aprecia que se cumple lo reseñado en el Diagrama de Pareto. Entre las tres variables principales se producen el 83 % de las interacciones de los parámetros. Además el *NaCl* (cuarta variable más influyente) constituye el 11 %, dejando a los demás valores como parámetros muy débiles en la producción de electricidad.

ANOVA; Var.:mV (5 min); R-sqr=1, (Design: 2**(7-4) design 7 Factor Screening Design DV: mV (5 min)						
Factor	SS	df	MS	F	p	
(1)Concentración	19013,48	1	19013,48			
(2)pH	260,49	1	260,49			
(3)Temperatura	1628,21	1	1628,21			
(4)Agitación	16793,03	1	16793,03			
(5)[NaCl]	6531,67	1	6531,67			
(6)[Levadura]	10862,64	1	10862,64			
(7)Relación electrodo:solución	55,81	1	55,81			
Error	0,00	0				
Total SS	55145,33	7				

Tabla 4-6 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para cinco minutos.

Concluyendo el análisis de los datos para cinco minutos, se genera la superficie ajustada tridimensional (véase Figura 4-8). Esta muestra que el mayor valor obtenible está por encima de los 400 mV, siendo ligeramente menor que el análisis para los datos de un minuto. Estos resultados son lógicos, puesto que, como se ha indicado previamente, los datos de un minuto son menos exactos y constantes que en otros períodos, produciéndose picos de tensión y dejando paso al azar. Aunque se obtuviera más tensión en un minuto, a la hora de comercializar el experimento no se podría asegurar que esa diferencia de potencial se mantuviese.

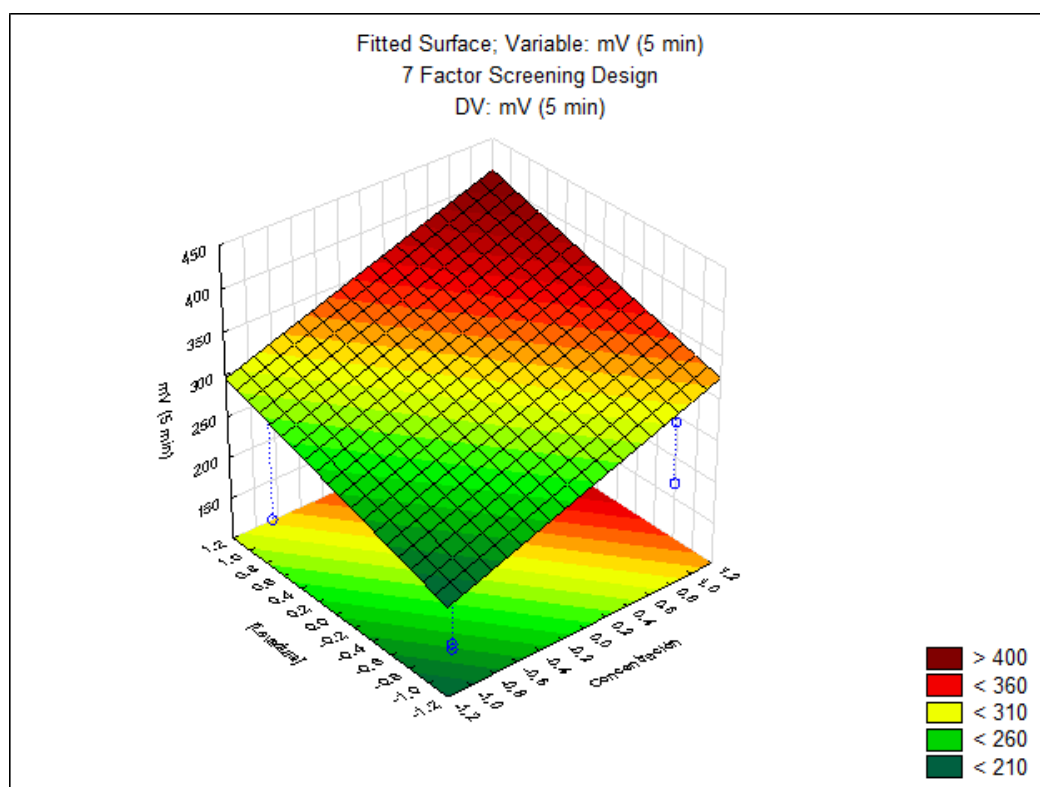


Figura 4-8 Superficie ajustada de la obtención de bioelectricidad para cinco minutos.

Los apartados más decisivos de la primera etapa del experimento son los que aparecen a continuación. Se debe a que uno de los objetivos del presente trabajo es comprobar cómo se comporta el montaje en un período de tiempo largo.

4.2.3 Análisis de los datos para diez minutos

Experimento	mV(10 min)
1	301,03
3	121,67
2	192,20
5	123,37
8	351,92
7	117,10
4	264,97
6	189,70

Tabla 4-7 Valores tomados de tensión durante diez minutos.

Entrando en la etapa de los diez minutos (Tabla 4-7) se siguen acentuando los cambios mencionados en el subapartado anterior. Se puede percibir del Diagrama de Pareto (véase Figura 4-9) como ha aumentado la importancia de la agitación, desbancando a la concentración como variable más influyente. Entre los cinco y diez minutos, aunque se tenga agitación, se produce estratificación de la levadura, disminuyendo la tensión mantenida. La levadura deja de moverse homogéneamente a lo largo del volumen de la disolución, sino que se posa en el fondo del vaso de precipitado apenas en contacto con los electrodos del vaso que miden la tensión. Es por este motivo por el cual comienza a perder importancia y comienza a ganar el NaCl , incluso ocupando la tercera posición del diagrama. En cuanto a las demás variables la temperatura continúa disminuyendo en valor absoluto, y aproximándose cada vez más a la relación electrodo-solución. La relación electrodo- solución gana

importancia negativa. El pH mantiene sus interacciones, que continúan siendo positivas y con poco peso.

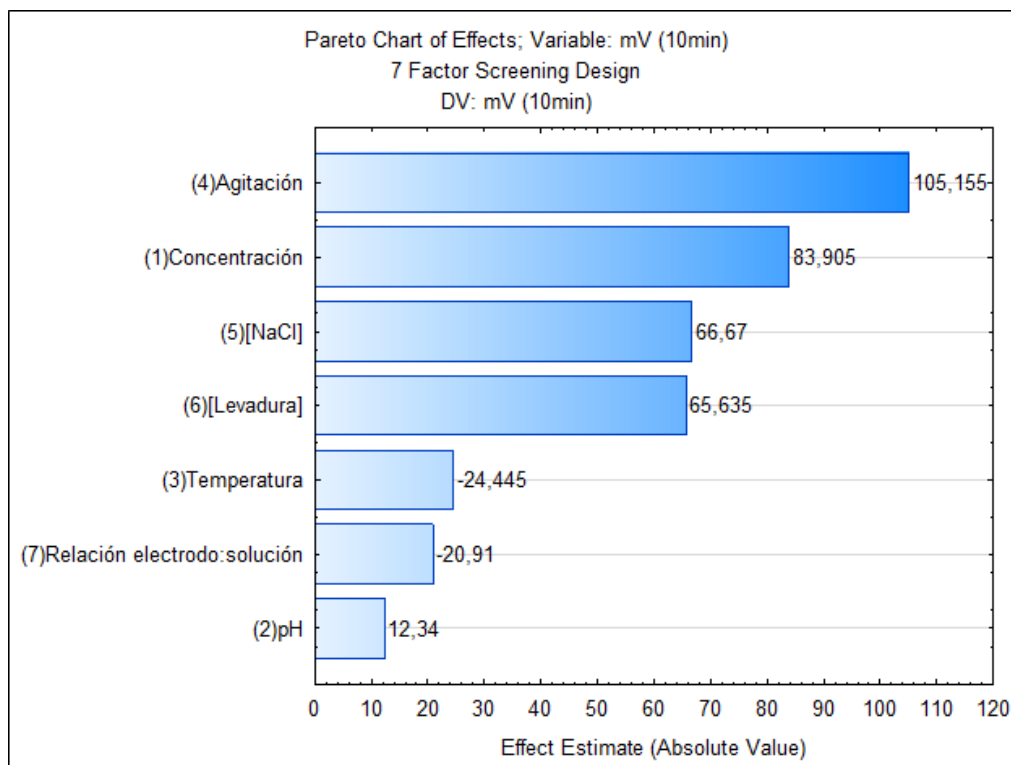


Figura 4-9 Diagrama de Pareto de los datos obtenidos para diez minutos.

En el diagrama de los valores observados frente a los valores previstos (véase Figura 4-10), se aprecia como los experimentos que se encontraban en el medio se han ido expandiendo hacia la parte superior de la pendiente, como es el caso de los experimentos nº1 y nº4, aproximándose al nº8. El resto de experimentos comienza agruparse en la parte inferior de la pendiente. Se debe a la influencia de la agitación que, aunque se verá reflejado mejor en la etapa de quince minutos, separa entre las variables dejando una separación cada vez mayor entre los experimentos con agitación y sin agitación. Otra vez la precisión vuelve a ser muy satisfactoria, que da fiabilidad al experimento.

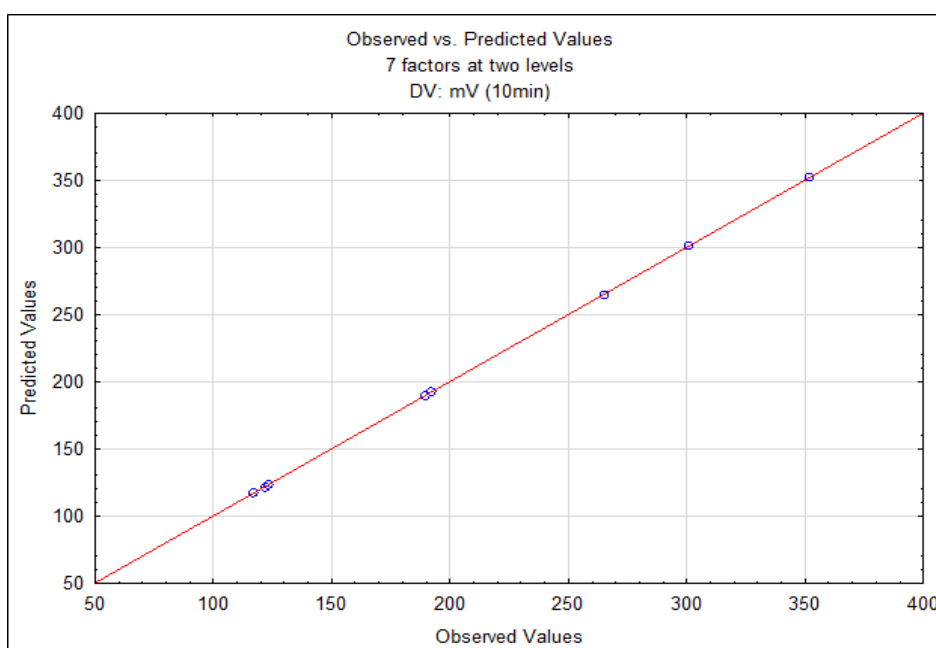


Figura 4-10 Valores previstos vs. valores observados durante diez minutos.

En lo referente a la tabla ANOVA (Tabla 4-8), se cumple que la levadura queda con un ligero menor peso que el NaCl . La suma de las interacciones de las tres variables principales continúa en torno al 83 %, no es que no haya habido una progresión, pero en los diez minutos han crecido las interacciones de variables menos importantes, sin reducir las principales. Crece la influencia de la levadura a un 12 %, aun manteniéndose debajo del NaCl . Estos cambios tan ligeros y que empiezan a no ser progresivos se pueden deber a la homogenización de la disolución, intentando ajustarse por sí misma a un valor definitivo.

ANOVA; Var.:mV (10min); R-sqr=1, (Design: 2**(7-4) design 7 Factor Screening Design DV: mV (10min)						
Factor	SS	df	MS	F	p	
(1)Concentración	14080,10	1	14080,10			
(2)pH	304,55	1	304,55			
(3)Temperatura	1195,12	1	1195,12			
(4)Agitación	22115,15	1	22115,15			
(5)[NaCl]	8889,78	1	8889,78			
(6)[Levadura]	8615,91	1	8615,91			
(7)Relación electrodo:solución	874,46	1	874,46			
Error	0,00	0				
Total SS	56075,05	7				

Tabla 4-8 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para diez minutos.

Finalizando el apartado de los diez minutos, se muestra a continuación la superficie ajustada tridimensional (véase Figura 4-11). Esta vez la superficie ha perdido pendiente. Dicha pérdida de pendiente produce el incremento de tensión mantenida en la disolución en zonas donde los parámetros no están en su valor máximo del intervalo. Por ejemplo, para máxima agitación pero mínima concentración ha aumentado la tensión hasta los 300 mV. Extrapolándolo al ámbito que interesa podría ser interesante mantener una producción constante de diferencia de potencial si se están usando menos recursos que implican un gasto económico.

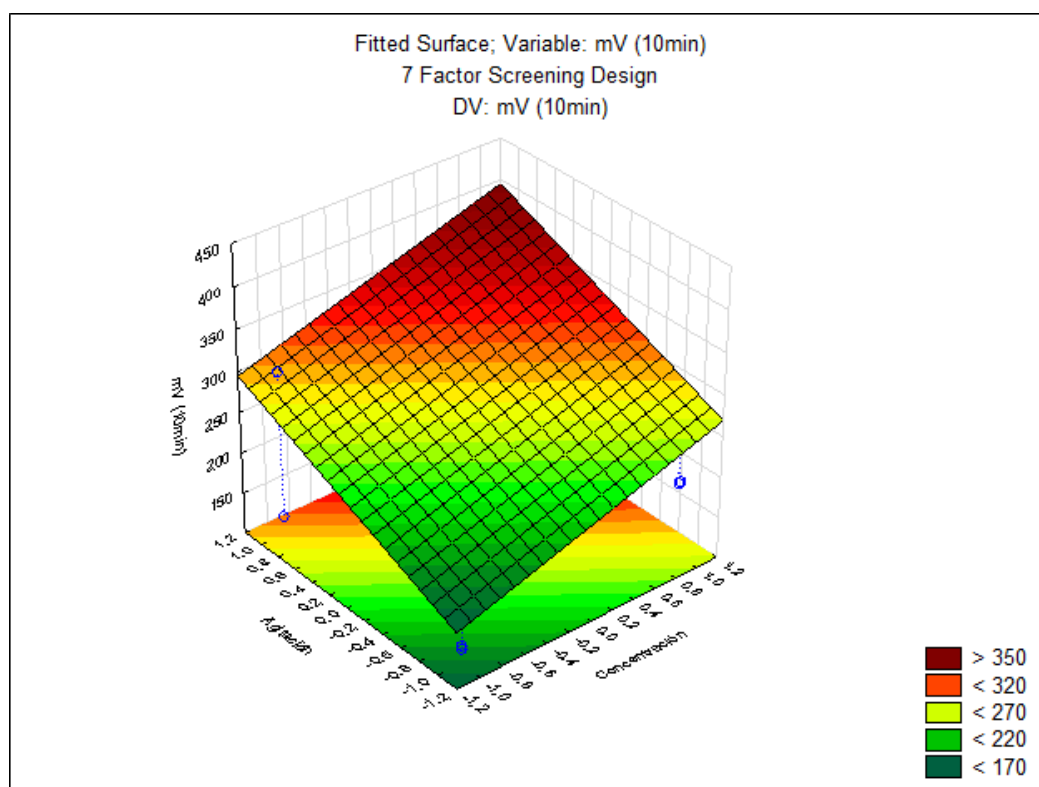


Figura 4-11 Superficie ajustada para la obtención de bioelectricidad para diez minutos.

En cuanto a los valores máximos mantenibles están ligeramente por debajo de los 400 mV. Respecto a otros tiempos de datos tomados habría disminuido la tensión obtenida. Podría ser por varios motivos: ligeros errores en la toma de datos, la pérdida de reacciones microbiológicas conforme al paso del tiempo, mayor homogenización de la mezcla, etc. Por ello, hay que realizar el análisis de los datos para quince minutos y compararlo, con el objetivo de poder acercarse a una solución.

4.2.4 Análisis de los datos para quince minutos

Experimento	mV(15 min)
1	306,49
3	114,04
2	160,64
5	119,11
8	338,58
7	109,10
4	272,43
6	184,22

Tabla 4-9 Valores tomados de tensión durante quince minutos.

Entrando en el último paso de la primera etapa, se aprecia en el Diagrama de Pareto (véase Figura 4-12) cómo, definitivamente, la agitación adquiere una importancia tal que inhibe muchas de las influencias de otros parámetros, que van reduciendo su influencia. Queda reflejado en la concentración, que su decrecimiento ha sido continuo durante el transcurso del tiempo. Lo que lleva a pensar que existe interacción inversa entre la concentración y la agitación, siendo estudiada en la segunda etapa del experimento. En cuanto al cloruro de sodio aumenta su valor, dejando claramente atrás a la levadura, que sigue estratificándose y perdiendo importancia.

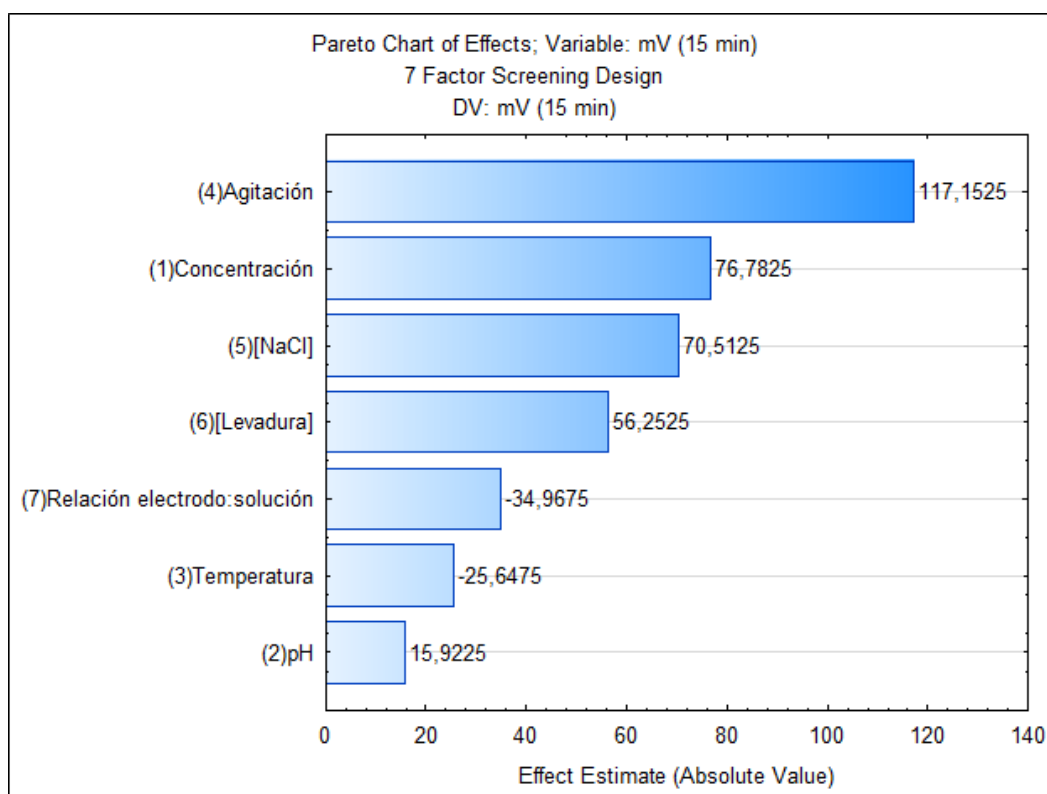


Figura 4-12 Diagrama de Pareto para los valores obtenidos durante quince minutos.

La relación electrodo-solución sigue creciendo, pero negativamente, lo que lleva a discurrir si la segunda etapa debería ser realizada en volúmenes de 50 ml y no de 100 ml. Se piensa que sería más beneficioso hacerlo en 50 ml, sin embargo, no se podría aplicar la agitación máxima debido al método usado, ya que interferiría en los electrodos, convirtiéndose en un proceso más irregular.

La temperatura se mantiene con valores de influencia constantes de aquí en adelante. Seguirá manteniendo su valor negativo, afectando negativamente cuando mayor sea la temperatura. El pH se mantendrá constante en valor, siendo el parámetro que menos influye para la realización de los experimentos.

Refiriéndose a la gráfica de valores observados frente a los previstos (véase Figura 4-13), se puede agrupar los resultados en tres grupos: el inferior (experimentos n°3, n°5 y n°7), el medio (experimentos n°2 y n°6) y superior (experimentos n°1 n°8 y n°4) que tienen una variación más constante de los valores que anteriormente. Se puede apreciar que el grupo superior ha bajado su valor frente otros tiempos, lo que discurre en que la dependencia del tiempo lleva a un decrecimiento de la tensión entre electrodos. Los experimentos que se encuentran en la zona superior de la gráfica son aquellos que poseen el máximo de agitación.

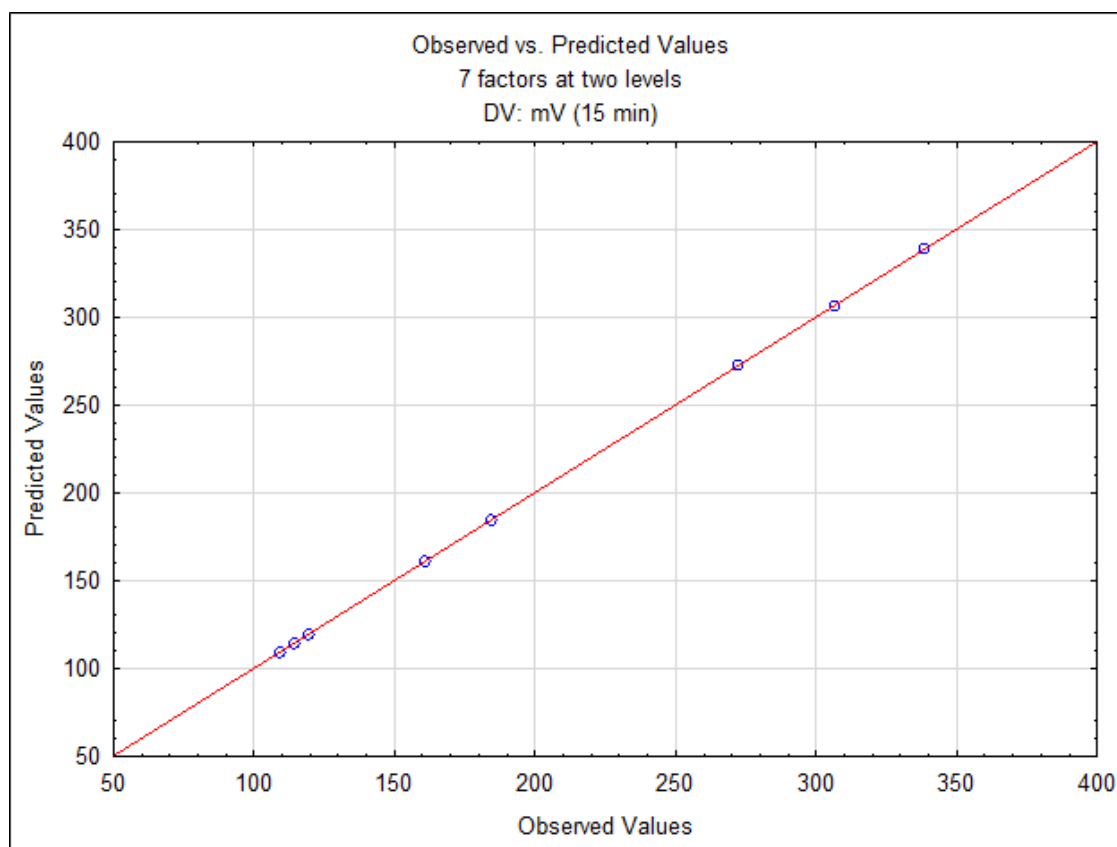


Figura 4-13 Valores previstos vs. valores observados durante quince minutos.

En cuanto a la tabla de valores (véase Tabla 4-10), las interacciones aumentan en 1 %. Las principales interacciones ocupan un 80 % ahora, un poco inferior a lo que ocupaban anteriormente. La agitación ocupa el 50 % de las interacciones, cada vez mayor, mientras que las demás variables pierden importancia.

ANOVA; Var.:mV (15 min); R-sqr=1, (Design: 2**(7-4) design 7 Factor Screening Design DV: mV (15 min)						
Factor	SS	df	MS	F	p	
(1)Concentración	11791,10	1	11791,10			
(2)pH	507,05	1	507,05			
(3)Temperatura	1315,59	1	1315,59			
(4)Agitación	27449,42	1	27449,42			
(5)[NaCl]	9944,03	1	9944,03			
(6)[Levadura]	6328,69	1	6328,69			
(7)Relación electrodo:solución	2445,45	1	2445,45			
Error	0,00	0				
Total SS	59781,33	7				

Tabla 4-10 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para quince minutos.

La superficie ajustada (véase Figura 4-14) indica en su punto álgido una tensión de aproximadamente 425 mV. La superficie es similar a la Figura 4-8 *Superficie ajustada de la obtención de bioelectricidad para cinco minutos*. Por lo tanto, se piensa que los datos tomados para los diez minutos no son exactos perfectamente y se llega a la conclusión de que el voltaje obtenido a lo largo del tiempo disminuye gradual y lentamente. Se pueden alcanzar tensiones mayores de 325 mV aplicando sólo agitación con un mínimo de concentración, lo cual reduciría el gasto económico.

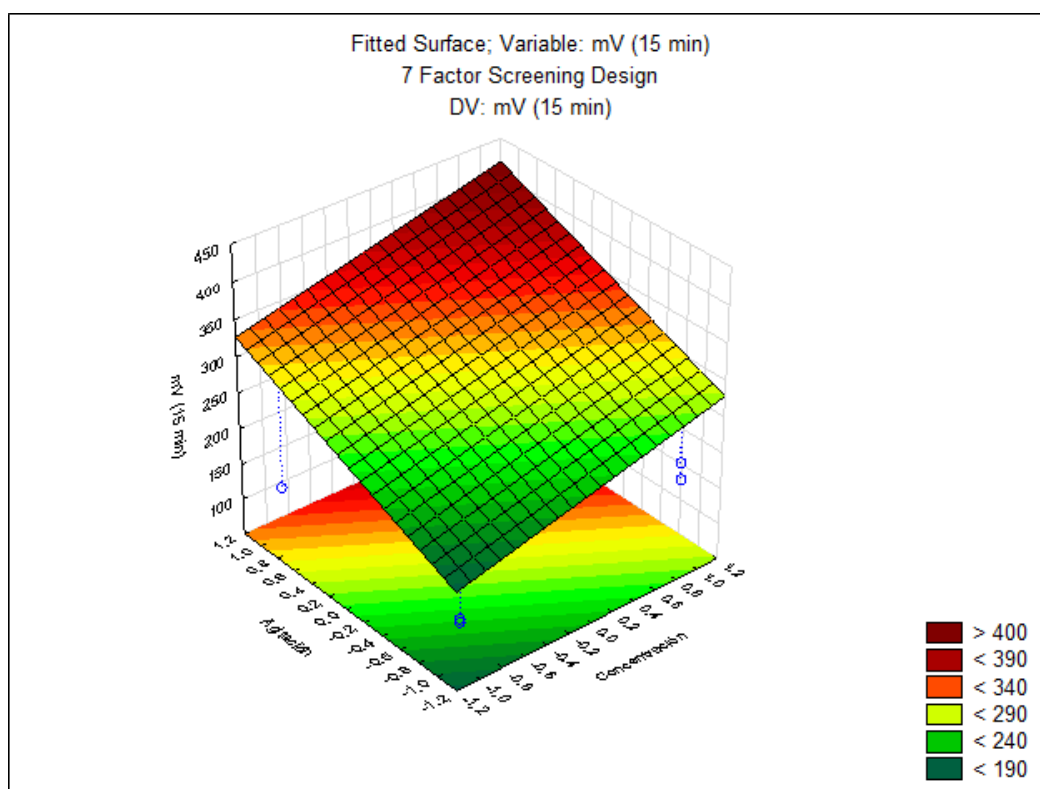


Figura 4-14 Superficie ajustada para la obtención de bioelectricidad para quince minutos.

4.2.5 Discusión de la primera etapa del experimento

Una vez finalizado el proceso de cribado de Plackett-Burman se llega a la conclusión de que la agitación, concentración y el cloruro de sodio son los parámetros elegidos para pasar a la segunda etapa del experimento.

Se elige la agitación como parámetro fundamental en la optimización del proceso, debido a que, como se ha ido observando en las diferentes gráficas de valores obtenidos frente a valores previstos, existe una gran diferencia de tensiones entre las muestras con agitación o sin esta. El problema de

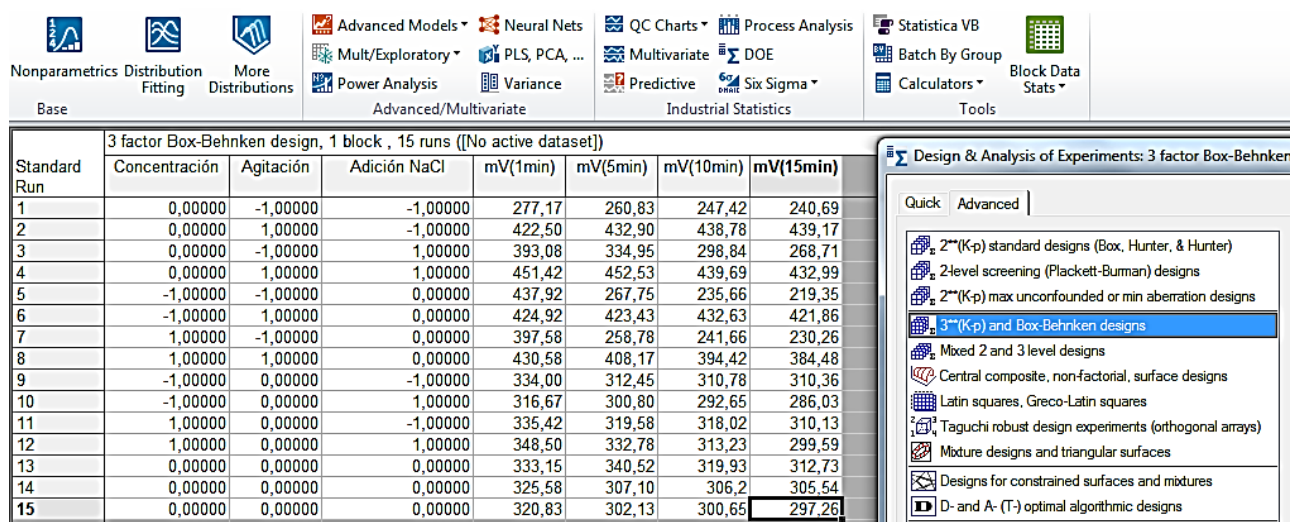
elegir la agitación es que, para que sea un montaje autosuficiente, se requerirá del uso de energía para la producción de esta. Además, la elección de la agitación como parámetro más importante también se debe a que, al estudiar las tablas y gráficas de valores anteriores, esta adquiere valor conforme pasa el tiempo, quitando importancia a otros parámetros y reduciendo el amplio abanico de combinaciones de variables independientes. No obstante, sería una buena investigación ver hasta qué punto podría ser rentable la agitación proporcionada o encontrar una forma alternativa de agitado. Incluso con la misma energía se podría aplicar un agitado distinto cambiando material como el imán encargado de suministrar movimiento a la disolución.

El segundo parámetro elegido es la concentración. La concentración influye muy positivamente en la producción de electricidad. Encontrar el balance de cuál es la concentración idónea no es sencillo, puesto que hay que encontrar la cantidad óptima sin que la densidad de la disolución, aumente significativamente hasta el punto de no poder agitar o diluir el cloruro de sodio. La concentración está ligada íntimamente con la duración de funcionamiento del montaje. Se habla de la cantidad de vinaza disponible, que deriva en tener que elegir si usar menor concentración y producir menos electricidad durante más tiempo, o usar más concentración para obtener una mayor tensión durante intervalos más cortos de tiempo.

Pese a que la elección tanto de agitación como de concentración ha sido muy clara desde el primer momento, la elección del cloruro de sodio no lo ha sido tanto. El cloruro de sodio ha ido ganando relevancia a medida que el tiempo del experimento aumentaba. Pese a la similitud de la influencia de la levadura y del cloruro de sodio se elige el último. Las razones de elección son varias; en primer lugar, se busca que el montaje trabaje durante un tiempo extenso, que permita la autosuficiencia de algún equipo o bombillas, por lo tanto, la estratificación de la levadura no resulta favorable. En segundo lugar, el precio del cloruro de sodio es menor que el de la levadura. Además, se baraja la idea de ganar en sostenibilidad usando agua de mar, en vez de agua destilada y cloruro de sodio, lo cual reduciría los costes aún más. Y para finalizar, la preparación de una disolución con microorganismos añadidos necesita un tiempo de fermentación y el uso de una disolución con cloruro de sodio añadido es instantáneo.

4.3 Análisis de datos de la segunda etapa con Box-Behnken

Una vez elegidas las siguientes variables, se realiza una tabla Box-Behnken (Tabla 3-3) en STATISTICS y se introducen los valores obtenidos del experimento en dicha tabla, cuando se ha introducido, y como en la primera etapa accediendo al DOE (véase Figura 4-15), empieza a funcionar el cálculo de interacciones entre las variables.



The screenshot shows the Minitab software interface. At the top, there are various toolbars including 'Nonparametrics Distribution Fitting', 'More Distributions', 'Advanced Models', 'Neural Nets', 'QC Charts', 'Process Analysis', 'Statistica VB', 'Batch By Group', 'Block Data Stats', 'Calculators', and 'Tools'. Below these, there are tabs for 'Base', 'Advanced/Multivariate', and 'Industrial Statistics'. The main window displays a table titled '3 factor Box-Behnken design, 1 block, 15 runs (No active dataset)'. The table has columns for 'Standard Run', 'Concentración', 'Agitación', 'Adición NaCl', and four columns for 'mV' at different time intervals: 'mV(1min)', 'mV(5min)', 'mV(10min)', and 'mV(15min)'. The table contains 15 rows of data. To the right of the table, there is a panel titled 'Design & Analysis of Experiments: 3 factor Box-Behnken' with tabs for 'Quick' and 'Advanced'. The 'Quick' tab is selected, showing a list of design types: '2**(K-p) standard designs (Box, Hunter, & Hunter)', '2-level screening (Plackett-Burman) designs', '2**(K-p) max unconfounded or min aberration designs', '3**(K-p) and Box-Behnken designs' (which is highlighted), 'Mixed 2 and 3 level designs', 'Central composite, non-factorial, surface designs', 'Latin squares, Greco-Latin squares', 'Taguchi robust design experiments (orthogonal arrays)', 'Mixture designs and triangular surfaces', 'Designs for constrained surfaces and mixtures', and 'D- and A- (T-) optimal algorithmic designs'.

Standard Run	Concentración	Agitación	Adición NaCl	mV(1min)	mV(5min)	mV(10min)	mV(15min)
1	0,00000	-1,00000	-1,00000	277,17	260,83	247,42	240,69
2	0,00000	1,00000	-1,00000	422,50	432,90	438,78	439,17
3	0,00000	-1,00000	1,00000	393,08	334,95	298,84	268,71
4	0,00000	1,00000	1,00000	451,42	452,53	439,69	432,99
5	-1,00000	-1,00000	0,00000	437,92	267,75	235,66	219,35
6	-1,00000	1,00000	0,00000	424,92	423,43	432,63	421,86
7	1,00000	-1,00000	0,00000	397,58	258,78	241,66	230,26
8	1,00000	1,00000	0,00000	430,58	408,17	394,42	384,48
9	-1,00000	0,00000	-1,00000	334,00	312,45	310,78	310,36
10	-1,00000	0,00000	1,00000	316,67	300,80	292,65	286,03
11	1,00000	0,00000	-1,00000	335,42	319,58	318,02	310,13
12	1,00000	0,00000	1,00000	348,50	332,78	313,23	299,59
13	0,00000	0,00000	0,00000	333,15	340,52	319,93	312,73
14	0,00000	0,00000	0,00000	325,58	307,10	306,2	305,54
15	0,00000	0,00000	0,00000	320,83	302,13	300,65	297,26

Figura 4-15 Formato de la tabla de Box Behnken (izda.) y elección del diseño de experimento (dcha.).

Hay que determinar cuáles son las variables dependientes, las diferencias de potencial obtenidas en el experimento, e independientes, agitación, concentración y cloruro de sodio. Una vez seleccionadas, se realizará el mismo proceso que en la primera etapa, eligiendo las gráficas que suministran la mejor combinación para alcanzar el máximo de tensión.

4.3.1 Análisis de datos para un minuto

Experimento	mV(1 min)
1	277,17
2	422,50
3	393,08
4	451,42
5	437,92
6	424,92
7	398,58
8	430,58
9	334,00
10	316,17
11	335,42
12	348,50
13	333,50
14	325,58
15	320,83

Tabla 4-11 Valores tomados de tensión durante el primer minuto.

El Diagrama de Pareto es bastante distinto comparándolo con el obtenido en Plackett-Burman. Se debe a un motivo ya mencionado varias veces, la interacción entre variables. Cada variable se divide ahora en dos influencias, lineales (L) y cuadráticas (Q). Las influencias cuadráticas y lineales, a su vez, interaccionan entre ellas produciendo otras influencias representadas en Pareto bajo los nombres de las variables que se relacionan, compuesto por el número de la variable y si es lineal o cuadrática. Por lo tanto, se encuentran doce influencias en el diagrama, de las cuales, tres son independientes lineales, tres independientes cuadráticas y las otras seis son el resultado de las interacciones, tanto cuadráticas como lineales de los distintos parámetros seleccionados previamente. Básicamente, las variables lineales dicen cómo afecta la adición de ese parámetro y las cuadráticas dan forma a la superficie de resultados para conseguir exactamente el punto con mayor rendimiento.

Debido a la cantidad de resultados en el diagrama, se realiza un cribado con el coeficiente de influencia de manera que serán relevantes sólo las variables que sobrepasen la línea $p=0,05$. Un nivel de significancia de 0,05 significa que todos los valores por debajo de ese nivel serán estadísticamente significativos. Se puede asemejar a una distribución normal, en la cual, el 95 % de los datos están presentes en el intervalo de la curva que interesa. Lo significativo será el otro 5 %.

Como ilustra la gráfica (véase Figura 4-16), las variables de forma lineal no afectan muy significativamente, estas adquieren importancia en combinaciones sinérgicas. Hasta este momento, se piensa que la variable de la agitación siempre afecta positivamente. Sin embargo, durante el primer minuto de los datos de la segunda etapa, se demuestra que la agitación tendrá una superficie de respuesta con curvatura negativa. Por lo tanto, es la combinación de esa agitación y una adicción de concentración lo que ayudan al crecimiento en la obtención de tensión. La agitación proporcional por sí sola ocupa el tercer puesto del diagrama. Seguido de combinaciones sinérgicas entre la adición de cloruro de sodio con la agitación y la concentración. La concentración por sí sola apenas influye en

este diagrama, pudiendo ser porque su máximo rendimiento se encuentre en la mitad del intervalo de rangos y la concentración 1:1 sea demasiado densa para la conducción de electricidad.

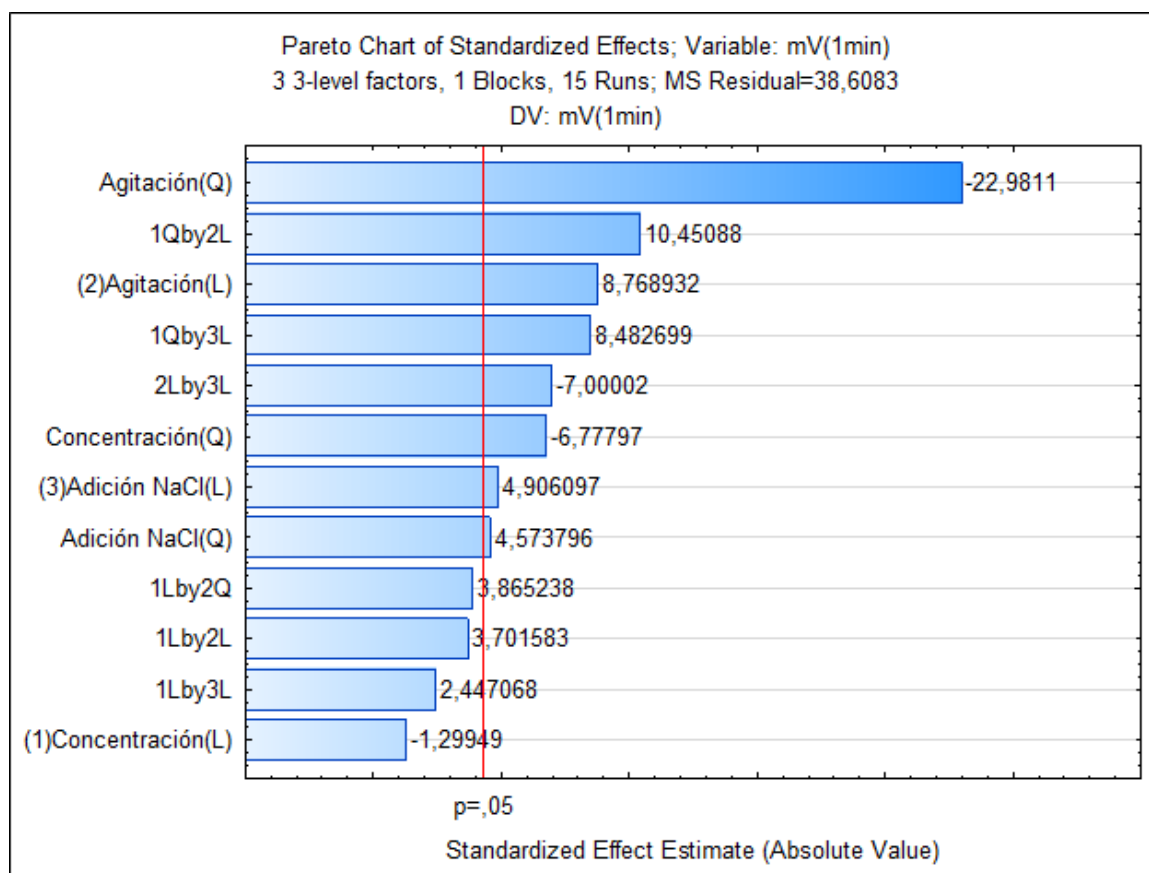


Figura 4-16 Diagrama de Pareto para los valores obtenidos durante un minuto.

Algunos de los datos posteriormente tomados pueden verse alterados por la mayor imprecisión de adquisición de datos (véase Figura 4-17). Como ya se comentó en el subapartado 4.2, *Análisis de datos de la primera etapa con Plackett-Burman*, la precisión del Box-Behnken en el ambiente quimiométrico es mayor que en Plackett-Burman, además de las variaciones entre cantidades de los parámetros son menores y deben ser tan precisas las mediciones que a veces no se poseen los medios para realizarlas. Se ve una gran dispersión de los resultados. Este hecho no es preocupante, puesto que mejora con la duración del experimento, llegando a conclusiones.

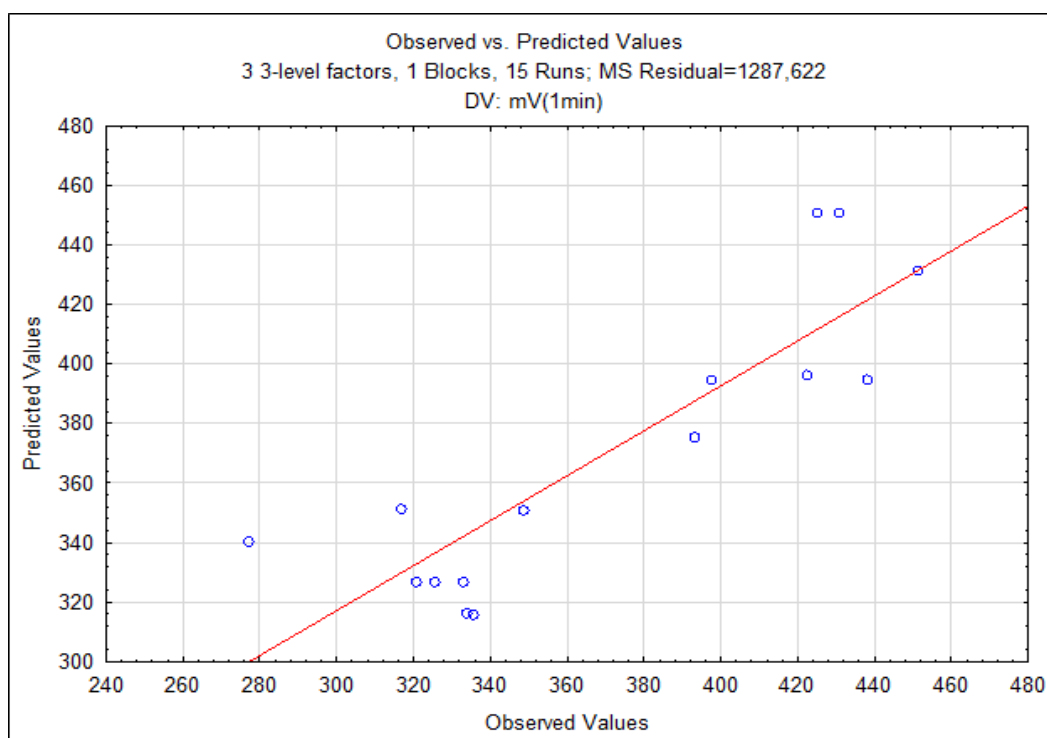


Figura 4-17 Valores previstos vs. valores observados durante un minuto.

En ANOVA (véase Tabla 4-12) el primer minuto se muestra las variables con un nivel de significancia menor que 0,05 (en rojo), con la mayor cantidad de influencia la agitación con una influencia de un 50 %. Las variables en negro son las no influyentes por encima de $p=0,05$, teniendo valores absolutos más bajos, sobre todo las lineales.

ANOVA; Var.:mV(1min); R-sqr=.99817; Adj.:98717 (3 factor Box-Behnken design 3 3-level factors, 1 Blocks, 15 Runs; MS Residual=38,6083 DV: mV(1min))						
Factor	SS	df	MS	F	p	
(1)Concentración(L)	65,20	1	65,20	1,6887	0,323392	
Concentración(Q)	1773,70	1	1773,70	45,9409	0,021081	
(2)Agitación(L)	2968,75	1	2968,75	76,8942	0,012757	
Agitación(Q)	20390,21	1	20390,21	528,1301	0,001888	
(3)Adición NaCl(L)	929,29	1	929,29	24,0698	0,039124	
Adición NaCl(Q)	807,67	1	807,67	20,9196	0,044627	
1L by 2L	529,00	1	529,00	13,7017	0,065856	
1L by 2Q	576,81	1	576,81	14,9401	0,060885	
1Q by 2L	4216,83	1	4216,83	109,2209	0,009032	
1L by 3L	231,19	1	231,19	5,9881	0,134189	
1Q by 3L	2778,11	1	2778,11	71,9562	0,013614	
2L by 3L	1891,82	1	1891,82	49,0002	0,019804	
Error	77,22	2	38,61			
Total SS	42142,32	14				

Tabla 4-12 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para un minuto.

En la superficie de respuestas (véase Figura 4-18) se utiliza como ejes inferiores la agitación y la adición de *NaCl*, puesto que son las variables más constantes que aseguran un voltaje. La superficie presenta una curvatura que alcanza en su punto máximo, con el 8 % de *NaCl* y máximo de agitación casi los 500 mV. Se debe a que el cloruro de sodio tiene mayor rendimiento si está totalmente disuelto en la disolución, a partir de este punto, aunque físicamente parece que está completamente disuelto, es probable que no lo esté y por eso se reduce el rendimiento.

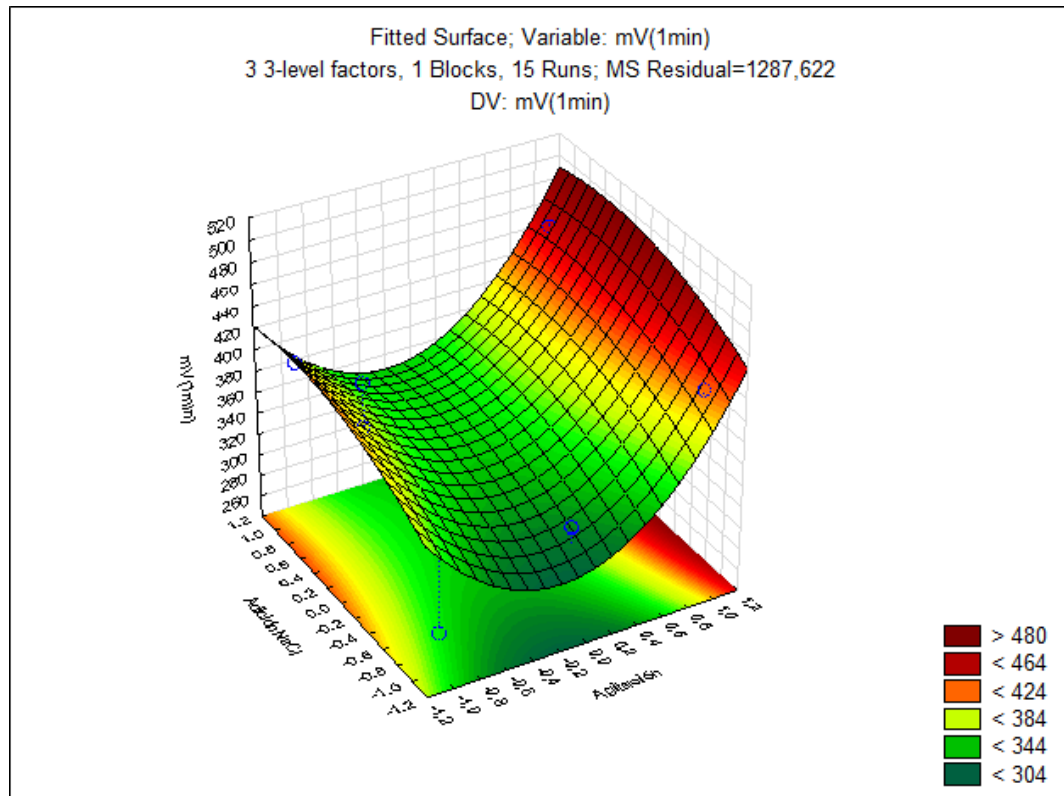


Figura 4-18 Superficie ajustada para la obtención de bioelectricidad para un minuto.

4.3.2 Análisis de datos para cinco minutos

Experimento	mV(5 min)
1	260,83
2	432,90
3	334,95
4	452,52
5	267,75
6	423,43
7	258,78
8	408,17
9	312,45
10	300,80
11	319,58
12	332,78
13	306,15
14	307,10
15	302,13

Tabla 4-13 Valores tomados de tensión durante cinco minutos.

En la etapa de cinco minutos (véase Figura 4-19), se ve que ya la agitación es el parámetro predominante en el proceso. Comparándolo con la primera etapa, la agitación se convierte en el primer parámetro de manera más rápida, provocando que las demás combinaciones sean de significancia despreciable. Esta vez la curvatura de la superficie de respuestas será bastante menor, casi lineal, lo que facilita la optimización del proceso.

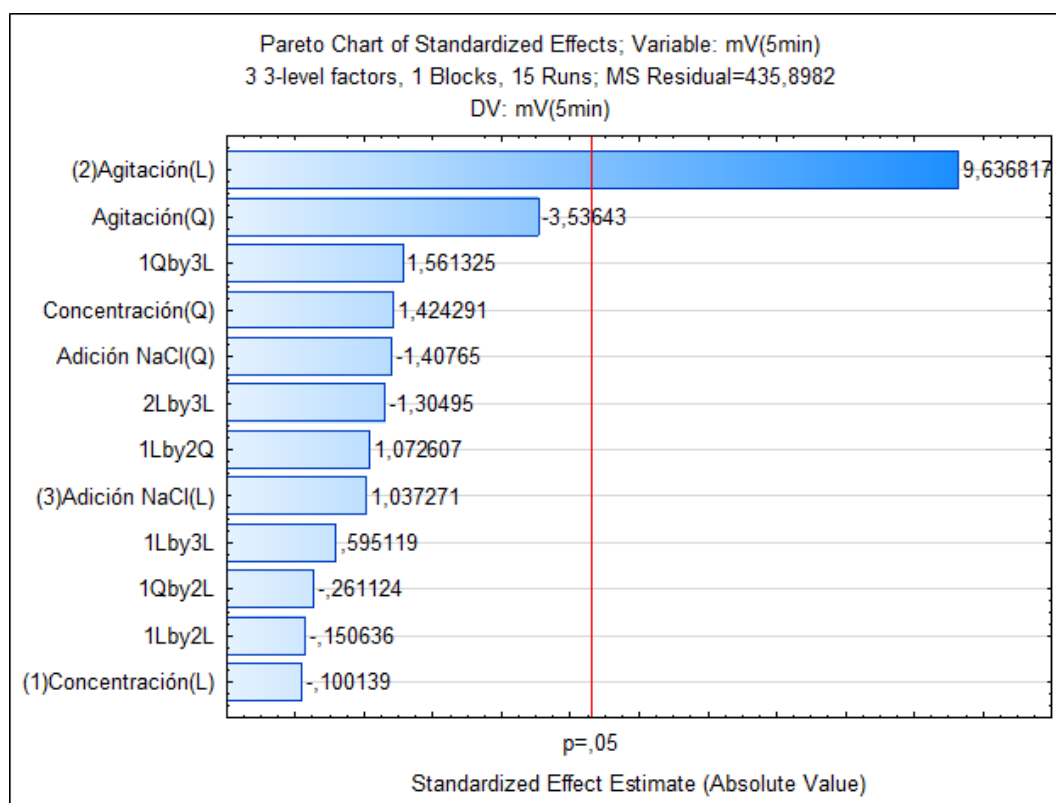


Figura 4-19 Diagrama de Pareto para los valores obtenidos durante cinco minutos.

Para la gráfica de valores observados frente a valores previstos (véase Figura 4-20), la precisión mejora en los quince minutos y lleva a distinguir tres grandes grupos de muestras, siendo el interesante el superior. La muestra con mayor valor es el experimento n°4, con la mitad de concentración, y el máximo de agitación y cloruro de sodio.

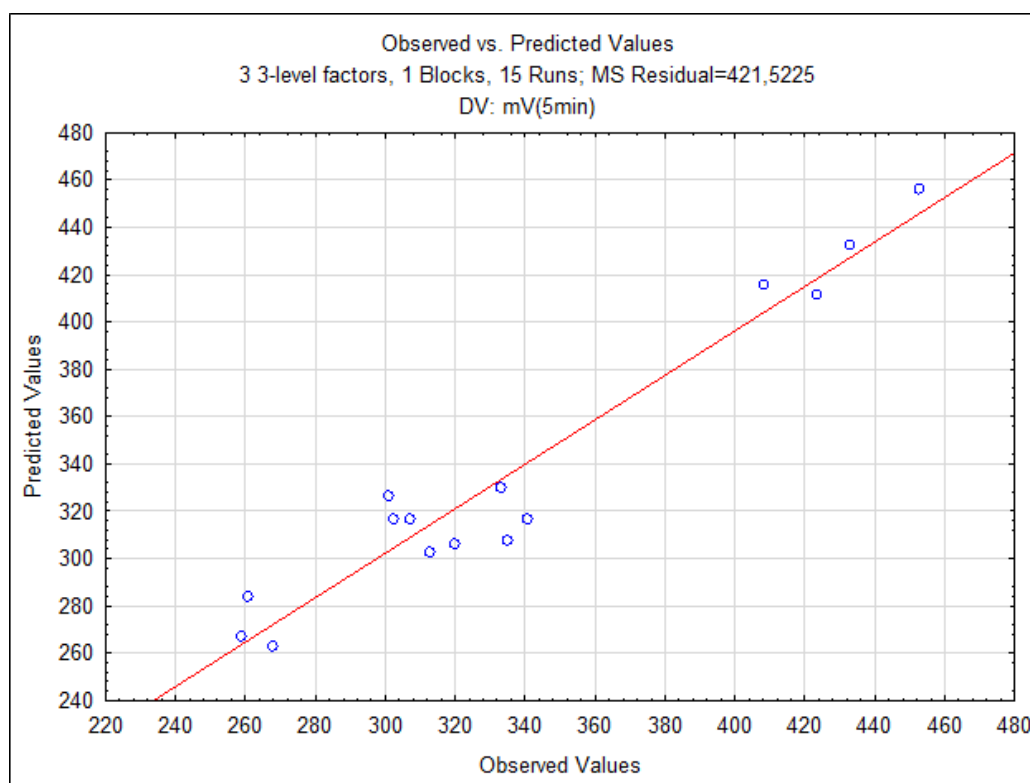


Figura 4-20 Valores previstos vs. valores observados durante cinco minutos.

Con el transcurso del tiempo, las interacciones reducen también su factor F que proporciona la fiabilidad de que los resultados van ligados a sus términos. La influencia de la agitación ocupa el 70 % de las interacciones (véase Tabla 4-14).

ANOVA; Var.:mV(5min); R-sqr=.98448; Adj.:89133 (3 factor Box-Behnken design, 3 3-level factors, 1 Blocks, 15 Runs; MS Residual=435,8982 DV: mV(5min))					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Concentración(L)	4,37	1	4,37	0,01003	0,929368
Concentración(Q)	884,27	1	884,27	2,02860	0,290387
(2)Agitación(L)	40481,10	1	40481,10	92,86824	0,010597
Agitación(Q)	5451,50	1	5451,50	12,50637	0,071491
(3)Adición NaCl(L)	469,00	1	469,00	1,07593	0,408569
Adición NaCl(Q)	863,72	1	863,72	1,98147	0,294540
1L by 2L	9,89	1	9,89	0,02269	0,894084
1L by 2Q	501,49	1	501,49	1,15049	0,395701
1Q by 2L	29,72	1	29,72	0,06819	0,818427
1L by 3L	154,38	1	154,38	0,35417	0,612131
1Q by 3L	1062,60	1	1062,60	2,43774	0,258839
2L by 3L	742,29	1	742,29	1,70290	0,321854
Error	871,80	2	435,90		
Total SS	56156,03	14			

Tabla 4-14 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para cinco minutos.

La superficie de respuestas para los cinco minutos muestra una superficie casi lineal que aumenta en los máximos de adición de los parámetros, obteniendo los 490 mV, una cifra similar al análisis de un minuto (véase Figura 4-21).

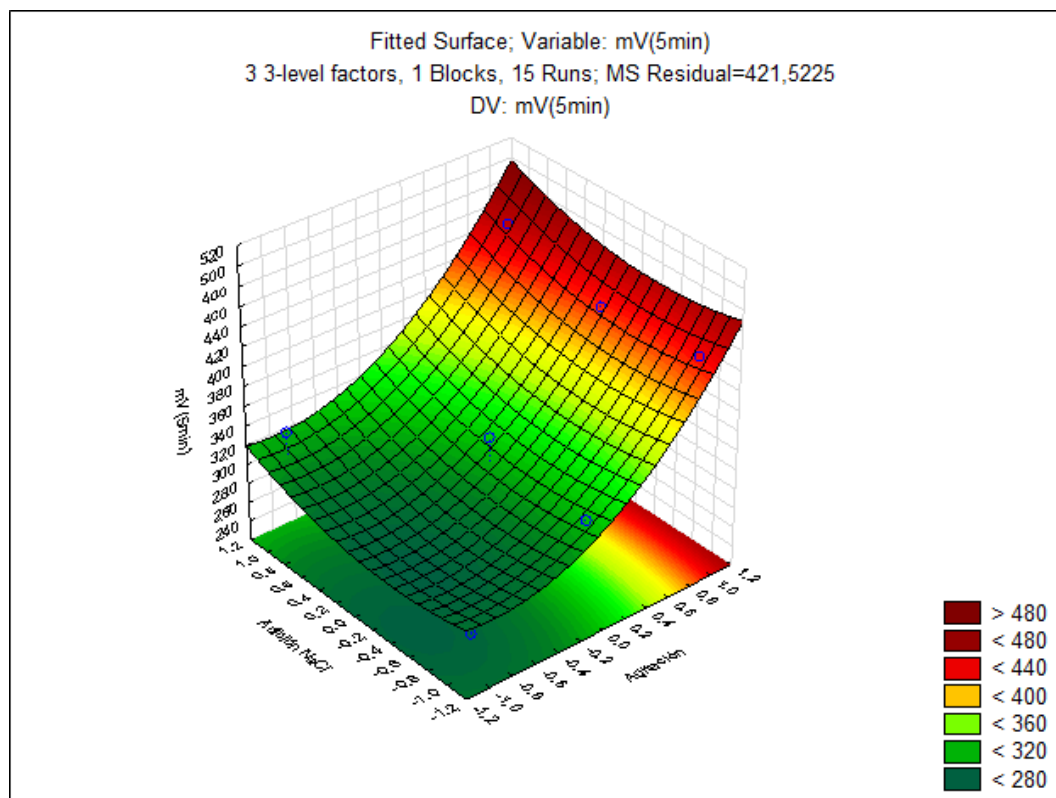


Figura 4-21 Superficie ajustada para la obtención de bioelectricidad para cinco minutos.

4.3.3 Análisis de datos para diez minutos

Experimento	mV(10 min)
1	247,42
2	438,78
3	298,84
4	439,69
5	235,66
6	422,63
7	241,66
8	394,42
9	310,78
10	292,65
11	318,02
12	313,23
13	302,74
14	306,20
15	300,65

Tabla 4-15 Valores tomados de tensión durante diez minutos.

Durante la etapa de los diez minutos (Figura 4-22) aumenta la curvatura de la agitación en la superficie de respuestas, además aumenta la influencia de esta, dejando a los otros parámetros muy atrás. Aumenta la influencia de la concentración, pese a ser muy pequeña, pudiendo deberse a la homogeneidad de la mezcla.

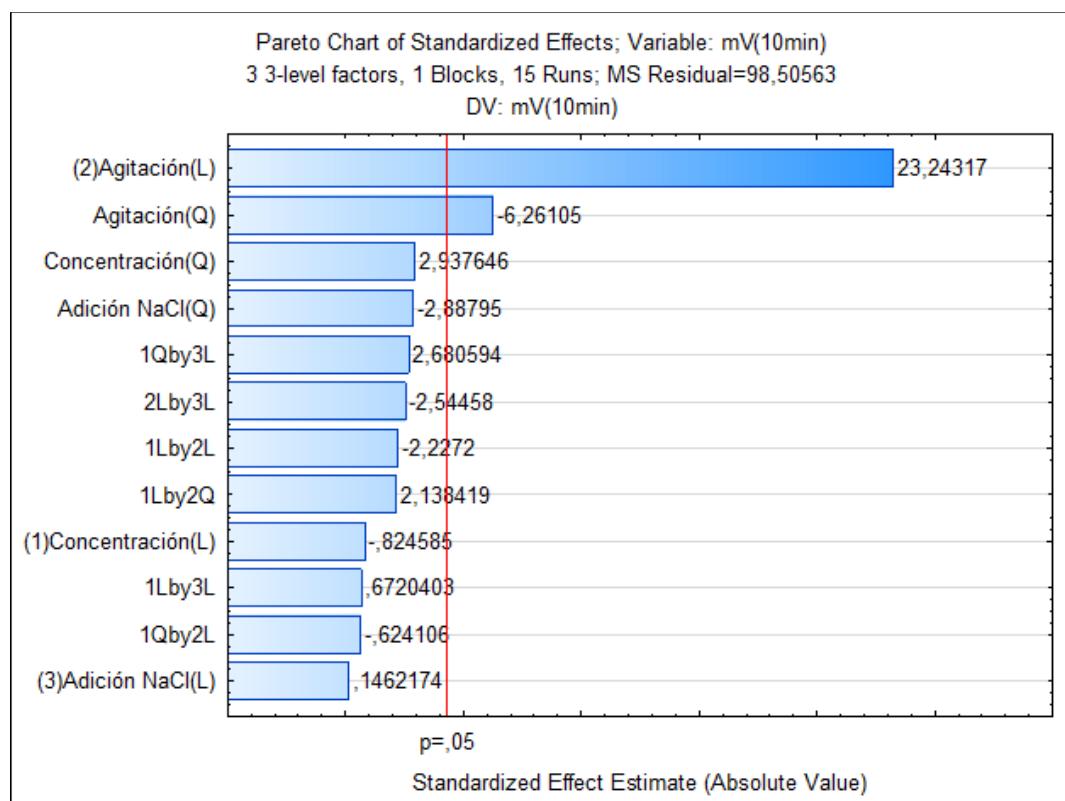


Figura 4-22 Diagrama de Pareto para los valores obtenidos durante diez minutos.

En cuanto a la gráfica de los valores obtenidos frente a los previstos (véase Figura 4-23), conforme transcurre el tiempo los parámetros se acercan más a la recta de regresión y se comienza a apreciar que el voltaje obtenido máximo decrece ligeramente.

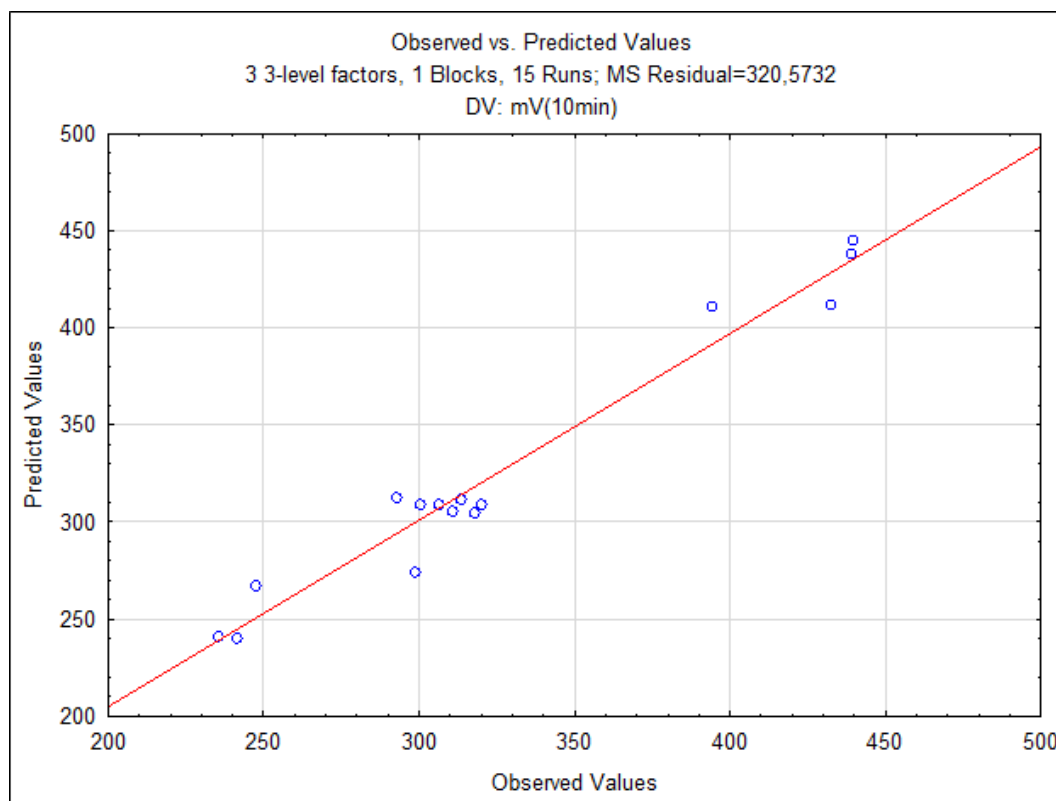


Figura 4-23 Valores previstos vs. valores observados durante diez minutos.

En la tabla ANOVA (Tabla 4-16), solo se demuestra lo dicho anteriormente, que la agitación es la más significativa, albergando el 86 % de las interacciones.

ANOVA; Var.:mV(10min); R-sqr=.99704; Adj.:.97927 (3 factor Box-Behnken design, 3 3-level factors, 1 Blocks, 15 Runs; MS Residual=98,50563 DV: mV(10min))						
Factor	SS	df	MS	F	p	
(1)Concentración L+Q	917,06	2	458,53	4,6549	0,176839	
(2)Agitación L+Q	57078,64	2	28539,32	289,7227	0,003440	
(3)Adición NaCl L+Q	823,67	2	411,84	4,1808	0,193019	
1*2	977,45	3	325,82	3,3076	0,240752	
1*3	752,31	2	376,15	3,8186	0,207529	
2*3	637,82	1	637,82	6,4749	0,125924	
Error	197,01	2	98,51			
Total SS	66525,14	14				

Tabla 4-16 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para diez minutos.

A partir del análisis de los diez minutos se usa como ejes independientes la agitación y la concentración (véase Figura 4-24), puesto que, basándose en el Diagrama de Pareto, para más tiempo transcurrido influye más que la adicción de *NaCl*. Al predominar tanto la agitación, se obtienen cada vez superficies menos curvas. Aunque influya más la concentración, ocurre que se obtiene el mayor voltaje con su valor medio (concentración 1:2) de aproximadamente 460 mV, ligeramente inferior que en menos tiempo.

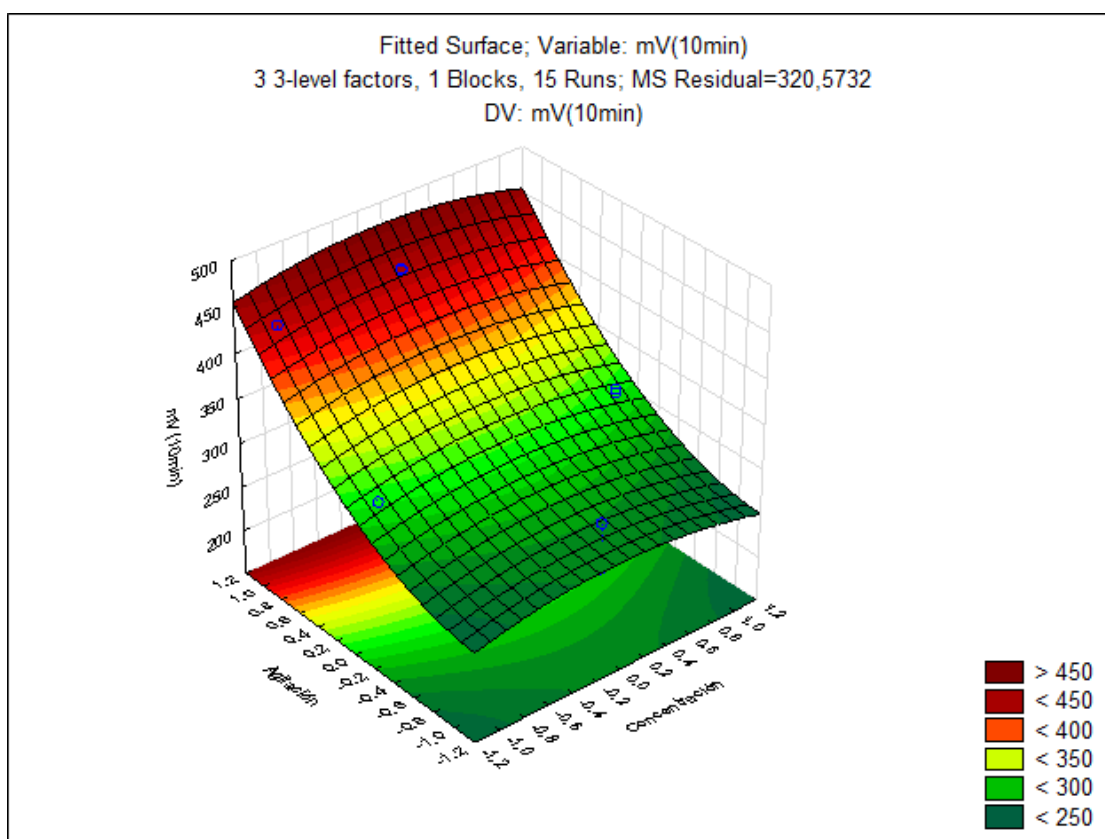


Figura 4-24 Superficie ajustada para la obtención de bioelectricidad para diez minutos.

Se procede a realizar el análisis de datos para quince minutos, siendo el decisivo que marcará las pautas y decisiones de los diferentes datos obtenidos.

4.3.4 Análisis de datos para quince minutos

Experimento	mV(15 min)
1	240,69
2	439,17
3	268,71
4	432,99
5	219,35
6	421,86
7	230,26
8	384,48
9	310,36
10	286,03
11	310,13
12	299,59
13	301,27
14	305,54
15	297,26

Tabla 4-17 Valores tomados de tensión durante quince minutos.

Analizando el último Diagrama de Pareto (Figura 4-25), se observa lo mismo que en los subapartados 4.3.2, *Figura 4-18 Superficie ajustada para la obtención de bioelectricidad para un minuto*.

Análisis de datos para cinco minutos, y 4.3.3, *Análisis de datos para diez minutos*, con la salvedad de que la concentración sobrepasa el límite de significancia y comienza a afectar más al proceso con el tiempo. Otra vez, la variable lineal es la predominante que deriva en una superficie de respuesta menos curva.

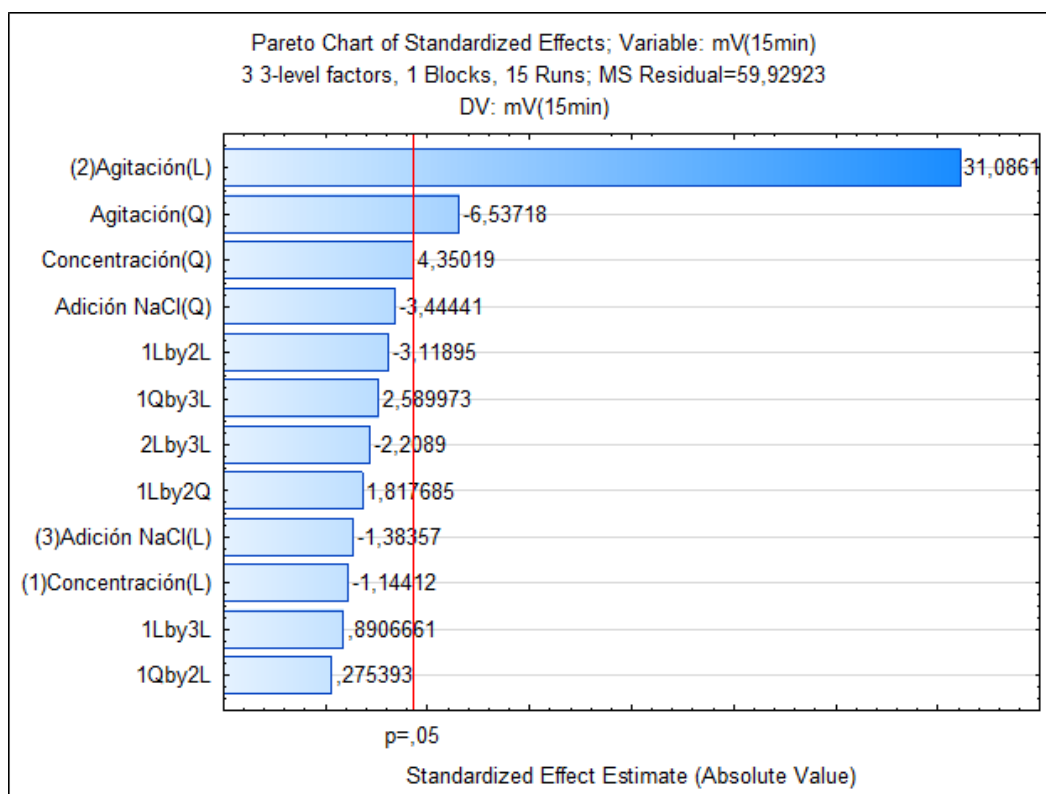


Figura 4-25 Diagrama de Pareto para los valores obtenidos durante quince minutos.

Los datos obtenidos progresivamente (véase Figura 4-26) son más similares a los previstos, disminuyendo ligeramente el valor máximo obtenido y agrupándose en más las muestras en el medio de la gráfica. En ningún momento hay relación entre la diferencia de valores de uno u otro.

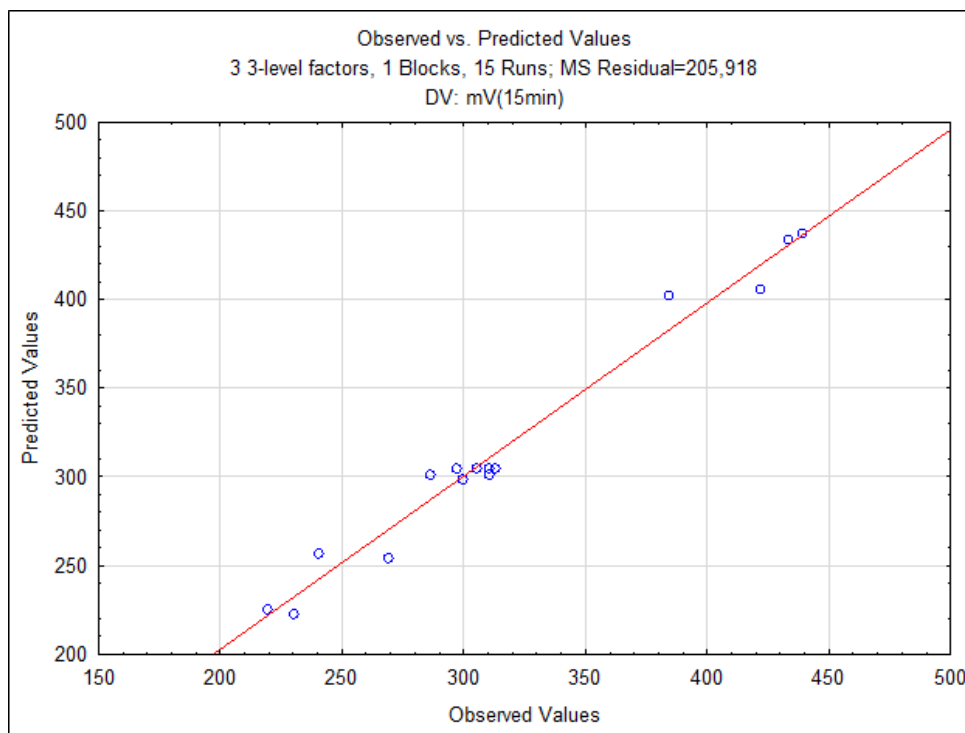


Figura 4-26 Valores previstos vs. valores observados durante quince minutos.

En cuanto la tabla ANOVA (véase Tabla 4-18), esta difiere un poco respecto a las anteriores porque se encuentran tres parámetros que sobrepasan la significancia, la agitación cuadrática y lineal y la concentración cuadrática, esto se apreciará en la superficie de respuestas donde la curva será cóncava en su parte superior, contraria a lo que se está acostumbrado. El porcentaje de interacciones significantes se mantiene en un 86 %.

ANOVA; Var.:mV(15min); R-sqr=.99831; Adj.:.98819 (3 factor Box-Behnken design 3 3-level factors, 1 Blocks, 15 Runs; MS Residual=59,92923 DV: mV(15min))					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Concentración(L)	78,45	1	78,45	1,3090	0,371042
Concentración(Q)	1134,11	1	1134,11	18,9242	0,048992
(2)Agitación(L)	57912,47	1	57912,47	966,3477	0,001033
Agitación(Q)	2561,06	1	2561,06	42,7347	0,022610
(3)Adición NaCl(L)	114,72	1	114,72	1,9143	0,300680
Adición NaCl(Q)	711,00	1	711,00	11,8640	0,074937
1L by 2L	582,98	1	582,98	9,7278	0,089250
1L by 2Q	198,00	1	198,00	3,3040	0,210744
1Q by 2L	4,55	1	4,55	0,0758	0,808858
1L by 3L	47,54	1	47,54	0,7933	0,467086
1Q by 3L	402,00	1	402,00	6,7080	0,122318
2L by 3L	292,41	1	292,41	4,8793	0,157818
Error	119,86	2	59,93		
Total SS	71034,47	14			

Tabla 4-18 Tabla ANOVA de los datos obtenidos para quince minutos.

Llegando al final del análisis se consiguen los 500 mV (véase Figura 4-27) que se buscan durante la realización del proyecto. La precisión en la consecución de los 500 mV es extremadamente importante, puesto que en la superficie sólo hay un punto por encima de los 500 mV donde se consigue con un máximo de agitación y un mínimo de concentración (1:4). Este mínimo de concentración es debido a que cuando más se agite la disolución, antes se alcanza la homogeneidad, por lo tanto no interesa tener una disolución densa que provoque irregularidades en el fluido.

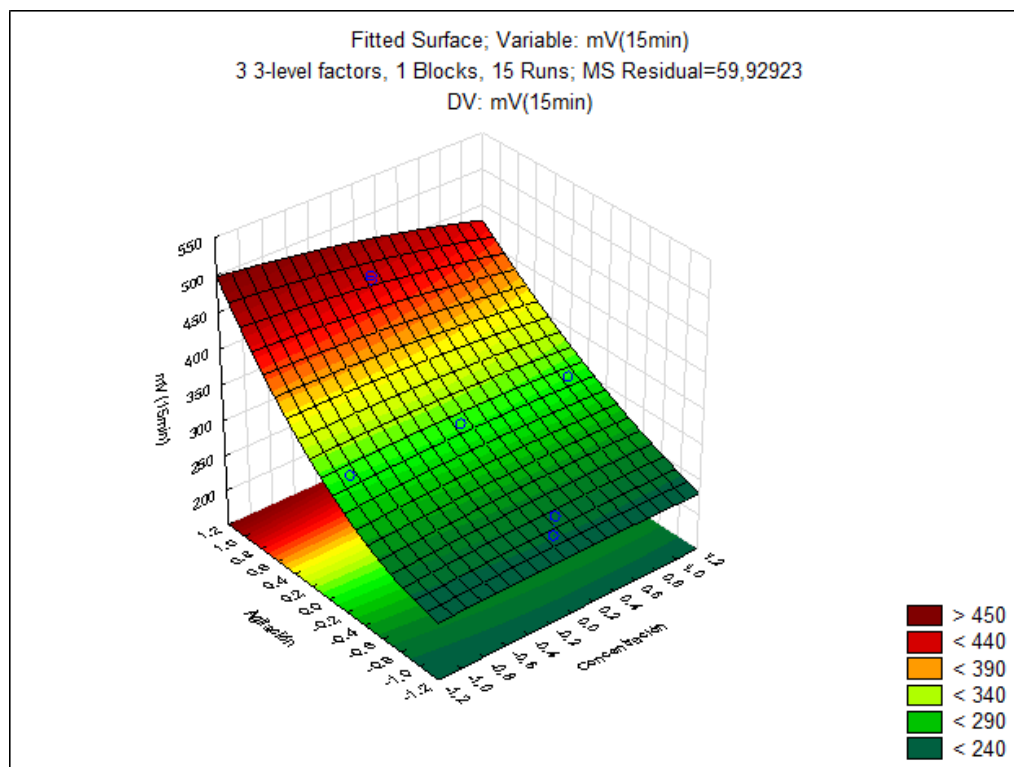


Figura 4-27 Superficie ajustada para la obtención de bioelectricidad para quince minutos.

Concluido el análisis de los diferentes datos obtenidos, se procede a realizar una discusión acerca de estos. Esta discusión será decisiva para elegir cuáles son las cantidades de las variables aplicadas. Será importante seleccionar objetivamente los parámetros, puesto que algunos de los valores aplicados no coincidirán con el máximo obtenido, debido a que el observador considerará más importante que se mantenga un voltaje mayor con el transcurso del tiempo o considera que se realizaría un mal uso del material.

4.3.5 Discusión de la segunda etapa

Para finalizar el experimento y elegir un resultado hay que discurrir esta etapa de optimización. En primer lugar, hay que pensar para cuanto tiempo está pensado el funcionamiento de este montaje. Se va a discutir el caso de que quiera mantenerse una duración de quince minutos o más. Por lo tanto, se elige este período porque el voltaje obtenido no es lo suficientemente grande, aunque sí lo es a nivel de laboratorio, como para poder ser aplicado en períodos menores con el objetivo de mantener satisfactoriamente un aparato electrónico, bombillas o la carga de baterías. Al elegir este período hay que ser consciente que con el paso del tiempo, el voltaje obtenido va reduciéndose muy ligeramente, pero es mejor obtener un voltaje superior a 400 mV durante una gran cantidad de tiempo, que uno de 500 mV durante períodos cortos de tiempo.

En los perfiles previstos de los valores (véase Figura 4-28) se ha realizado, gracias al análisis realizado previamente, un seguimiento del recorrido de las tres variables en la segunda etapa del experimento. En la Figura 4-28 aparece la progresión obtenida de los distintos períodos del experimento y los valores obtenidos de diferencia de potencial con una tolerancia de error. A raíz de esta figura se elegirán los parámetros de las variables para obtener el máximo rendimiento posible.

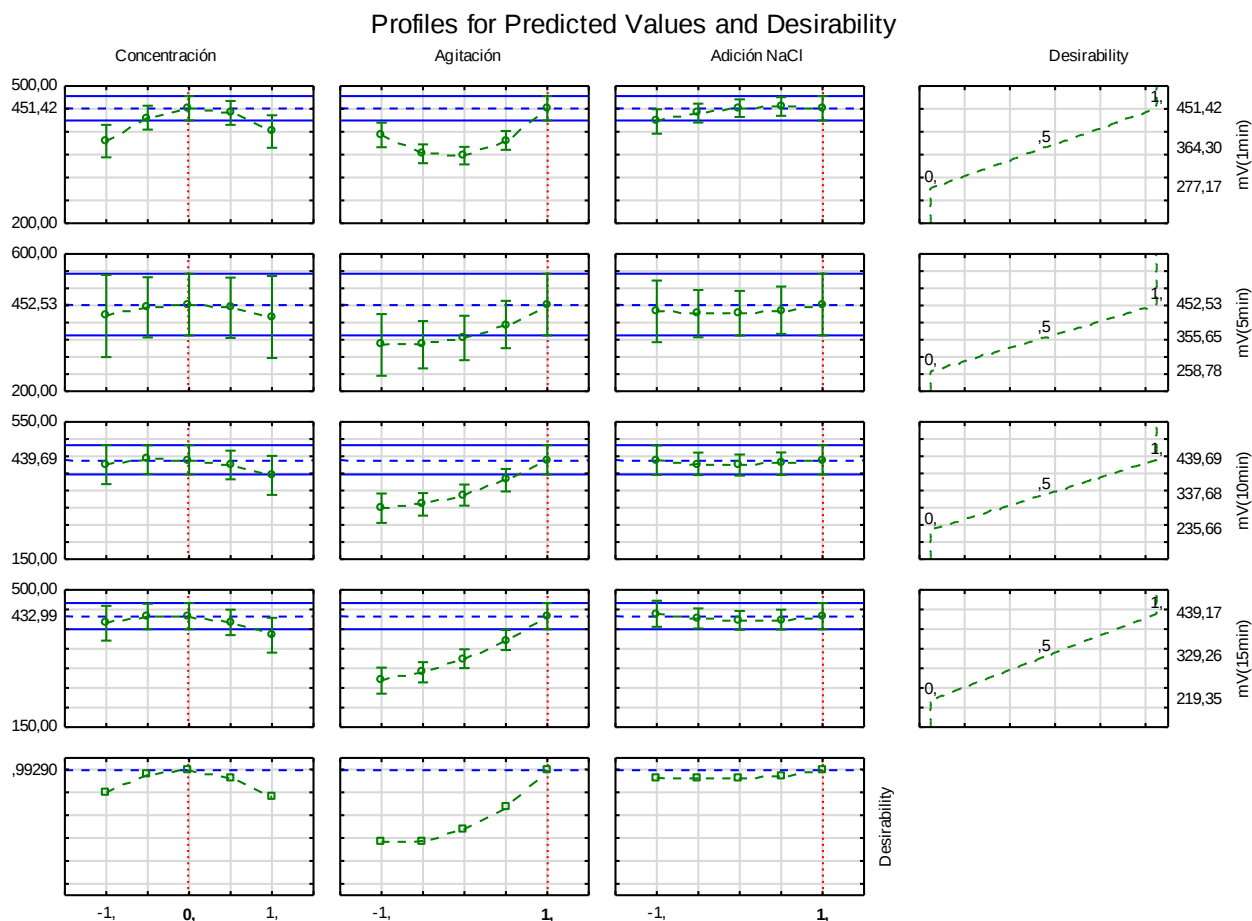


Figura 4-28 Perfiles de los valores previstos.

Para conseguir un voltaje por encima del 90 % del rendimiento del montaje, se debe aplicar una gran agitación que reducirá el rendimiento de la reacción puesto que se estará consumiendo energía por parte del agitador. Esta es necesaria para la obtención de un voltaje considerable. Se percibe que la agitación facilita la creación de voltaje, cuando más agitación, más voltaje. En el rango presente de valores de agitación debería usarse la máxima posible.

En cuanto al cloruro de sodio se elegirá la adición de un 8 % de este, puesto que se ha comprobado mediante el análisis, el cloruro de sodio disminuye su colaboración a obtener diferencia de potencial a partir de este valor, debido a que no se disuelve completamente en la reacción cuando sobrepasa esta media y pierde efecto positivo. Sin embargo, la gráfica inmediatamente superior, aprueba lo que se concluyó en la segunda etapa. El cloruro de sodio es el que menos varía en la gráfica y, por lo tanto, el que menos facilita la obtención de voltaje. Por estos motivos, se hace un balance y se decide mantener la decisión de aplicar un 8 % de cloruro de sodio.

No obstante, el recorrido de la concentración de la disolución presenta un aspecto parabólico, presentando su máximo en el valor medio del rango de valores. Se concluirá que la concentración será una parte de vinaza en tres de agua (1:3), puesto que se puede apreciar como que se encuentra en un punto muy cercano al máximo de 1:2. Sin embargo, por características fisiológicas, resulta más importante que la disolución ofrezca una menor resistencia al agitador y reducir así la energía necesitada para agitar que producir un voltaje de aproximadamente 10 mV mayor, teniendo que invertir más en agitar. El balance entre densidad, producción de electricidad e inversión en agitación deriva en una concentración 1:3.

También refiriéndose a la Figura 4-28, la deseabilidad no es más que la tendencia que posee cada una de las variables dependiendo de la cantidad aplicada. En el eje vertical se muestra el rendimiento de cada uno de los parámetros. Analizándolos por separado, se observa que el máximo rendimiento

que se puede obtener es del 99,29 %. Una vez elegidas las cantidades de los valores aplicados y realizando una combinación sinérgica de estos se puede asegurar que se obtendrá un rendimiento superior al 97 %. Comparando con otras celdas de combustible microbianas como la CCM que se basa en el uso de bacterias oxidantes de azufre y hierro, se obtiene un rendimiento bastante mayor, siendo el de la CCM un 53 %. Sin embargo, se aprecia que la CCM de vinaza obtiene un voltaje menor que muchas otras celdas [53]. No obstante, la generación de un biofilm en la mayoría de celdas producen un decremento más acelerado de la tensión mantenida, debido a que suelen ser aguas residuales con una gran densidad de partículas. El estudio de la variación con el tiempo ha demostrado que, en un funcionamiento de seis horas, no ha influido apenas la creación de *biofilm*. Además, se observa visualmente como el *biofilm* generado es mucho menor en los electrodos que en otras celdas similares diseñadas con el mismo propósito [54].

4.4 Problemas y calidad del experimento

La calidad experimental de un proceso ingenieril es fundamental para la certificación de un experimento. La familia de normas ISO 9000, en especial, la ISO 9001:2015, de los SGC [55], recoge la precisión y exactitud que debería poder acreditar un experimento para que se considere válido.

Durante la realización del experimento se ha buscado la exactitud y precisión de manera constante, sin embargo, se han acumulado una serie de errores que, en menor o mayor medida, pueden haber influido en los resultados.

En primer lugar, se han tenido problemas con la elaboración de una fiable unión entre el electrodo y los cables (véase Figura 3-10) puesto que se despegaba y daba lugar a tener que repetir la muestra en cuestión. Se podría haber evitado realizando una soldadura del extremo del cable al electrodo, puesto que no modifica la tensión obtenida y facilita el contacto constante.

Otras variaciones sufridas han sido las diferencias de las condiciones ambientales de los distintos días invertidos en el laboratorio. La temperatura se ha corregido parcialmente manteniendo la estufa o el agitador a la temperatura del primer día de laboratorio (18 °C). En cuanto a la longevidad de la vinaza, con el paso del tiempo aumenta la fermentación de esta que, aunque no sea muy notable con el transcurso del tiempo, la fermentación facilita la producción de bioelectricidad. También se produce una variación del pH con el transcurso del tiempo.

Errores cometidos en la toma de datos, la precisión del Arduino (± 5 mV) y tolerancias de los vasos de precipitado han sido asumidos, siempre realizando la toma de datos con la mayor precisión posible del observador.

El hecho de no poseer un agitador escalable y tener que escalarlo manualmente también puede haber supuesto errores en la exactitud del experimento. Además, aunque se mantenga constantes las revoluciones por minuto del agitador, este sufre variaciones de revoluciones produciendo un error, aunque sea pequeño, notable en el experimento. La agitación la lleva a cabo un imán en forma de pastilla que mueve la mezcla dependiendo de su tamaño. Por lo tanto, se normaliza el imán para todos los experimentos, con unas dimensiones de 1,6 cm de largo y 0,5 cm de ancho.

Se llega a la conclusión de que si se quisiera comercializar o aceptar el experimento como válido, debería pasar una etapa de control de calidad con profesionales en la materia. No obstante, tras diferentes estudios realizados sobre la muestra, se piensa que el experimento ha obtenido unos valores de rendimientos muy acordes a lo esperado.

La calidad incluye la contextualización del experimento, ya que la existencia de diversos experimentos similares da la posibilidad de situar la celda microbiana del presente trabajo. En diversas celdas que contienen un electrolito con presencia de microorganismos se consiguen alcanzar tensiones del orden de 500 mV, como es el caso de aguas residuales. Aunque un gran número de experimentos tienen como finalidad la limpieza del electrolito, es inevitable la producción de electricidad, con su posible utilización. En diversas universidades reconocidas mundialmente se realizan experimentos que

consisten en el montaje de celdas microbianas en serie, llegando a alcanzar 5 V con 10 litros de aguas residuales, suficiente para alimentar varios relojes digitales y una lámpara led [56]. El mismo efecto se obtendría en la celda microbiana con vinaza como electrolito, la conexión en serie permitiría una obtención mayor de tensión.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Descripción del apartado

En el presente apartado se busca la valoración del proyecto, concluyéndolo con líneas futuras que servirán de base, pauta y consejo para los proyectos realizados posterior a este.

La realización de este trabajo ha permitido el estudio de la producción de bioelectricidad a partir de residuos de la industria vitivinícola, como son las vinazas. La parte experimental del proyecto ha tenido un peso muy relevante ya que ocupó la mayor parte del estudio.

En referencia a los objetivos fijados se han cumplido satisfactoriamente en cuanto a conseguir un buen rendimiento de la producción de bioelectricidad. Con el presente proyecto se ha conseguido avanzar en materia vitivinícola, fomentando sosteniblemente la creación de equipos autónomos para la producción de energía renovable a partir de biomasa. También se fomenta con el presente Trabajo de Fin de Grado la realización de otros proyectos en años venideros relacionados con la materia vitivinícola.

Se puede concluir que los razonamientos y conclusiones derivados del estudio de la producción de bioelectricidad:

- El diseño y montaje de la celda microbiana se ha realizado satisfactoriamente, consiguiendo un montaje sencillo para poder normalizarlo y con posibilidad de ser estudiado para introducirlo en el mercado. Además de ser un circuito económicamente disponible para todos los mercados, ya que su sencillez deriva en un coste bajo.
- Las dimensiones de los electrodos no varían la producción de bioelectricidad, estas sólo determinan el tiempo de vida de estos, debido a la velocidad con la que los electrodos pierden material (cátodo) o se oxida su superficie (ánodo). El espesor de los electrodos simplemente se determina por comodidad, para que se pueda mantener vertical en el vaso de precipitado y tenga peso suficiente para que la agitación no lo mueva.
- En cuanto al programa STADISTICS, su uso ha sido decisivo para la realización de experimentos y poder interpretar y comparar los resultados obtenidos. Ha permitido, previo estudio del software, ayudar al entendimiento gráfico de lo que ocurre realmente en el proceso. Acompañado de las distintas opciones del programa que permiten juzgar los datos del observador objetivamente y conseguir soluciones de una manera sencilla. En la presente memoria se ilustran los gráficos más significativos del programa, pudiendo obtener otros gráficos de efectos y relación entre diferentes parámetros sin ser los principales, para un estudio más preciso.
- Aunque los objetivos se hayan cumplido, se llega a la conclusión de que se necesita hallar la energía que consume la agitación para realizar un verdadero balance de rendimiento.

Además, la sencillez del circuito lo hace un circuito vulnerable ante cualquier alteración de condiciones externas o internas. Por lo tanto, sería ideal que el funcionamiento del montaje se llevara cabo en un lugar con unas condiciones ambientales constantes, ya que los cambios bruscos afectan a las propiedades fisiológicas de la vinaza y su rendimiento disminuye.

5.2 Líneas futuras

Durante la realización del experimento se ha discurrido en conclusiones que pueden ser de gran ayuda en la optimización del proceso para los futuros experimentos:

- El proceso se puede agilizar realizando un circuito que contenga dos protoboards, así se optimizaría el 50 % del tiempo ya que se llevarían a cabo dos tomas de datos a la vez. En cuanto a Arduinos, sólo sería necesario uno, ya que usando el mismo código en otra hoja del software, cambiando la entrada el Arduino, se pueden realizar dos circuitos similares que trabajen en dos protoboards diferentes.
- La vulnerabilidad mencionada en el apartado anterior se podría corregir con cambios en el circuito. Una unión, ya mencionada, más robusta entre los cables y los electrodos, tapar el vaso de precipitado para que la mezcla no salga con la agitación (véase Figura 5-1), conseguir introducir todo en un soporte o molde para un cómodo transporte, etc. Mejorar la configuración de la celda microbiana para una producción más eficiente de bioelectricidad.



Figura 5-1 Vaso de precipitado después de aplicar la máxima agitación.

- Se prueba el grafito como electrodo y no se consigue un resultado adecuado. No obstante, se pueden realizar pruebas experimentales con otros electrodos y comparar los datos. Al igual que la vinaza, se podrían realizar pruebas con vinazas de otros vinos o en otro grado de fermentación.
- Mejorar o encontrar nuevas técnicas de análisis de resultados, para poder realizar una evaluación fiable de los métodos más productivos o las variables más eficientes en la producción de bioelectricidad a partir de residuos de la industria vitivinícola.
- Aplicación de los valores óptimos obtenidos en el experimento en el ámbito doméstico, así como marítimo, con el uso de agua de mar en vez de agua destilada y cloruro de sodio.
- Diseñar un circuito que contenga varias celdas microbianas en serie, con el objetivo de poder implementar el sistema en ámbitos domésticos. que permita mantener aparatos eléctricos encendidos (p.ej., lámparas, baterías, relojes).

- De manera alternativa a la viñeta anterior, conseguir el funcionamiento del circuito con un amplificador operacional, que elevaría positivamente la diferencia de potencial de la entrada, tal como podría ser el amplificador operacional LM741 o similares, disponibles en el laboratorio de electrónica del Centro Universitario de la Defensa.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. Swearingen. [En línea].
- [2] V. Arboleda, F. Restrepo y M. Dussán, «Aprovechamiento biológico de recursos agroindustriales,» Universidad Católica de Manizales, 25 Enero 2010. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Arboleda_Valencia/publication/261646989_Aprovechamiento_biologico_de_residuos_agroindustriales/links/0c960534eb71ebb47a000000/Aprovechamiento-biologico-de-residuos-agroindustriales.pdf.
- [3] FAO, «FAO news,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/news/story/es/item/35675/icode/>.
- [4] G. Hafez, 2009.
- [5] E. Stratta, «El precio del crudo y su historia,» *Petrotecnia*, pp. 80-84, Junio, 2016.
- [6] Real Academia de la Lengua.
- [7] D. García y A. Receau, *Energía de la biomasa (volumen I)*, 2010.
- [8] A. De Lucas Martínez, *Análisis del binomio energía- medioambiente*, 2012.
- [9] Organización Internacional de la Viña y el Vino, OIV Statical Report On World Vitiviniculture, 2017.
- [10] D.Guy, «2017-2018 Grape must Harvest forecasts,» Bruxeilles, Belgium, 27 de Septiembre de 2017.
- [11] X. Vecino Bello, *Avances hacia un desarrollo sostenible mediante el tratamiento de residuos: Estudio de la aplicación industrial de los productos obtenidos*, Vigo: Universidad de Vigo, 2014.
- [12] X. Vecino Bello, «Residuos originados en la Industria del Vino,» de *Avances hacia un desarrollo sostenible: Mediante el tratamiento y revalorización de residuos: estudio de la aplicación industrial de los productos obtenidos*, Vigo, Universidad de Vigo, 2014, pp. 41-42.
- [13] M. Ribes Marín, «Vinetur,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.vinetur.com/posts/1657-por-que-las-botellas-de-vinos-son-de-750-ml.html>. [Último acceso: 13 Enero 2018].

- [14] R. Devesa Rey, X. Vecino Bello y J. Varela-Alende, «Waste Management,» *Waste Management*, vol. 31, nº 11, pp. 1-2, 2011.
- [15] M.A.Bustamente, C. Paredes y R.Moral, «Composts from distillery wastes as peat substitutes for transplant production,» de *Resources, Conservation and Recycling*, Elsevier, 2008, pp. 792-799.
- [16] R. Paralelo, A. Moldes y M. Barral, «Treatment of red wine vinasses with non-conventional substrates for removing coloured compounds,» *Water science and technology*, vol. 59, nº 8, pp. 1585-1592, 2009.
- [17] J. Salgado, N. Rodríguez, S. Cortés y J. M. Domínguez, «Development of Cost-Effective Media to Increase the Economic Potential for Larger-Scale Bioproduction of Natural Food Additives by *Lactobacillus rhamnosus*, *Debaryomyces hansenii*, and *Aspergillus niger*,» 12 Octubre 2009. [En línea]. Available: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf901911c>. [Último acceso: 13 Enero 2018].
- [18] Boletín Oficial del Estado, «Agencia Estatal del Boletín Oficial del Estado,» Ministerio de Presidencia y Administraciones Territoriales, 11 Marzo 1996. [En línea]. Available: <http://www.boe.es>. [Último acceso: 15 Enero 2018].
- [19] Ecoticias.com, «Residuos de la elaboración del vino para desarrollar productos alimenticios, cosméticos y farmacéuticos.,» *Ecoticias.com*, 29 Julio 2015.
- [20] V. Criado Murciano, «Proyecto básico de una planta de biomasa,» Septiembre 2014. [En línea]. Available: http://oa.upm.es/32723/1/PFC_V%C3%ADctor_Murciano_Criado.pdf. [Último acceso: 18 Enero 2018].
- [21] L. De Pablo Lorenzo y A. Giraldo Gregorio, Diseño de una planta térmica de residuos vitivinícolas para una bodega., Valladolid: Universidad de Valladolid, 2005.
- [22] VIX, «VIX,» 03 Agosto 2010. [En línea]. Available: <https://www.vix.com/es/imj/gourmet/2010/08/03/la-destilacion-del-vino>. [Último acceso: 15 Enero 2018].
- [23] L. Melissa, «Laboratorio de Química,» Laboratorio de química, 04 Junio 20115. [En línea]. Available: todoquimicalaboratorio.blogspot.com.es/2015/06. [Último acceso: 23 Enero 2018].
- [24] D. Sanz Sanz, REVISIÓN SOBRE TÉCNICAS ACTUALES, Valladolid: Universidad de Valladolid, 2012.
- [25] R. Plana, «Maestro Compostador,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.maestrocompostador.es/Metanizacion/Metanizacion.html>. [Último acceso: 16 Enero 2018].
- [26] Plantas de cogeneración, «Plantas de Cogeneración: definición e importancia en la actualidad,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.plantasdecogeneracion.com/index.php/las-plantas-de-cogeneracion>. [Último acceso: 16 Enero 2018].
- [27] Agralco S.Coop. Ltda., «Aprovechamiento energético de residuos.,» Pamplona, 2011.
- [28] Bodegas Torres, «Taninotanino,» 24 Octubre 2012. [En línea]. Available: <http://www.taninotanino.es/posts/torres-con-la-mayor-caldera-de-biomasa>. [Último acceso: 18 Enero 2018].
- [29] Comunicarse web, «Comunicarse web,» 07 Abril 2016. [En línea]. Available:

<http://www.comunicarseweb.com.ar>. [Último acceso: 18 Enero 2018].

- [30] Ecured, «Ecured,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.ecured.cu/Electr%C3%B3lisis>. [Último acceso: 18 Enero 2018].
- [31] J. Pérez Porto y A. Gardey Rodríguez, «Definición.de,» 2017. [En línea]. Available: <https://definicion.de/>. [Último acceso: 18 Enero 2018].
- [32] R. Santiago Netto, «Fisica.net,» 2015. [En línea]. Available: https://www.google.es/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwWij6o-ak-LYAhWCVRQKHXL6DSwQjxwIAw&url=https%3A%2F%2Fwww.fisicanet.com.ar%2Fquimica%2Felectrolisis%2Fap02_electrolisis.php&psig=AOvVaw32UY03nd4nC5F8H1QgWuoy&ust=1516386740198605. [Último acceso: 18 Enero 2018].
- [33] Química y algo más, «Química y algo más,» 2014 Mayo 24. [En línea]. Available: <https://quimicayalomas.com/quimica-general/electrolisis-y-pilas/>. [Último acceso: 19 Enero 2018].
- [34] AENOR, «AENOR,» 18 Julio 2001. [En línea]. Available: <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0024905#.WmW6aa7ibiU>. [Último acceso: 22 Enero 2018].
- [35] J. Paredes, «Uso de Anodización en los materiales,» [En línea]. Available: www.uam.mx/difusion/casadeltiempo/.../casa_del_tiempo_eIV_num28_59_65.pdf. [Último acceso: 22 Enero 2018].
- [36] J. Lora García, *Optimización de la limpieza electrolítica de sustratos metálicos oxidados*, Marín: Centro Universitario de la Defensa, 2015-2016.
- [37] J. Hernández de Armijo González-Cela, *Recuperación y tratamiento superficial (TTS) de piezas usadas en prácticas de determinación de módulos elásticos del CUD*, Marín: Centro Universitario de la Defensa, 2016-2017.
- [38] E. Díaz Zuaza, *Recuperación electrolítica de piezas de acero oxidadas*, Marín: Centro Universitario de la defensa, 2014-2015.
- [39] S. de Paula Eiras y A. Renée Coscione, «Chemkeys,» [En línea]. Available: <http://chemkeys.com/es/2000/03/03/metodos-de-optimizacion-en-quimica/>. [Último acceso: 23 Enero 2018].
- [40] Minitab Inc., «Diseño factorial y diseño fraccionario factorial,» Minitab Inc., 2017. [En línea]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/doe/supporting-topics/factorial-and-screening-designs/factorial-and-fractional-factorial-designs/>. [Último acceso: 23 Enero 2018].
- [41] I. Cascos Martínez, «Diseños fraccionarios,» Universidad Carlos III, 2013. [En línea]. Available: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/icascos/esp/est2/fraccionales.pdf>. [Último acceso: 07 Febrero 2018].
- [42] L.V.A.Reddy, Y.-J. Weeb, J.-S. Yunc y H.-W. Ryu, «Biotechnology Resources,» de *Optimization of alkaline protease production by batch culture of Bacillus sp. RKY3 through Plackett–Burman and response surface methodological approaches.*, Elsevier, 2008, pp. 2242-2249.
- [43] S. Ferreira, H.S.Ferreira, G.D.Matos, J.M.David y G.C.Brandao, «Box-Behnken design: An

- alternative for the optimization of analytical methods,» de *Analytica Chimica Alta*, Sao Paulo, Elsevier, 2007, p. 179–186.
- [44] Minitab Inc., «¿Qué son los diseños de superficie de respuesta, los diseños centrales compuestos y los diseños de Box-Behnken?,» Minitab Inc., 2017. [En línea]. Available: <https://support.minitab.com>. [Último acceso: 23 Enero 2018].
- [45] Circuitoselectronicos.org, «Circuitos electrónicos,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.circuitoselectronicos.org/2007/10/el-protoboard-tableta-de-experimentacin.html>. [Último acceso: 27 Enero 2018].
- [46] Arduino, «Arduino,» Arduino IDE 1.5.3, 2018. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>. [Último acceso: 24 Enero 2018].
- [47] Area electrónica, «Area electrónica: componentes pasivos, resistencias,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.areaelectronica.com/componentes-pasivos/resistencias.htm>. [Último acceso: 28 Enero 2018].
- [48] P. Barreto, «Disolución de sales y precipitación,» Universidad Nacional del Callao, Callao, 2011.
- [49] G. Trioli, «Bacterias lácticas,» de *CONTAMINACIÓN MICROBIANA EN EL VINO*, Vinidea, Italia, EU FP6 STREP - ORWINE, 2009, pp. 3-4.
- [50] M. Sales, «Gestiopolis: economía, Diagrama de Pareto,» Gestiopolis, 28 Julio 2002. [En línea]. Available: <https://www.gestiopolis.com/diagrama-de-pareto/>. [Último acceso: 15 02 2018].
- [51] C. Morales y R.M., «Diagrama de Pareto,» de *Fundamentos a la Organización de la Empresa*, Marín, Pontevedra, Centro Universitario de la Defensa, 2016-2017.
- [52] Minitab 17, «Minitab Support: ANOVA,» 2017. [En línea]. Available: <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/anova/anova-statistics/understanding-sums-of-squares/>. [Último acceso: 15 Febrero 2018].
- [53] M. Saavedra Salas, «Eficiencia energética y rendimiento,» de *Diseño de una Celda de Combustible Microbiológicas con Uso de Bacterias Oxidantes de Azufre y Hierro*, Santiago de Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias y Matemáticas, 2012, pp. 52-54.
- [54] I. Lasa Uzcudun, «Biofilms bacterianos,» *Semicrobiología*, vol. 37, pp. 14-18, 2014.
- [55] Escuela Europea de Excelencia, «Aplicación de la nueva ISO 9001:2015,» Escuela Europea de Excelencia, Septiembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/>. [Último acceso: 24 Febrero 2018].
- [56] T. Dávalos, «Conacyt prensa: Celdas de combustible microbianas, energía limpia para el futuro,» 01 Marzo 2017. [En línea]. Available: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/energia/13356-celdas-combustible-microbianas-energia-limpia-futuro>. [Último acceso: 04 Marzo 2018].
- [57] J. Call Quer, «Arduino technical specification,» 2014. [En línea]. Available: </datasheet.octopart.com/A000066-Arduino-datasheet-38879526.pdf>. [Último acceso: 01 Marzo 2018].
- [58] K. H. Dave y L. Tsang, «Comparison of Multi-Factor Screening Experimental Process Characterization,» de *IFPAC Anual Meeting*, Bristol, 2016.

ANEXO I: DIFERENTES ASPECTOS DE LA VINAZA

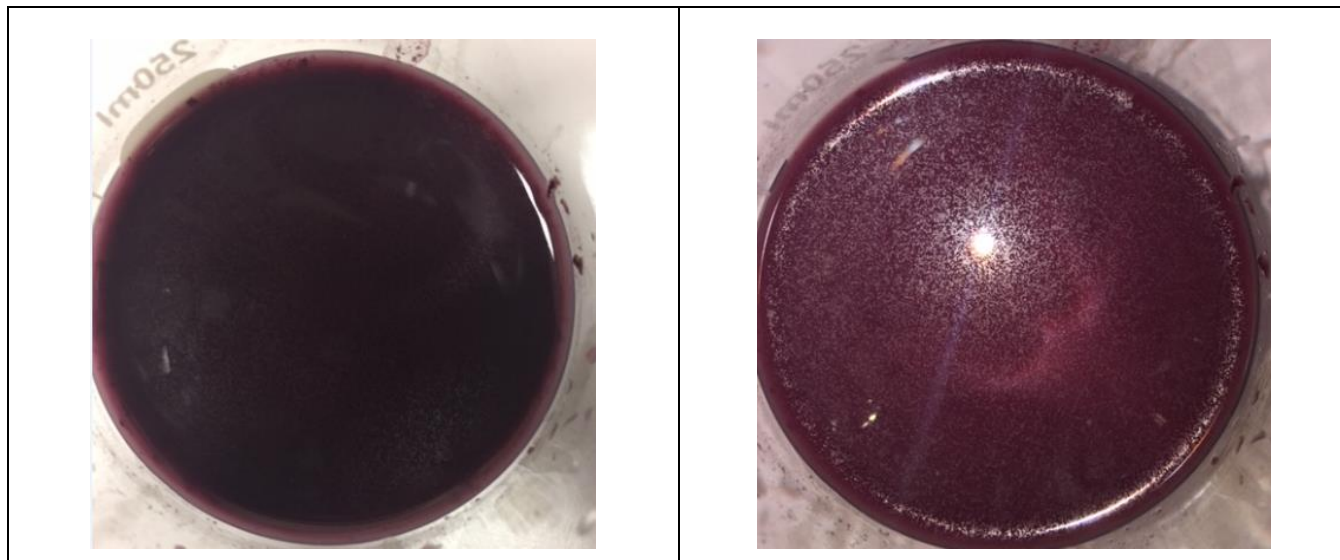


Tabla A-1-1 (Izda.) Vinaza sin cloruro de sodio. (Dcha.) Vinaza con cloruro de sodio.

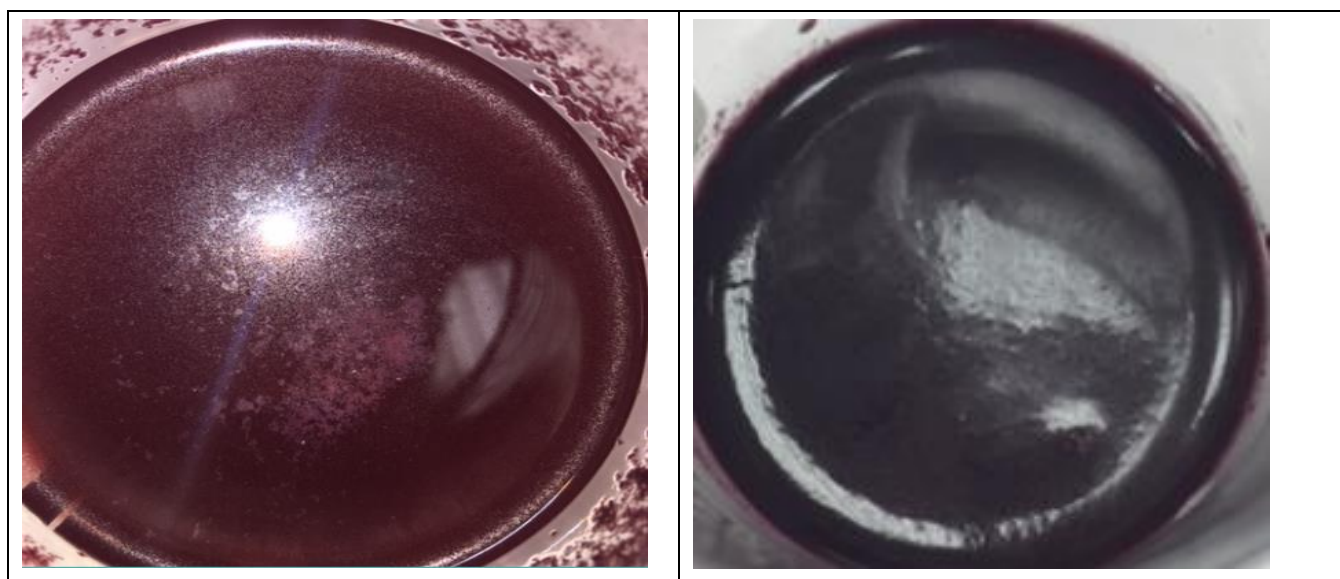


Tabla A-1-2 (Izda.) Vinaza con concentración 1:4 y levadura. (Dcha.) Vinaza sin diluir y sin levadura.

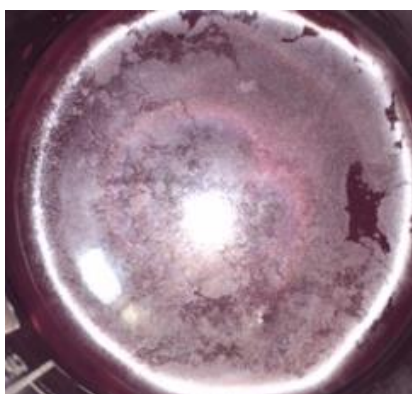


Figura A-1-1 Capa superficial formada por la levadura fermentada.

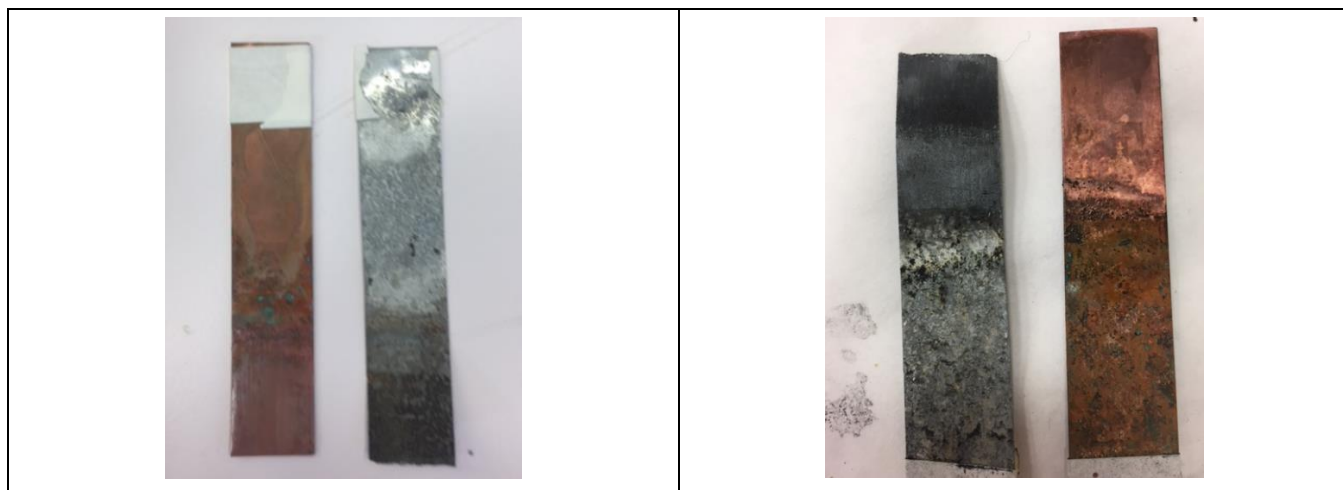


Tabla A-1-3 Desgaste gradual de los electrodos: (Izda.) Final primera etapa. (Dcha.) Final segunda etapa.

ANEXO II: DATOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO

A continuación en el Anexo II se introducen los datos usados para calcular las medias aritméticas del voltaje obtenido en cada una de las veintitrés muestras desarrolladas en tablas con formato de Excel. Se seguirá el siguiente orden en las páginas a continuación:

1. Tabla de los datos obtenidos hasta los quince minutos de la primera etapa del experimento (ocho muestras).
2. Medias de los datos de la primera etapa del experimento para uno, cinco, diez y quince minutos.
3. Tabla de los datos obtenidos hasta los quince minutos de la segunda etapa del experimento (quince muestras).
4. Medias de los datos de la segunda etapa del experimento para uno, cinco, diez y quince minutos.

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

EXPERIMENTO n°1			EXPERIMENTO n°2			EXPERIMENTO n°3			EXPERIMENTO n°4		
07/01/2018	10:02:50	275	17/01/2018	10:22:20	277	16/01/2018	16:55:00	188	18/01/2018	11:36:50	283
17/01/2018	10:03:00	271	17/01/2018	10:22:30	281	16/01/2018	16:55:10	166	18/01/2018	11:37:00	305
17/01/2018	10:03:10	279	17/01/2018	10:22:40	270	16/01/2018	16:55:20	156	18/01/2018	11:37:10	283
17/01/2018	10:03:20	271	17/01/2018	10:22:50	268	16/01/2018	16:55:30	146	18/01/2018	11:37:20	301
17/01/2018	10:03:30	287	17/01/2018	10:23:00	268	16/01/2018	16:55:40	152	18/01/2018	11:37:30	293
17/01/2018	10:03:40	283	17/01/2018	10:23:10	262	16/01/2018	16:55:50	139	18/01/2018	11:37:40	293
17/01/2018	10:03:50	273	17/01/2018	10:23:20	256	16/01/2018	16:56:00	143	18/01/2018	11:37:50	283
17/01/2018	10:04:00	297	17/01/2018	10:23:30	254	16/01/2018	16:56:10	148	18/01/2018	11:38:00	281
17/01/2018	10:04:10	285	17/01/2018	10:23:40	248	16/01/2018	16:56:20	141	18/01/2018	11:38:10	279
17/01/2018	10:04:20	281	17/01/2018	10:23:50	246	16/01/2018	16:56:30	143	18/01/2018	11:38:20	279
17/01/2018	10:04:30	281	17/01/2018	10:24:00	248	16/01/2018	16:56:40	143	18/01/2018	11:38:30	270
17/01/2018	10:04:40	295	17/01/2018	10:24:10	244	16/01/2018	16:56:50	137	18/01/2018	11:38:40	273
17/01/2018	10:04:50	291	17/01/2018	10:24:20	236	16/01/2018	16:57:00	133	18/01/2018	11:38:50	273
17/01/2018	10:05:00	295	17/01/2018	10:24:30	236	16/01/2018	16:57:10	129	18/01/2018	11:39:00	264
17/01/2018	10:05:10	297	17/01/2018	10:24:40	234	16/01/2018	16:57:20	129	18/01/2018	11:39:10	266
17/01/2018	10:05:20	299	17/01/2018	10:24:50	232	16/01/2018	16:57:30	127	18/01/2018	11:39:20	258
17/01/2018	10:05:30	295	17/01/2018	10:25:00	229	16/01/2018	16:57:40	121	18/01/2018	11:39:30	260
17/01/2018	10:05:40	289	17/01/2018	10:25:10	236	16/01/2018	16:57:50	127	18/01/2018	11:39:40	258
17/01/2018	10:05:50	301	17/01/2018	10:25:20	230	16/01/2018	16:58:00	121	18/01/2018	11:39:50	260
17/01/2018	10:06:00	297	17/01/2018	10:25:30	230	16/01/2018	16:58:10	125	18/01/2018	11:40:00	262
17/01/2018	10:06:10	299	17/01/2018	10:25:40	223	16/01/2018	16:58:20	123	18/01/2018	11:40:10	260
17/01/2018	10:06:20	299	17/01/2018	10:25:50	223	16/01/2018	16:58:30	125	18/01/2018	11:40:20	256
17/01/2018	10:06:30	299	17/01/2018	10:26:00	219	16/01/2018	16:58:40	117	18/01/2018	11:40:30	258
17/01/2018	10:06:40	297	17/01/2018	10:26:10	213	16/01/2018	16:58:50	121	18/01/2018	11:40:40	262
17/01/2018	10:06:50	303	17/01/2018	10:26:20	213	16/01/2018	16:59:00	113	18/01/2018	11:40:50	256
17/01/2018	10:07:00	301	17/01/2018	10:26:30	209	16/01/2018	16:59:10	117	18/01/2018	11:41:00	260
17/01/2018	10:07:10	295	17/01/2018	10:26:40	199	16/01/2018	16:59:20	113	18/01/2018	11:41:10	256
17/01/2018	10:07:20	305	17/01/2018	10:26:50	195	16/01/2018	16:59:30	111	18/01/2018	11:41:20	254
17/01/2018	10:07:30	311	17/01/2018	10:27:00	193	16/01/2018	16:59:40	111	18/01/2018	11:41:30	256
17/01/2018	10:07:40	307	17/01/2018	10:27:10	189	16/01/2018	16:59:50	117	18/01/2018	11:41:40	258

ALBERTO CARTELLE MATEO

17/01/2018	10:07:50	311	17/01/2018	10:27:20	193	16/01/2018	17:00:00	107	18/01/2018	11:41:50	260
17/01/2018	10:08:00	309	17/01/2018	10:27:30	189	16/01/2018	17:00:10	115	18/01/2018	11:42:00	264
17/01/2018	10:08:10	309	17/01/2018	10:27:40	188	16/01/2018	17:00:20	113	18/01/2018	11:42:10	262
17/01/2018	10:08:20	313	17/01/2018	10:27:50	182	16/01/2018	17:00:30	113	18/01/2018	11:42:20	266
17/01/2018	10:08:30	313	17/01/2018	10:28:00	180	16/01/2018	17:00:40	111	18/01/2018	11:42:30	264
17/01/2018	10:08:40	307	17/01/2018	10:28:10	182	16/01/2018	17:00:50	115	18/01/2018	11:42:40	258
17/01/2018	10:08:50	314	17/01/2018	10:28:20	176	16/01/2018	17:01:00	129	18/01/2018	11:42:50	260
17/01/2018	10:09:00	305	17/01/2018	10:28:30	178	16/01/2018	17:01:10	113	18/01/2018	11:43:00	262
17/01/2018	10:09:10	311	17/01/2018	10:28:40	166	16/01/2018	17:01:20	117	18/01/2018	11:43:10	262
17/01/2018	10:09:20	307	17/01/2018	10:28:50	162	16/01/2018	17:01:30	117	18/01/2018	11:43:20	262
17/01/2018	10:09:30	309	17/01/2018	10:29:00	162	16/01/2018	17:01:40	121	18/01/2018	11:43:30	264
17/01/2018	10:09:40	309	17/01/2018	10:29:10	162	16/01/2018	17:01:50	117	18/01/2018	11:43:40	264
17/01/2018	10:09:50	313	17/01/2018	10:29:20	152	16/01/2018	17:02:00	117	18/01/2018	11:43:50	258
17/01/2018	10:10:00	301	17/01/2018	10:29:30	146	16/01/2018	17:02:10	109	18/01/2018	11:44:00	260
17/01/2018	10:10:10	311	17/01/2018	10:29:40	150	16/01/2018	17:02:20	109	18/01/2018	11:44:10	260
17/01/2018	10:10:20	305	17/01/2018	10:29:50	145	16/01/2018	17:02:30	113	18/01/2018	11:44:20	258
17/01/2018	10:10:30	313	17/01/2018	10:30:00	141	16/01/2018	17:02:40	113	18/01/2018	11:44:30	262
17/01/2018	10:10:40	305	17/01/2018	10:30:10	145	16/01/2018	17:02:50	111	18/01/2018	11:44:40	264
17/01/2018	10:10:50	309	17/01/2018	10:30:20	137	16/01/2018	17:03:00	111	18/01/2018	11:44:50	262
17/01/2018	10:11:00	318	17/01/2018	10:30:30	137	16/01/2018	17:03:10	111	18/01/2018	11:45:00	260
17/01/2018	10:11:10	313	17/01/2018	10:30:40	133	16/01/2018	17:03:20	105	18/01/2018	11:45:10	256
17/01/2018	10:11:20	313	17/01/2018	10:30:50	127	16/01/2018	17:03:30	111	18/01/2018	11:45:20	260
17/01/2018	10:11:30	309	17/01/2018	10:31:00	125	16/01/2018	17:03:40	107	18/01/2018	11:45:30	256
17/01/2018	10:11:40	307	17/01/2018	10:31:10	121	16/01/2018	17:03:50	102	18/01/2018	11:45:40	258
17/01/2018	10:11:50	314	17/01/2018	10:31:20	119	16/01/2018	17:04:00	109	18/01/2018	11:45:50	260
17/01/2018	10:12:00	309	17/01/2018	10:31:30	115	16/01/2018	17:04:10	98	18/01/2018	11:46:00	256
17/01/2018	10:12:10	318	17/01/2018	10:31:40	121	16/01/2018	17:04:20	104	18/01/2018	11:46:10	256
17/01/2018	10:12:20	313	17/01/2018	10:31:50	111	16/01/2018	17:04:30	102	18/01/2018	11:46:20	254
17/01/2018	10:12:30	307	17/01/2018	10:32:00	117	16/01/2018	17:04:40	100	18/01/2018	11:46:30	252
17/01/2018	10:12:40	309	17/01/2018	10:32:10	109	16/01/2018	17:04:50	98	18/01/2018	11:46:40	258
17/01/2018	10:12:50	314	17/01/2018	10:32:20	107	16/01/2018	17:05:00	98	18/01/2018	11:46:50	252

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

17/01/2018	10:13:00	314	17/01/2018	10:32:30	113	16/01/2018	17:05:10	100	18/01/2018	11:47:00	258
17/01/2018	10:13:10	313	17/01/2018	10:32:40	105	16/01/2018	17:05:20	100	18/01/2018	11:47:10	260
17/01/2018	10:13:20	320	17/01/2018	10:32:50	107	16/01/2018	17:05:30	98	18/01/2018	11:47:20	252
17/01/2018	10:13:30	316	17/01/2018	10:33:00	104	16/01/2018	17:05:40	98	18/01/2018	11:47:30	256
17/01/2018	10:13:40	318	17/01/2018	10:33:10	100	16/01/2018	17:05:50	104	18/01/2018	11:47:40	254
17/01/2018	10:13:50	313	17/01/2018	10:33:20	104	16/01/2018	17:06:00	102	18/01/2018	11:47:50	252
17/01/2018	10:14:00	326	17/01/2018	10:33:30	98	16/01/2018	17:06:10	104	18/01/2018	11:48:00	273
17/01/2018	10:14:10	313	17/01/2018	10:33:40	96	16/01/2018	17:06:20	98	18/01/2018	11:48:10	303
17/01/2018	10:14:20	309	17/01/2018	10:33:50	100	16/01/2018	17:06:30	102	18/01/2018	11:48:20	301
17/01/2018	10:14:30	320	17/01/2018	10:34:00	94	16/01/2018	17:06:40	96	18/01/2018	11:48:30	301
17/01/2018	10:14:40	320	17/01/2018	10:34:10	96	16/01/2018	17:06:50	102	18/01/2018	11:48:40	299
17/01/2018	10:14:50	328	17/01/2018	10:34:20	96	16/01/2018	17:07:00	100	18/01/2018	11:48:50	299
17/01/2018	10:15:00	309	17/01/2018	10:34:30	98	16/01/2018	17:07:10	96	18/01/2018	11:49:00	301
17/01/2018	10:15:10	320	17/01/2018	10:34:40	98	16/01/2018	17:07:20	104	18/01/2018	11:49:10	297
17/01/2018	10:15:20	324	17/01/2018	10:34:50	98	16/01/2018	17:07:30	100	18/01/2018	11:49:20	299
17/01/2018	10:15:30	314	17/01/2018	10:35:00	92	16/01/2018	17:07:40	100	18/01/2018	11:49:30	297
17/01/2018	10:15:40	311	17/01/2018	10:35:10	98	16/01/2018	17:07:50	100	18/01/2018	11:49:40	297
17/01/2018	10:15:50	324	17/01/2018	10:35:20	96	16/01/2018	17:08:00	98	18/01/2018	11:49:50	295
17/01/2018	10:16:00	322	17/01/2018	10:35:30	94	16/01/2018	17:08:10	100	18/01/2018	11:50:00	295
17/01/2018	10:16:10	318	17/01/2018	10:35:40	94	16/01/2018	17:08:20	96	18/01/2018	11:50:10	293
17/01/2018	10:16:20	316	17/01/2018	10:35:50	92	16/01/2018	17:08:30	100	18/01/2018	11:50:20	299
17/01/2018	10:16:30	318	17/01/2018	10:36:00	90	16/01/2018	17:08:40	96	18/01/2018	11:50:30	301
17/01/2018	10:16:40	313	17/01/2018	10:36:10	96	16/01/2018	17:08:50	102	18/01/2018	11:50:40	297
17/01/2018	10:16:50	322	17/01/2018	10:36:20	92	16/01/2018	17:09:00	98	18/01/2018	11:50:50	297
17/01/2018	10:17:00	317	17/01/2018	10:36:30	92	16/01/2018	17:09:10	94	18/01/2018	11:51:00	297
17/01/2018	10:17:10	320	17/01/2018	10:36:40	94	16/01/2018	17:09:20	96	18/01/2018	11:51:10	295
17/01/2018	10:17:20	318	17/01/2018	10:36:50	94	16/01/2018	17:09:30	94	18/01/2018	11:51:20	307
17/01/2018	10:17:30	315	17/01/2018	10:37:00	92	16/01/2018	17:09:40	94	18/01/2018	11:51:30	295
17/01/2018	10:17:40	317	17/01/2018	10:37:10	96	16/01/2018	17:09:50	94	18/01/2018	11:51:40	299
17/01/2018	10:17:50	316	17/01/2018	10:37:20	96	16/01/2018	17:10:00	94	18/01/2018	11:51:50	299

Tabla A-2-1 Datos obtenidos para los experimentos del 1 al 4 en la primera etapa- Autoría propia.

EXPERIMENTO n°5			EXPERIMENTO n°6			EXPERIMENTO n°7			EXPERIMENTO n°8		
16/01/2018	16:55:00	229	18/01/2018	11:32:00	256	18/01/2018	9:37:10	146	18/01/2018	9:37:00	432
16/01/2018	16:55:10	133	18/01/2018	11:32:10	240	18/01/2018	9:37:20	133	18/01/2018	9:37:10	418
16/01/2018	16:55:20	137	18/01/2018	11:32:20	199	18/01/2018	9:37:30	133	18/01/2018	9:37:20	436
16/01/2018	16:55:30	137	18/01/2018	11:32:30	184	18/01/2018	9:37:40	125	18/01/2018	9:37:30	416
16/01/2018	16:55:40	135	18/01/2018	11:32:40	172	18/01/2018	9:37:50	121	18/01/2018	9:37:40	396
16/01/2018	16:55:50	131	18/01/2018	11:32:50	164	18/01/2018	9:38:00	125	18/01/2018	9:37:50	396
16/01/2018	16:56:00	131	18/01/2018	11:33:00	217	18/01/2018	9:38:10	127	18/01/2018	9:38:00	381
16/01/2018	16:56:10	123	18/01/2018	11:33:10	189	18/01/2018	9:38:20	129	18/01/2018	9:38:10	381
16/01/2018	16:56:20	129	18/01/2018	11:33:20	180	18/01/2018	9:38:30	133	18/01/2018	9:38:20	373
16/01/2018	16:56:30	131	18/01/2018	11:33:30	191	18/01/2018	9:38:40	127	18/01/2018	9:38:30	373
16/01/2018	16:56:40	125	18/01/2018	11:33:40	197	18/01/2018	9:38:50	135	18/01/2018	9:38:40	363
16/01/2018	16:56:50	123	18/01/2018	11:33:50	195	18/01/2018	9:39:00	129	18/01/2018	9:38:50	363
16/01/2018	16:57:00	121	18/01/2018	11:34:00	195	18/01/2018	9:39:10	129	18/01/2018	9:39:00	363
16/01/2018	16:57:10	125	18/01/2018	11:34:10	193	18/01/2018	9:39:20	121	18/01/2018	9:39:10	348
16/01/2018	16:57:20	121	18/01/2018	11:34:20	197	18/01/2018	9:39:30	131	18/01/2018	9:39:20	352
16/01/2018	16:57:30	123	18/01/2018	11:34:30	193	18/01/2018	9:39:40	133	18/01/2018	9:39:30	354
16/01/2018	16:57:40	117	18/01/2018	11:34:40	186	18/01/2018	9:39:50	125	18/01/2018	9:39:40	348
16/01/2018	16:57:50	121	18/01/2018	11:34:50	197	18/01/2018	9:40:00	123	18/01/2018	9:39:50	350
16/01/2018	16:58:00	117	18/01/2018	11:35:00	197	18/01/2018	9:40:10	123	18/01/2018	9:40:00	346
16/01/2018	16:58:10	119	18/01/2018	11:35:10	197	18/01/2018	9:40:20	123	18/01/2018	9:40:10	354
16/01/2018	16:58:20	119	18/01/2018	11:35:20	191	18/01/2018	9:40:30	125	18/01/2018	9:40:20	350
16/01/2018	16:58:30	115	18/01/2018	11:35:30	193	18/01/2018	9:40:40	125	18/01/2018	9:40:30	350
16/01/2018	16:58:40	119	18/01/2018	11:35:40	199	18/01/2018	9:40:50	125	18/01/2018	9:40:40	352
16/01/2018	16:58:50	121	18/01/2018	11:35:50	189	18/01/2018	9:41:00	125	18/01/2018	9:40:50	350
16/01/2018	16:59:00	121	18/01/2018	11:36:00	195	18/01/2018	9:41:10	121	18/01/2018	9:41:00	340
16/01/2018	16:59:10	123	18/01/2018	11:36:10	197	18/01/2018	9:41:20	119	18/01/2018	9:41:10	348
16/01/2018	16:59:20	121	18/01/2018	11:36:20	193	18/01/2018	9:41:30	121	18/01/2018	9:41:20	348
16/01/2018	16:59:30	119	18/01/2018	11:36:30	193	18/01/2018	9:41:40	113	18/01/2018	9:41:30	344
16/01/2018	16:59:40	117	18/01/2018	11:36:40	189	18/01/2018	9:41:50	117	18/01/2018	9:41:40	346
16/01/2018	16:59:50	115	18/01/2018	11:36:50	189	18/01/2018	9:42:00	119	18/01/2018	9:41:50	340

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

16/01/2018	17:00:00	121	18/01/2018	11:37:00	195	18/01/2018	9:42:10	121	18/01/2018	9:42:00	344
16/01/2018	17:00:10	121	18/01/2018	11:37:10	191	18/01/2018	9:42:20	117	18/01/2018	9:42:10	338
16/01/2018	17:00:20	115	18/01/2018	11:37:20	186	18/01/2018	9:42:30	117	18/01/2018	9:42:20	344
16/01/2018	17:00:30	127	18/01/2018	11:37:30	191	18/01/2018	9:42:40	117	18/01/2018	9:42:30	340
16/01/2018	17:00:40	121	18/01/2018	11:37:40	189	18/01/2018	9:42:50	113	18/01/2018	9:42:40	346
16/01/2018	17:00:50	119	18/01/2018	11:37:50	191	18/01/2018	9:43:00	113	18/01/2018	9:42:50	344
16/01/2018	17:01:00	115	18/01/2018	11:38:00	189	18/01/2018	9:43:10	111	18/01/2018	9:43:00	336
16/01/2018	17:01:10	117	18/01/2018	11:38:10	189	18/01/2018	9:43:20	113	18/01/2018	9:43:10	338
16/01/2018	17:01:20	119	18/01/2018	11:38:20	191	18/01/2018	9:43:30	113	18/01/2018	9:43:20	346
16/01/2018	17:01:30	123	18/01/2018	11:38:30	188	18/01/2018	9:43:40	113	18/01/2018	9:43:30	336
16/01/2018	17:01:40	119	18/01/2018	11:38:40	184	18/01/2018	9:43:50	113	18/01/2018	9:43:40	338
16/01/2018	17:01:50	123	18/01/2018	11:38:50	182	18/01/2018	9:44:00	115	18/01/2018	9:43:50	340
16/01/2018	17:02:00	121	18/01/2018	11:39:00	184	18/01/2018	9:44:10	111	18/01/2018	9:44:00	336
16/01/2018	17:02:10	121	18/01/2018	11:39:10	188	18/01/2018	9:44:20	107	18/01/2018	9:44:10	340
16/01/2018	17:02:20	119	18/01/2018	11:39:20	189	18/01/2018	9:44:30	111	18/01/2018	9:44:20	338
16/01/2018	17:02:30	121	18/01/2018	11:39:30	186	18/01/2018	9:44:40	109	18/01/2018	9:44:30	334
16/01/2018	17:02:40	121	18/01/2018	11:39:40	180	18/01/2018	9:44:50	104	18/01/2018	9:44:40	336
16/01/2018	17:02:50	123	18/01/2018	11:39:50	186	18/01/2018	9:45:00	105	18/01/2018	9:44:50	336
16/01/2018	17:03:00	123	18/01/2018	11:40:00	184	18/01/2018	9:45:10	104	18/01/2018	9:45:00	334
16/01/2018	17:03:10	125	18/01/2018	11:40:10	184	18/01/2018	9:45:20	100	18/01/2018	9:45:10	332
16/01/2018	17:03:20	121	18/01/2018	11:40:20	180	18/01/2018	9:45:30	102	18/01/2018	9:45:20	334
16/01/2018	17:03:30	121	18/01/2018	11:40:30	180	18/01/2018	9:45:40	102	18/01/2018	9:45:30	332
16/01/2018	17:03:40	119	18/01/2018	11:40:40	180	18/01/2018	9:45:50	102	18/01/2018	9:45:40	334
16/01/2018	17:03:50	113	18/01/2018	11:40:50	176	18/01/2018	9:46:00	98	18/01/2018	9:45:50	336
16/01/2018	17:04:00	113	18/01/2018	11:41:00	176	18/01/2018	9:46:10	102	18/01/2018	9:46:00	334
16/01/2018	17:04:10	111	18/01/2018	11:41:10	176	18/01/2018	9:46:20	104	18/01/2018	9:46:10	338
16/01/2018	17:04:20	115	18/01/2018	11:41:20	172	18/01/2018	9:46:30	100	18/01/2018	9:46:20	332
16/01/2018	17:04:30	119	18/01/2018	11:41:30	174	18/01/2018	9:46:40	104	18/01/2018	9:46:30	326
16/01/2018	17:04:40	119	18/01/2018	11:41:40	178	18/01/2018	9:46:50	100	18/01/2018	9:46:40	332
16/01/2018	17:04:50	119	18/01/2018	11:41:50	176	18/01/2018	9:47:00	104	18/01/2018	9:46:50	330
16/01/2018	17:05:00	113	18/01/2018	11:42:00	178	18/01/2018	9:47:10	100	18/01/2018	9:47:00	328

16/01/2018	17:05:10	115	18/01/2018	11:42:10	179	18/01/2018	9:47:20	105	18/01/2018	9:47:10	314
16/01/2018	17:05:20	115	18/01/2018	11:42:20	176	18/01/2018	9:47:30	92	18/01/2018	9:47:20	313
16/01/2018	17:05:30	109	18/01/2018	11:42:30	174	18/01/2018	9:47:40	102	18/01/2018	9:47:30	309
16/01/2018	17:05:40	111	18/01/2018	11:42:40	177	18/01/2018	9:47:50	102	18/01/2018	9:47:40	313
16/01/2018	17:05:50	109	18/01/2018	11:42:50	176	18/01/2018	9:48:00	94	18/01/2018	9:47:50	309
16/01/2018	17:06:00	111	18/01/2018	11:43:00	178	18/01/2018	9:48:10	100	18/01/2018	9:48:00	307
16/01/2018	17:06:10	107	18/01/2018	11:43:10	176	18/01/2018	9:48:20	98	18/01/2018	9:48:10	309
16/01/2018	17:06:20	111	18/01/2018	11:43:20	174	18/01/2018	9:48:30	96	18/01/2018	9:48:20	322
16/01/2018	17:06:30	113	18/01/2018	11:43:30	178	18/01/2018	9:48:40	98	18/01/2018	9:48:30	322
16/01/2018	17:06:40	113	18/01/2018	11:43:40	174	18/01/2018	9:48:50	96	18/01/2018	9:48:40	316
16/01/2018	17:06:50	111	18/01/2018	11:43:50	174	18/01/2018	9:49:00	94	18/01/2018	9:48:50	311
16/01/2018	17:07:00	109	18/01/2018	11:44:00	176	18/01/2018	9:49:10	94	18/01/2018	9:49:00	311
16/01/2018	17:07:10	107	18/01/2018	11:44:10	178	18/01/2018	9:49:20	94	18/01/2018	9:49:10	309
16/01/2018	17:07:20	115	18/01/2018	11:44:20	176	18/01/2018	9:49:30	88	18/01/2018	9:49:20	311
16/01/2018	17:07:30	107	18/01/2018	11:44:30	176	18/01/2018	9:49:40	90	18/01/2018	9:49:30	318
16/01/2018	17:07:40	113	18/01/2018	11:44:40	172	18/01/2018	9:49:50	90	18/01/2018	9:49:40	316
16/01/2018	17:07:50	113	18/01/2018	11:44:50	172	18/01/2018	9:50:00	100	18/01/2018	9:49:50	314
16/01/2018	17:08:00	109	18/01/2018	11:45:00	172	18/01/2018	9:50:10	88	18/01/2018	9:50:00	314
16/01/2018	17:08:10	109	18/01/2018	11:45:10	170	18/01/2018	9:50:20	88	18/01/2018	9:50:10	313
16/01/2018	17:08:20	113	18/01/2018	11:45:20	170	18/01/2018	9:50:30	86	18/01/2018	9:50:20	313
16/01/2018	17:08:30	111	18/01/2018	11:45:30	168	18/01/2018	9:50:40	90	18/01/2018	9:50:30	303
16/01/2018	17:08:40	109	18/01/2018	11:45:40	168	18/01/2018	9:50:50	94	18/01/2018	9:50:40	313
16/01/2018	17:08:50	107	18/01/2018	11:45:50	172	18/01/2018	9:51:00	94	18/01/2018	9:50:50	309
16/01/2018	17:09:00	105	18/01/2018	11:46:00	172	18/01/2018	9:51:10	88	18/01/2018	9:51:00	309
16/01/2018	17:09:10	115	18/01/2018	11:46:10	174	18/01/2018	9:51:20	86	18/01/2018	9:51:10	313
16/01/2018	17:09:20	109	18/01/2018	11:46:20	168	18/01/2018	9:51:30	88	18/01/2018	9:51:20	303
16/01/2018	17:09:30	107	18/01/2018	11:46:30	168	18/01/2018	9:51:40	86	18/01/2018	9:51:30	303
16/01/2018	17:09:40	109	18/01/2018	11:46:40	166	18/01/2018	9:51:50	86	18/01/2018	9:51:40	305
16/01/2018	17:09:50	113	18/01/2018	11:46:50	166	18/01/2018	9:52:00	86	18/01/2018	9:51:50	307
16/01/2018	17:10:00	105	18/01/2018	11:47:00	164	18/01/2018	9:52:10	84	18/01/2018	9:52:00	301

Tabla A-2-2 Datos obtenidos para los experimentos del 4 al 8 en la primera etapa (mV)- Autoría propia.

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

	EXPERIMENTO n°1	EXPERIMENTO n°2	EXPERIMENTO n°3	EXPERIMENTO n°4
MEDIA 1min	298,67	271,00	157,83	293,00
MEDIA 5min	291,93	235,37	132,73	270,00
MEDIA 10min	301,03	192,20	121,67	264,97
MEDIA 15min	306,49	160,64	114,04	272,43

EXPERIMENTO n°5	EXPERIMENTO n°6	EXPERIMENTO n°7	EXPERIMENTO n°8
134,00	202,50	130,50	415,67
127,27	195,57	126,03	367,03
123,37	189,70	117,10	351,92
119,11	184,22	109,10	338,58

Tabla A-2-3 Medias de las muestras de la primera etapa para uno, cinco, diez, quince minutos (mV)- Autoría propia.

EXPERIMENTO n°1			EXPERIMENTO n°2			EXPERIMENTO n°3			EXPERIEMENTO n°4		
31/01/2018	10:02:00	283	02/02/2018	10:02:00	420	02/02/2018	10:30:00	488	02/02/2018	11:00:00	518
31/01/2018	10:02:05	283	02/02/2018	10:02:05	430	02/02/2018	10:30:05	479	02/02/2018	11:00:05	469
31/01/2018	10:02:10	276	02/02/2018	10:02:10	430	02/02/2018	10:30:10	459	02/02/2018	11:00:10	405
31/01/2018	10:02:15	276	02/02/2018	10:02:15	420	02/02/2018	10:30:15	430	02/02/2018	11:00:15	405
31/01/2018	10:02:20	276	02/02/2018	10:02:20	410	02/02/2018	10:30:20	420	02/02/2018	11:00:20	405
31/01/2018	10:02:25	276	02/02/2018	10:02:25	420	02/02/2018	10:30:25	391	02/02/2018	11:00:25	458
31/01/2018	10:02:30	276	02/02/2018	10:02:30	420	02/02/2018	10:30:30	371	02/02/2018	11:00:30	400
31/01/2018	10:02:35	276	02/02/2018	10:02:35	430	02/02/2018	10:30:35	361	02/02/2018	11:00:35	459
31/01/2018	10:02:40	276	02/02/2018	10:02:40	420	02/02/2018	10:30:40	342	02/02/2018	11:00:40	512
31/01/2018	10:02:45	276	02/02/2018	10:02:45	430	02/02/2018	10:30:45	332	02/02/2018	11:00:45	488
31/01/2018	10:02:50	276	02/02/2018	10:02:50	420	02/02/2018	10:30:50	322	02/02/2018	11:00:50	449
31/01/2018	10:02:55	276	02/02/2018	10:02:55	420	02/02/2018	10:30:55	322	02/02/2018	11:00:55	449
31/01/2018	10:03:00	276	02/02/2018	10:03:00	420	02/02/2018	10:31:00	322	02/02/2018	11:01:00	449

ALBERTO CARTELLE MATEO

31/01/2018	10:03:05	276	02/02/2018	10:03:05	420	02/02/2018	10:31:05	322	02/02/2018	11:01:05	478
31/01/2018	10:03:10	276	02/02/2018	10:03:10	430	02/02/2018	10:31:10	322	02/02/2018	11:01:10	449
31/01/2018	10:03:15	276	02/02/2018	10:03:15	430	02/02/2018	10:31:15	322	02/02/2018	11:01:15	449
31/01/2018	10:03:20	276	02/02/2018	10:03:20	439	02/02/2018	10:31:20	322	02/02/2018	11:01:20	445
31/01/2018	10:03:25	276	02/02/2018	10:03:25	430	02/02/2018	10:31:25	322	02/02/2018	11:01:25	482
31/01/2018	10:03:30	276	02/02/2018	10:03:30	439	02/02/2018	10:31:30	322	02/02/2018	11:01:30	449
31/01/2018	10:03:35	276	02/02/2018	10:03:35	439	02/02/2018	10:31:35	322	02/02/2018	11:01:35	488
31/01/2018	10:03:40	276	02/02/2018	10:03:40	439	02/02/2018	10:31:40	322	02/02/2018	11:01:40	479
31/01/2018	10:03:45	276	02/02/2018	10:03:45	439	02/02/2018	10:31:45	322	02/02/2018	11:01:45	479
31/01/2018	10:03:50	276	02/02/2018	10:03:50	430	02/02/2018	10:31:50	322	02/02/2018	11:01:50	479
31/01/2018	10:03:55	276	02/02/2018	10:03:55	430	02/02/2018	10:31:55	322	02/02/2018	11:01:55	479
31/01/2018	10:04:00	276	02/02/2018	10:04:00	439	02/02/2018	10:32:00	322	02/02/2018	11:02:00	439
31/01/2018	10:04:05	276	02/02/2018	10:04:05	469	02/02/2018	10:32:05	322	02/02/2018	11:02:05	482
31/01/2018	10:04:10	276	02/02/2018	10:04:10	459	02/02/2018	10:32:10	322	02/02/2018	11:02:10	460
31/01/2018	10:04:15	276	02/02/2018	10:04:15	449	02/02/2018	10:32:15	322	02/02/2018	11:02:15	420
31/01/2018	10:04:20	276	02/02/2018	10:04:20	439	02/02/2018	10:32:20	317	02/02/2018	11:02:20	482
31/01/2018	10:04:25	276	02/02/2018	10:04:25	439	02/02/2018	10:32:25	322	02/02/2018	11:02:25	469
31/01/2018	10:04:30	276	02/02/2018	10:04:30	430	02/02/2018	10:32:30	322	02/02/2018	11:02:30	430
31/01/2018	10:04:35	276	02/02/2018	10:04:35	430	02/02/2018	10:32:35	322	02/02/2018	11:02:35	420
31/01/2018	10:04:40	276	02/02/2018	10:04:40	439	02/02/2018	10:32:40	322	02/02/2018	11:02:40	469
31/01/2018	10:04:45	276	02/02/2018	10:04:45	439	02/02/2018	10:32:45	322	02/02/2018	11:02:45	498
31/01/2018	10:04:50	276	02/02/2018	10:04:50	439	02/02/2018	10:32:50	322	02/02/2018	11:02:50	449
31/01/2018	10:04:55	276	02/02/2018	10:04:55	430	02/02/2018	10:32:55	322	02/02/2018	11:02:55	449
31/01/2018	10:05:00	276	02/02/2018	10:05:00	430	02/02/2018	10:33:00	322	02/02/2018	11:03:00	451
31/01/2018	10:05:05	276	02/02/2018	10:05:05	430	02/02/2018	10:33:05	322	02/02/2018	11:03:05	451
31/01/2018	10:05:10	234	02/02/2018	10:05:10	449	02/02/2018	10:33:10	322	02/02/2018	11:03:10	479
31/01/2018	10:05:15	234	02/02/2018	10:05:15	430	02/02/2018	10:33:15	322	02/02/2018	11:03:15	459
31/01/2018	10:05:20	234	02/02/2018	10:05:20	439	02/02/2018	10:33:20	322	02/02/2018	11:03:20	391
31/01/2018	10:05:25	234	02/02/2018	10:05:25	420	02/02/2018	10:33:25	322	02/02/2018	11:03:25	391
31/01/2018	10:05:30	234	02/02/2018	10:05:30	430	02/02/2018	10:33:30	317	02/02/2018	11:03:30	459
31/01/2018	10:05:35	234	02/02/2018	10:05:35	430	02/02/2018	10:33:35	322	02/02/2018	11:03:35	479

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

31/01/2018	10:05:40	234	02/02/2018	10:05:40	430	02/02/2018	10:33:40	322	02/02/2018	11:03:40	430
31/01/2018	10:05:45	234	02/02/2018	10:05:45	430	02/02/2018	10:33:45	322	02/02/2018	11:03:45	420
31/01/2018	10:05:50	234	02/02/2018	10:05:50	439	02/02/2018	10:33:50	322	02/02/2018	11:03:50	479
31/01/2018	10:05:55	234	02/02/2018	10:05:55	439	02/02/2018	10:33:55	322	02/02/2018	11:03:55	430
31/01/2018	10:06:00	234	02/02/2018	10:06:00	420	02/02/2018	10:34:00	322	02/02/2018	11:04:00	391
31/01/2018	10:06:05	234	02/02/2018	10:06:05	420	02/02/2018	10:34:05	322	02/02/2018	11:04:05	469
31/01/2018	10:06:10	234	02/02/2018	10:06:10	430	02/02/2018	10:34:10	322	02/02/2018	11:04:10	479
31/01/2018	10:06:15	234	02/02/2018	10:06:15	420	02/02/2018	10:34:15	322	02/02/2018	11:04:15	371
31/01/2018	10:06:20	234	02/02/2018	10:06:20	420	02/02/2018	10:34:20	322	02/02/2018	11:04:20	430
31/01/2018	10:06:25	234	02/02/2018	10:06:25	420	02/02/2018	10:34:25	322	02/02/2018	11:04:25	508
31/01/2018	10:06:30	234	02/02/2018	10:06:30	430	02/02/2018	10:34:30	322	02/02/2018	11:04:30	449
31/01/2018	10:06:35	234	02/02/2018	10:06:35	420	02/02/2018	10:34:35	322	02/02/2018	11:04:35	440
31/01/2018	10:06:40	234	02/02/2018	10:06:40	464	02/02/2018	10:34:40	322	02/02/2018	11:04:40	449
31/01/2018	10:06:45	234	02/02/2018	10:06:45	458	02/02/2018	10:34:45	322	02/02/2018	11:04:45	518
31/01/2018	10:06:50	234	02/02/2018	10:06:50	447	02/02/2018	10:34:50	289	02/02/2018	11:04:50	439
31/01/2018	10:06:55	234	02/02/2018	10:06:55	473	02/02/2018	10:34:55	289	02/02/2018	11:04:55	400
31/01/2018	10:07:00	234	02/02/2018	10:07:00	464	02/02/2018	10:35:00	289	02/02/2018	11:05:00	391
31/01/2018	10:07:05	234	02/02/2018	10:07:05	464	02/02/2018	10:35:05	289	02/02/2018	11:05:05	488
31/01/2018	10:07:10	234	02/02/2018	10:07:10	464	02/02/2018	10:35:10	289	02/02/2018	11:05:10	469
31/01/2018	10:07:15	234	02/02/2018	10:07:15	430	02/02/2018	10:35:15	289	02/02/2018	11:05:15	361
31/01/2018	10:07:20	234	02/02/2018	10:07:20	439	02/02/2018	10:35:20	289	02/02/2018	11:05:20	400
31/01/2018	10:07:25	234	02/02/2018	10:07:25	481	02/02/2018	10:35:25	322	02/02/2018	11:05:25	469
31/01/2018	10:07:30	234	02/02/2018	10:07:30	430	02/02/2018	10:35:30	289	02/02/2018	11:05:30	420
31/01/2018	10:07:35	234	02/02/2018	10:07:35	430	02/02/2018	10:35:35	289	02/02/2018	11:05:35	391
31/01/2018	10:07:40	234	02/02/2018	10:07:40	439	02/02/2018	10:35:40	289	02/02/2018	11:05:40	439
31/01/2018	10:07:45	234	02/02/2018	10:07:45	430	02/02/2018	10:35:45	289	02/02/2018	11:05:45	479
31/01/2018	10:07:50	234	02/02/2018	10:07:50	467	02/02/2018	10:35:50	289	02/02/2018	11:05:50	400
31/01/2018	10:07:55	234	02/02/2018	10:07:55	430	02/02/2018	10:35:55	315	02/02/2018	11:05:55	391
31/01/2018	10:08:00	234	02/02/2018	10:08:00	439	02/02/2018	10:36:00	289	02/02/2018	11:06:00	439
31/01/2018	10:08:05	234	02/02/2018	10:08:05	467	02/02/2018	10:36:05	289	02/02/2018	11:06:05	430
31/01/2018	10:08:10	234	02/02/2018	10:08:10	430	02/02/2018	10:36:10	289	02/02/2018	11:06:10	430

ALBERTO CARTELLE MATEO

31/01/2018	10:08:15	234	02/02/2018	10:08:15	461	02/02/2018	10:36:15	289	02/02/2018	11:06:15	410
31/01/2018	10:08:20	234	02/02/2018	10:08:20	439	02/02/2018	10:36:20	289	02/02/2018	11:06:20	400
31/01/2018	10:08:25	234	02/02/2018	10:08:25	488	02/02/2018	10:36:25	289	02/02/2018	11:06:25	420
31/01/2018	10:08:30	234	02/02/2018	10:08:30	430	02/02/2018	10:36:30	289	02/02/2018	11:06:30	459
31/01/2018	10:08:35	234	02/02/2018	10:08:35	430	02/02/2018	10:36:35	289	02/02/2018	11:06:35	400
31/01/2018	10:08:40	234	02/02/2018	10:08:40	456	02/02/2018	10:36:40	289	02/02/2018	11:06:40	410
31/01/2018	10:08:45	234	02/02/2018	10:08:45	439	02/02/2018	10:36:45	289	02/02/2018	11:06:45	459
31/01/2018	10:08:50	234	02/02/2018	10:08:50	439	02/02/2018	10:36:50	289	02/02/2018	11:06:50	439
31/01/2018	10:08:55	234	02/02/2018	10:08:55	439	02/02/2018	10:36:55	205	02/02/2018	11:06:55	439
31/01/2018	10:09:00	234	02/02/2018	10:09:00	459	02/02/2018	10:37:00	272	02/02/2018	11:07:00	430
31/01/2018	10:09:05	234	02/02/2018	10:09:05	439	02/02/2018	10:37:05	264	02/02/2018	11:07:05	430
31/01/2018	10:09:10	234	02/02/2018	10:09:10	430	02/02/2018	10:37:10	264	02/02/2018	11:07:10	430
31/01/2018	10:09:15	234	02/02/2018	10:09:15	430	02/02/2018	10:37:15	264	02/02/2018	11:07:15	430
31/01/2018	10:09:20	234	02/02/2018	10:09:20	439	02/02/2018	10:37:20	264	02/02/2018	11:07:20	430
31/01/2018	10:09:25	234	02/02/2018	10:09:25	514	02/02/2018	10:37:25	264	02/02/2018	11:07:25	439
31/01/2018	10:09:30	234	02/02/2018	10:09:30	498	02/02/2018	10:37:30	264	02/02/2018	11:07:30	430
31/01/2018	10:09:35	234	02/02/2018	10:09:35	449	02/02/2018	10:37:35	264	02/02/2018	11:07:35	430
31/01/2018	10:09:40	234	02/02/2018	10:09:40	439	02/02/2018	10:37:40	264	02/02/2018	11:07:40	430
31/01/2018	10:09:45	234	02/02/2018	10:09:45	430	02/02/2018	10:37:45	264	02/02/2018	11:07:45	420
31/01/2018	10:09:50	234	02/02/2018	10:09:50	430	02/02/2018	10:37:50	264	02/02/2018	11:07:50	430
31/01/2018	10:09:55	234	02/02/2018	10:09:55	439	02/02/2018	10:37:55	264	02/02/2018	11:07:55	430
31/01/2018	10:10:00	234	02/02/2018	10:10:00	439	02/02/2018	10:38:00	264	02/02/2018	11:08:00	430
31/01/2018	10:10:05	234	02/02/2018	10:10:05	439	02/02/2018	10:38:05	264	02/02/2018	11:08:05	430
31/01/2018	10:10:10	234	02/02/2018	10:10:10	439	02/02/2018	10:38:10	264	02/02/2018	11:08:10	430
31/01/2018	10:10:15	234	02/02/2018	10:10:15	430	02/02/2018	10:38:15	234	02/02/2018	11:08:15	430
31/01/2018	10:10:20	234	02/02/2018	10:10:20	449	02/02/2018	10:38:20	234	02/02/2018	11:08:20	430
31/01/2018	10:10:25	234	02/02/2018	10:10:25	459	02/02/2018	10:38:25	234	02/02/2018	11:08:25	430
31/01/2018	10:10:30	234	02/02/2018	10:10:30	449	02/02/2018	10:38:30	234	02/02/2018	11:08:30	430
31/01/2018	10:10:35	234	02/02/2018	10:10:35	439	02/02/2018	10:38:35	234	02/02/2018	11:08:35	430
31/01/2018	10:10:40	234	02/02/2018	10:10:40	439	02/02/2018	10:38:40	234	02/02/2018	11:08:40	430
31/01/2018	10:10:45	234	02/02/2018	10:10:45	449	02/02/2018	10:38:45	234	02/02/2018	11:08:45	420

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

31/01/2018	10:10:50	234	02/02/2018	10:10:50	439	02/02/2018	10:38:50	234	02/02/2018	11:08:50	420
31/01/2018	10:10:55	234	02/02/2018	10:10:55	449	02/02/2018	10:38:55	234	02/02/2018	11:08:55	420
31/01/2018	10:11:00	234	02/02/2018	10:11:00	439	02/02/2018	10:39:00	234	02/02/2018	11:09:00	430
31/01/2018	10:11:05	234	02/02/2018	10:11:05	439	02/02/2018	10:39:05	234	02/02/2018	11:09:05	430
31/01/2018	10:11:10	234	02/02/2018	10:11:10	423	02/02/2018	10:39:10	234	02/02/2018	11:09:10	420
31/01/2018	10:11:15	234	02/02/2018	10:11:15	439	02/02/2018	10:39:15	234	02/02/2018	11:09:15	420
31/01/2018	10:11:20	234	02/02/2018	10:11:20	445	02/02/2018	10:39:20	234	02/02/2018	11:09:20	420
31/01/2018	10:11:25	234	02/02/2018	10:11:25	439	02/02/2018	10:39:25	234	02/02/2018	11:09:25	430
31/01/2018	10:11:30	234	02/02/2018	10:11:30	439	02/02/2018	10:39:30	234	02/02/2018	11:09:30	430
31/01/2018	10:11:35	234	02/02/2018	10:11:35	439	02/02/2018	10:39:35	234	02/02/2018	11:09:35	420
31/01/2018	10:11:40	234	02/02/2018	10:11:40	439	02/02/2018	10:39:40	234	02/02/2018	11:09:40	430
31/01/2018	10:11:45	234	02/02/2018	10:11:45	439	02/02/2018	10:39:45	234	02/02/2018	11:09:45	420
31/01/2018	10:11:50	234	02/02/2018	10:11:50	430	02/02/2018	10:39:50	205	02/02/2018	11:09:50	420
31/01/2018	10:11:55	234	02/02/2018	10:11:55	430	02/02/2018	10:39:55	234	02/02/2018	11:09:55	420
31/01/2018	10:12:00	234	02/02/2018	10:12:00	430	02/02/2018	10:40:00	234	02/02/2018	11:10:00	430
31/01/2018	10:12:05	234	02/02/2018	10:12:05	430	02/02/2018	10:40:05	234	02/02/2018	11:10:05	430
31/01/2018	10:12:10	234	02/02/2018	10:12:10	439	02/02/2018	10:40:10	234	02/02/2018	11:10:10	430
31/01/2018	10:12:15	234	02/02/2018	10:12:15	439	02/02/2018	10:40:15	234	02/02/2018	11:10:15	430
31/01/2018	10:12:20	234	02/02/2018	10:12:20	439	02/02/2018	10:40:20	205	02/02/2018	11:10:20	439
31/01/2018	10:12:25	234	02/02/2018	10:12:25	439	02/02/2018	10:40:25	234	02/02/2018	11:10:25	420
31/01/2018	10:12:30	234	02/02/2018	10:12:30	430	02/02/2018	10:40:30	234	02/02/2018	11:10:30	439
31/01/2018	10:12:35	234	02/02/2018	10:12:35	439	02/02/2018	10:40:35	234	02/02/2018	11:10:35	420
31/01/2018	10:12:40	234	02/02/2018	10:12:40	439	02/02/2018	10:40:40	234	02/02/2018	11:10:40	420
31/01/2018	10:12:45	234	02/02/2018	10:12:45	449	02/02/2018	10:40:45	234	02/02/2018	11:10:45	430
31/01/2018	10:12:50	234	02/02/2018	10:12:50	430	02/02/2018	10:40:50	234	02/02/2018	11:10:50	439
31/01/2018	10:12:55	234	02/02/2018	10:12:55	439	02/02/2018	10:40:55	234	02/02/2018	11:10:55	420
31/01/2018	10:13:00	234	02/02/2018	10:13:00	439	02/02/2018	10:41:00	234	02/02/2018	11:11:00	430
31/01/2018	10:13:05	234	02/02/2018	10:13:05	439	02/02/2018	10:41:05	234	02/02/2018	11:11:05	430
31/01/2018	10:13:10	234	02/02/2018	10:13:10	439	02/02/2018	10:41:10	187	02/02/2018	11:11:10	439
31/01/2018	10:13:15	234	02/02/2018	10:13:15	439	02/02/2018	10:41:15	234	02/02/2018	11:11:15	430
31/01/2018	10:13:20	234	02/02/2018	10:13:20	439	02/02/2018	10:41:20	234	02/02/2018	11:11:20	430

ALBERTO CARTELLE MATEO

31/01/2018	10:13:25	234	02/02/2018	10:13:25	439	02/02/2018	10:41:25	234	02/02/2018	11:11:25	420
31/01/2018	10:13:30	234	02/02/2018	10:13:30	439	02/02/2018	10:41:30	234	02/02/2018	11:11:30	420
31/01/2018	10:13:35	234	02/02/2018	10:13:35	439	02/02/2018	10:41:35	234	02/02/2018	11:11:35	420
31/01/2018	10:13:40	234	02/02/2018	10:13:40	439	02/02/2018	10:41:40	234	02/02/2018	11:11:40	420
31/01/2018	10:13:45	234	02/02/2018	10:13:45	439	02/02/2018	10:41:45	234	02/02/2018	11:11:45	420
31/01/2018	10:13:50	234	02/02/2018	10:13:50	449	02/02/2018	10:41:50	234	02/02/2018	11:11:50	410
31/01/2018	10:13:55	234	02/02/2018	10:13:55	449	02/02/2018	10:41:55	234	02/02/2018	11:11:55	410
31/01/2018	10:14:00	234	02/02/2018	10:14:00	439	02/02/2018	10:42:00	234	02/02/2018	11:12:00	420
31/01/2018	10:14:05	234	02/02/2018	10:14:05	439	02/02/2018	10:42:05	234	02/02/2018	11:12:05	400
31/01/2018	10:14:10	234	02/02/2018	10:14:10	439	02/02/2018	10:42:10	234	02/02/2018	11:12:10	400
31/01/2018	10:14:15	234	02/02/2018	10:14:15	439	02/02/2018	10:42:15	234	02/02/2018	11:12:15	420
31/01/2018	10:14:20	234	02/02/2018	10:14:20	430	02/02/2018	10:42:20	234	02/02/2018	11:12:20	430
31/01/2018	10:14:25	234	02/02/2018	10:14:25	439	02/02/2018	10:42:25	187	02/02/2018	11:12:25	430
31/01/2018	10:14:30	234	02/02/2018	10:14:30	439	02/02/2018	10:42:30	187	02/02/2018	11:12:30	420
31/01/2018	10:14:35	234	02/02/2018	10:14:35	439	02/02/2018	10:42:35	187	02/02/2018	11:12:35	410
31/01/2018	10:14:40	234	02/02/2018	10:14:40	430	02/02/2018	10:42:40	187	02/02/2018	11:12:40	410
31/01/2018	10:14:45	234	02/02/2018	10:14:45	439	02/02/2018	10:42:45	187	02/02/2018	11:12:45	410
31/01/2018	10:14:50	234	02/02/2018	10:14:50	439	02/02/2018	10:42:50	187	02/02/2018	11:12:50	371
31/01/2018	10:14:55	234	02/02/2018	10:14:55	439	02/02/2018	10:42:55	187	02/02/2018	11:12:55	410
31/01/2018	10:15:00	234	02/02/2018	10:15:00	430	02/02/2018	10:43:00	187	02/02/2018	11:13:00	420
31/01/2018	10:15:05	234	02/02/2018	10:15:05	449	02/02/2018	10:43:05	187	02/02/2018	11:13:05	430
31/01/2018	10:15:10	234	02/02/2018	10:15:10	439	02/02/2018	10:43:10	187	02/02/2018	11:13:10	430
31/01/2018	10:15:15	234	02/02/2018	10:15:15	449	02/02/2018	10:43:15	187	02/02/2018	11:13:15	430
31/01/2018	10:15:20	234	02/02/2018	10:15:20	439	02/02/2018	10:43:20	187	02/02/2018	11:13:20	430
31/01/2018	10:15:25	234	02/02/2018	10:15:25	439	02/02/2018	10:43:25	187	02/02/2018	11:13:25	400
31/01/2018	10:15:30	234	02/02/2018	10:15:30	439	02/02/2018	10:43:30	187	02/02/2018	11:13:30	410
31/01/2018	10:15:35	234	02/02/2018	10:15:35	449	02/02/2018	10:43:35	187	02/02/2018	11:13:35	400
31/01/2018	10:15:40	234	02/02/2018	10:15:40	449	02/02/2018	10:43:40	187	02/02/2018	11:13:40	410
31/01/2018	10:15:45	234	02/02/2018	10:15:45	439	02/02/2018	10:43:45	187	02/02/2018	11:13:45	410
31/01/2018	10:15:50	205	02/02/2018	10:15:50	439	02/02/2018	10:43:50	187	02/02/2018	11:13:50	420
31/01/2018	10:15:55	205	02/02/2018	10:15:55	449	02/02/2018	10:43:55	187	02/02/2018	11:13:55	410

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

31/01/2018	10:16:00	205	02/02/2018	10:16:00	449	02/02/2018	10:44:00	187	02/02/2018	11:14:00	430
31/01/2018	10:16:05	205	02/02/2018	10:16:05	449	02/02/2018	10:44:05	187	02/02/2018	11:14:05	430
31/01/2018	10:16:10	205	02/02/2018	10:16:10	439	02/02/2018	10:44:10	187	02/02/2018	11:14:10	430
31/01/2018	10:16:15	205	02/02/2018	10:16:15	439	02/02/2018	10:44:15	187	02/02/2018	11:14:15	420
31/01/2018	10:16:20	205	02/02/2018	10:16:20	439	02/02/2018	10:44:20	187	02/02/2018	11:14:20	410
31/01/2018	10:16:25	205	02/02/2018	10:16:25	439	02/02/2018	10:44:25	187	02/02/2018	11:14:25	422
31/01/2018	10:16:30	205	02/02/2018	10:16:30	449	02/02/2018	10:44:30	187	02/02/2018	11:14:30	420
31/01/2018	10:16:35	205	02/02/2018	10:16:35	439	02/02/2018	10:44:35	187	02/02/2018	11:14:35	425
31/01/2018	10:16:40	205	02/02/2018	10:16:40	439	02/02/2018	10:44:40	187	02/02/2018	11:14:40	440
31/01/2018	10:16:45	205	02/02/2018	10:16:45	449	02/02/2018	10:44:45	187	02/02/2018	11:14:45	410
31/01/2018	10:16:50	205	02/02/2018	10:16:50	439	02/02/2018	10:44:50	187	02/02/2018	11:14:50	410
31/01/2018	10:16:55	205	02/02/2018	10:16:55	439	02/02/2018	10:44:55	187	02/02/2018	11:14:55	372
31/01/2018	10:17:00	205	02/02/2018	10:17:00	439	02/02/2018	10:45:00	187	02/02/2018	11:15:00	372

Tabla A-2-4 Datos obtenidos para los experimentos del 1 al 4 de la segunda etapa (mV)- Autoría propia.

EXPERIMENTO nº5			EXPERIMENTO nº6			EXPERIMENTO nº7			EXPERIMENTO nº8		
02/02/2018	11:30:00	645	31/01/2018	10:30:00	439	31/01/2018	10:45:00	615	31/01/2018	11:18:00	430
02/02/2018	11:30:05	527	31/01/2018	10:30:05	420	31/01/2018	10:45:05	495	31/01/2018	11:18:05	439
02/02/2018	11:30:10	508	31/01/2018	10:30:10	420	31/01/2018	10:45:10	498	31/01/2018	11:18:10	439
02/02/2018	11:30:15	469	31/01/2018	10:30:15	420	31/01/2018	10:45:15	498	31/01/2018	11:18:15	439
02/02/2018	11:30:20	449	31/01/2018	10:30:20	420	31/01/2018	10:45:20	498	31/01/2018	11:18:20	430
02/02/2018	11:30:25	439	31/01/2018	10:30:25	420	31/01/2018	10:45:25	420	31/01/2018	11:18:25	430
02/02/2018	11:30:30	430	31/01/2018	10:30:30	430	31/01/2018	10:45:30	361	31/01/2018	11:18:30	430
02/02/2018	11:30:35	391	31/01/2018	10:30:35	430	31/01/2018	10:45:35	322	31/01/2018	11:18:35	430
02/02/2018	11:30:40	381	31/01/2018	10:30:40	420	31/01/2018	10:45:40	293	31/01/2018	11:18:40	430
02/02/2018	11:30:45	352	31/01/2018	10:30:45	430	31/01/2018	10:45:45	273	31/01/2018	11:18:45	420
02/02/2018	11:30:50	332	31/01/2018	10:30:50	430	31/01/2018	10:45:50	254	31/01/2018	11:18:50	430
02/02/2018	11:30:55	332	31/01/2018	10:30:55	420	31/01/2018	10:45:55	244	31/01/2018	11:18:55	420

ALBERTO CARTELLE MATEO

02/02/2018	11:31:00	352	31/01/2018	10:31:00	430	31/01/2018	10:46:00	234	31/01/2018	11:19:00	420
02/02/2018	11:31:05	332	31/01/2018	10:31:05	430	31/01/2018	10:46:05	234	31/01/2018	11:19:05	420
02/02/2018	11:31:10	322	31/01/2018	10:31:10	420	31/01/2018	10:46:10	225	31/01/2018	11:19:10	420
02/02/2018	11:31:15	303	31/01/2018	10:31:15	420	31/01/2018	10:46:15	225	31/01/2018	11:19:15	420
02/02/2018	11:31:20	303	31/01/2018	10:31:20	439	31/01/2018	10:46:20	225	31/01/2018	11:19:20	420
02/02/2018	11:31:25	283	31/01/2018	10:31:25	449	31/01/2018	10:46:25	225	31/01/2018	11:19:25	410
02/02/2018	11:31:30	273	31/01/2018	10:31:30	439	31/01/2018	10:46:30	217	31/01/2018	11:19:30	420
02/02/2018	11:31:35	264	31/01/2018	10:31:35	430	31/01/2018	10:46:35	225	31/01/2018	11:19:35	410
02/02/2018	11:31:40	254	31/01/2018	10:31:40	430	31/01/2018	10:46:40	225	31/01/2018	11:19:40	410
02/02/2018	11:31:45	254	31/01/2018	10:31:45	430	31/01/2018	10:46:45	213	31/01/2018	11:19:45	410
02/02/2018	11:31:50	244	31/01/2018	10:31:50	420	31/01/2018	10:46:50	225	31/01/2018	11:19:50	410
02/02/2018	11:31:55	244	31/01/2018	10:31:55	430	31/01/2018	10:46:55	225	31/01/2018	11:19:55	410
02/02/2018	11:32:00	234	31/01/2018	10:32:00	420	31/01/2018	10:47:00	225	31/01/2018	11:20:00	410
02/02/2018	11:32:05	244	31/01/2018	10:32:05	430	31/01/2018	10:47:05	225	31/01/2018	11:20:05	410
02/02/2018	11:32:10	234	31/01/2018	10:32:10	420	31/01/2018	10:47:10	225	31/01/2018	11:20:10	410
02/02/2018	11:32:15	225	31/01/2018	10:32:15	430	31/01/2018	10:47:15	225	31/01/2018	11:20:15	410
02/02/2018	11:32:20	225	31/01/2018	10:32:20	420	31/01/2018	10:47:20	225	31/01/2018	11:20:20	410
02/02/2018	11:32:25	225	31/01/2018	10:32:25	430	31/01/2018	10:47:25	225	31/01/2018	11:20:25	400
02/02/2018	11:32:30	225	31/01/2018	10:32:30	420	31/01/2018	10:47:30	205	31/01/2018	11:20:30	410
02/02/2018	11:32:35	215	31/01/2018	10:32:35	430	31/01/2018	10:47:35	225	31/01/2018	11:20:35	400
02/02/2018	11:32:40	205	31/01/2018	10:32:40	430	31/01/2018	10:47:40	225	31/01/2018	11:20:40	400
02/02/2018	11:32:45	215	31/01/2018	10:32:45	430	31/01/2018	10:47:45	225	31/01/2018	11:20:45	400
02/02/2018	11:32:50	215	31/01/2018	10:32:50	420	31/01/2018	10:47:50	225	31/01/2018	11:20:50	400
02/02/2018	11:32:55	215	31/01/2018	10:32:55	430	31/01/2018	10:47:55	203	31/01/2018	11:20:55	400
02/02/2018	11:33:00	215	31/01/2018	10:33:00	420	31/01/2018	10:48:00	225	31/01/2018	11:21:00	400
02/02/2018	11:33:05	205	31/01/2018	10:33:05	420	31/01/2018	10:48:05	225	31/01/2018	11:21:05	400
02/02/2018	11:33:10	205	31/01/2018	10:33:10	420	31/01/2018	10:48:10	225	31/01/2018	11:21:10	400
02/02/2018	11:33:15	205	31/01/2018	10:33:15	420	31/01/2018	10:48:15	225	31/01/2018	11:21:15	400
02/02/2018	11:33:20	215	31/01/2018	10:33:20	420	31/01/2018	10:48:20	225	31/01/2018	11:21:20	400
02/02/2018	11:33:25	205	31/01/2018	10:33:25	420	31/01/2018	10:48:25	225	31/01/2018	11:21:25	400
02/02/2018	11:33:30	205	31/01/2018	10:33:30	420	31/01/2018	10:48:30	225	31/01/2018	11:21:30	400

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

02/02/2018	11:33:35	225	31/01/2018	10:33:35	420	31/01/2018	10:48:35	225	31/01/2018	11:21:35	391
02/02/2018	11:33:40	225	31/01/2018	10:33:40	420	31/01/2018	10:48:40	225	31/01/2018	11:21:40	400
02/02/2018	11:33:45	215	31/01/2018	10:33:45	420	31/01/2018	10:48:45	225	31/01/2018	11:21:45	400
02/02/2018	11:33:50	215	31/01/2018	10:33:50	420	31/01/2018	10:48:50	225	31/01/2018	11:21:50	400
02/02/2018	11:33:55	205	31/01/2018	10:33:55	420	31/01/2018	10:48:55	225	31/01/2018	11:21:55	400
02/02/2018	11:34:00	137	31/01/2018	10:34:00	410	31/01/2018	10:49:00	225	31/01/2018	11:22:00	391
02/02/2018	11:34:05	166	31/01/2018	10:34:05	420	31/01/2018	10:49:05	225	31/01/2018	11:22:05	391
02/02/2018	11:34:10	166	31/01/2018	10:34:10	420	31/01/2018	10:49:10	225	31/01/2018	11:22:10	391
02/02/2018	11:34:15	176	31/01/2018	10:34:15	420	31/01/2018	10:49:15	225	31/01/2018	11:22:15	391
02/02/2018	11:34:20	176	31/01/2018	10:34:20	420	31/01/2018	10:49:20	225	31/01/2018	11:22:20	391
02/02/2018	11:34:25	186	31/01/2018	10:34:25	420	31/01/2018	10:49:25	225	31/01/2018	11:22:25	391
02/02/2018	11:34:30	195	31/01/2018	10:34:30	420	31/01/2018	10:49:30	225	31/01/2018	11:22:30	391
02/02/2018	11:34:35	195	31/01/2018	10:34:35	420	31/01/2018	10:49:35	225	31/01/2018	11:22:35	391
02/02/2018	11:34:40	195	31/01/2018	10:34:40	410	31/01/2018	10:49:40	225	31/01/2018	11:22:40	391
02/02/2018	11:34:45	186	31/01/2018	10:34:45	410	31/01/2018	10:49:45	225	31/01/2018	11:22:45	391
02/02/2018	11:34:50	186	31/01/2018	10:34:50	410	31/01/2018	10:49:50	225	31/01/2018	11:22:50	391
02/02/2018	11:34:55	195	31/01/2018	10:34:55	410	31/01/2018	10:49:55	225	31/01/2018	11:22:55	391
02/02/2018	11:35:00	195	31/01/2018	10:35:00	410	31/01/2018	10:50:00	225	31/01/2018	11:23:00	391
02/02/2018	11:35:05	186	31/01/2018	10:35:05	420	31/01/2018	10:50:05	225	31/01/2018	11:23:05	391
02/02/2018	11:35:10	195	31/01/2018	10:35:10	410	31/01/2018	10:50:10	225	31/01/2018	11:23:10	381
02/02/2018	11:35:15	195	31/01/2018	10:35:15	410	31/01/2018	10:50:15	225	31/01/2018	11:23:15	391
02/02/2018	11:35:20	195	31/01/2018	10:35:20	420	31/01/2018	10:50:20	225	31/01/2018	11:23:20	391
02/02/2018	11:35:25	195	31/01/2018	10:35:25	420	31/01/2018	10:50:25	225	31/01/2018	11:23:25	391
02/02/2018	11:35:30	195	31/01/2018	10:35:30	430	31/01/2018	10:50:30	225	31/01/2018	11:23:30	391
02/02/2018	11:35:35	195	31/01/2018	10:35:35	430	31/01/2018	10:50:35	225	31/01/2018	11:23:35	391
02/02/2018	11:35:40	195	31/01/2018	10:35:40	430	31/01/2018	10:50:40	225	31/01/2018	11:23:40	391
02/02/2018	11:35:45	195	31/01/2018	10:35:45	420	31/01/2018	10:50:45	225	31/01/2018	11:23:45	381
02/02/2018	11:35:50	195	31/01/2018	10:35:50	420	31/01/2018	10:50:50	225	31/01/2018	11:23:50	391
02/02/2018	11:35:55	195	31/01/2018	10:35:55	420	31/01/2018	10:50:55	225	31/01/2018	11:23:55	391
02/02/2018	11:36:00	195	31/01/2018	10:36:00	430	31/01/2018	10:51:00	225	31/01/2018	11:24:00	391
02/02/2018	11:36:05	195	31/01/2018	10:36:05	430	31/01/2018	10:51:05	225	31/01/2018	11:24:05	381

ALBERTO CARTELLE MATEO

02/02/2018	11:36:10	195	31/01/2018	10:36:10	420	31/01/2018	10:51:10	225	31/01/2018	11:24:10	381
02/02/2018	11:36:15	234	31/01/2018	10:36:15	420	31/01/2018	10:51:15	225	31/01/2018	11:24:15	381
02/02/2018	11:36:20	225	31/01/2018	10:36:20	420	31/01/2018	10:51:20	225	31/01/2018	11:24:20	381
02/02/2018	11:36:25	225	31/01/2018	10:36:25	430	31/01/2018	10:51:25	225	31/01/2018	11:24:25	381
02/02/2018	11:36:30	225	31/01/2018	10:36:30	420	31/01/2018	10:51:30	225	31/01/2018	11:24:30	381
02/02/2018	11:36:35	225	31/01/2018	10:36:35	430	31/01/2018	10:51:35	225	31/01/2018	11:24:35	381
02/02/2018	11:36:40	225	31/01/2018	10:36:40	430	31/01/2018	10:51:40	225	31/01/2018	11:24:40	381
02/02/2018	11:36:45	225	31/01/2018	10:36:45	420	31/01/2018	10:51:45	216	31/01/2018	11:24:45	381
02/02/2018	11:36:50	225	31/01/2018	10:36:50	410	31/01/2018	10:51:50	225	31/01/2018	11:24:50	381
02/02/2018	11:36:55	225	31/01/2018	10:36:55	420	31/01/2018	10:51:55	225	31/01/2018	11:24:55	381
02/02/2018	11:37:00	215	31/01/2018	10:37:00	420	31/01/2018	10:52:00	225	31/01/2018	11:25:00	381
02/02/2018	11:37:05	215	31/01/2018	10:37:05	420	31/01/2018	10:52:05	225	31/01/2018	11:25:05	381
02/02/2018	11:37:10	215	31/01/2018	10:37:10	420	31/01/2018	10:52:10	225	31/01/2018	11:25:10	381
02/02/2018	11:37:15	215	31/01/2018	10:37:15	420	31/01/2018	10:52:15	225	31/01/2018	11:25:15	381
02/02/2018	11:37:20	215	31/01/2018	10:37:20	420	31/01/2018	10:52:20	225	31/01/2018	11:25:20	381
02/02/2018	11:37:25	215	31/01/2018	10:37:25	420	31/01/2018	10:52:25	225	31/01/2018	11:25:25	381
02/02/2018	11:37:30	215	31/01/2018	10:37:30	420	31/01/2018	10:52:30	225	31/01/2018	11:25:30	381
02/02/2018	11:37:35	215	31/01/2018	10:37:35	420	31/01/2018	10:52:35	225	31/01/2018	11:25:35	381
02/02/2018	11:37:40	205	31/01/2018	10:37:40	420	31/01/2018	10:52:40	225	31/01/2018	11:25:40	381
02/02/2018	11:37:45	205	31/01/2018	10:37:45	420	31/01/2018	10:52:45	214	31/01/2018	11:25:45	381
02/02/2018	11:37:50	205	31/01/2018	10:37:50	420	31/01/2018	10:52:50	225	31/01/2018	11:25:50	381
02/02/2018	11:37:55	205	31/01/2018	10:37:55	420	31/01/2018	10:52:55	225	31/01/2018	11:25:55	381
02/02/2018	11:38:00	205	31/01/2018	10:38:00	420	31/01/2018	10:53:00	225	31/01/2018	11:26:00	381
02/02/2018	11:38:05	205	31/01/2018	10:38:05	420	31/01/2018	10:53:05	225	31/01/2018	11:26:05	381
02/02/2018	11:38:10	205	31/01/2018	10:38:10	420	31/01/2018	10:53:10	225	31/01/2018	11:26:10	371
02/02/2018	11:38:15	205	31/01/2018	10:38:15	420	31/01/2018	10:53:15	225	31/01/2018	11:26:15	371
02/02/2018	11:38:20	205	31/01/2018	10:38:20	420	31/01/2018	10:53:20	225	31/01/2018	11:26:20	371
02/02/2018	11:38:25	195	31/01/2018	10:38:25	420	31/01/2018	10:53:25	225	31/01/2018	11:26:25	381
02/02/2018	11:38:30	195	31/01/2018	10:38:30	420	31/01/2018	10:53:30	225	31/01/2018	11:26:30	381
02/02/2018	11:38:35	195	31/01/2018	10:38:35	420	31/01/2018	10:53:35	225	31/01/2018	11:26:35	381
02/02/2018	11:38:40	195	31/01/2018	10:38:40	420	31/01/2018	10:53:40	225	31/01/2018	11:26:40	381

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

02/02/2018	11:38:45	195	31/01/2018	10:38:45	410	31/01/2018	10:53:45	225	31/01/2018	11:26:45	381
02/02/2018	11:38:50	195	31/01/2018	10:38:50	420	31/01/2018	10:53:50	225	31/01/2018	11:26:50	381
02/02/2018	11:38:55	195	31/01/2018	10:38:55	420	31/01/2018	10:53:55	225	31/01/2018	11:26:55	381
02/02/2018	11:39:00	195	31/01/2018	10:39:00	420	31/01/2018	10:54:00	225	31/01/2018	11:27:00	371
02/02/2018	11:39:05	195	31/01/2018	10:39:05	420	31/01/2018	10:54:05	225	31/01/2018	11:27:05	381
02/02/2018	11:39:10	195	31/01/2018	10:39:10	420	31/01/2018	10:54:10	225	31/01/2018	11:27:10	381
02/02/2018	11:39:15	195	31/01/2018	10:39:15	420	31/01/2018	10:54:15	217	31/01/2018	11:27:15	371
02/02/2018	11:39:20	195	31/01/2018	10:39:20	420	31/01/2018	10:54:20	225	31/01/2018	11:27:20	371
02/02/2018	11:39:25	195	31/01/2018	10:39:25	430	31/01/2018	10:54:25	225	31/01/2018	11:27:25	371
02/02/2018	11:39:30	195	31/01/2018	10:39:30	430	31/01/2018	10:54:30	225	31/01/2018	11:27:30	371
02/02/2018	11:39:35	195	31/01/2018	10:39:35	439	31/01/2018	10:54:35	225	31/01/2018	11:27:35	371
02/02/2018	11:39:40	195	31/01/2018	10:39:40	430	31/01/2018	10:54:40	225	31/01/2018	11:27:40	371
02/02/2018	11:39:45	195	31/01/2018	10:39:45	430	31/01/2018	10:54:45	225	31/01/2018	11:27:45	371
02/02/2018	11:39:50	195	31/01/2018	10:39:50	430	31/01/2018	10:54:50	225	31/01/2018	11:27:50	371
02/02/2018	11:39:55	195	31/01/2018	10:39:55	430	31/01/2018	10:54:55	225	31/01/2018	11:27:55	371
02/02/2018	11:40:00	186	31/01/2018	10:40:00	420	31/01/2018	10:55:00	225	31/01/2018	11:28:00	371
02/02/2018	11:40:05	195	31/01/2018	10:40:05	420	31/01/2018	10:55:05	225	31/01/2018	11:28:05	371
02/02/2018	11:40:10	195	31/01/2018	10:40:10	420	31/01/2018	10:55:10	225	31/01/2018	11:28:10	371
02/02/2018	11:40:15	195	31/01/2018	10:40:15	420	31/01/2018	10:55:15	225	31/01/2018	11:28:15	371
02/02/2018	11:40:20	195	31/01/2018	10:40:20	420	31/01/2018	10:55:20	203	31/01/2018	11:28:20	371
02/02/2018	11:40:25	186	31/01/2018	10:40:25	430	31/01/2018	10:55:25	225	31/01/2018	11:28:25	371
02/02/2018	11:40:30	195	31/01/2018	10:40:30	430	31/01/2018	10:55:30	225	31/01/2018	11:28:30	371
02/02/2018	11:40:35	195	31/01/2018	10:40:35	420	31/01/2018	10:55:35	225	31/01/2018	11:28:35	371
02/02/2018	11:40:40	186	31/01/2018	10:40:40	420	31/01/2018	10:55:40	225	31/01/2018	11:28:40	371
02/02/2018	11:40:45	186	31/01/2018	10:40:45	420	31/01/2018	10:55:45	225	31/01/2018	11:28:45	371
02/02/2018	11:40:50	186	31/01/2018	10:40:50	420	31/01/2018	10:55:50	225	31/01/2018	11:28:50	371
02/02/2018	11:40:55	186	31/01/2018	10:40:55	420	31/01/2018	10:55:55	225	31/01/2018	11:28:55	371
02/02/2018	11:41:00	186	31/01/2018	10:41:00	420	31/01/2018	10:56:00	225	31/01/2018	11:29:00	371
02/02/2018	11:41:05	186	31/01/2018	10:41:05	420	31/01/2018	10:56:05	225	31/01/2018	11:29:05	371
02/02/2018	11:41:10	186	31/01/2018	10:41:10	420	31/01/2018	10:56:10	200	31/01/2018	11:29:10	371
02/02/2018	11:41:15	186	31/01/2018	10:41:15	420	31/01/2018	10:56:15	225	31/01/2018	11:29:15	361

ALBERTO CARTELLE MATEO

02/02/2018	11:41:20	186	31/01/2018	10:41:20	420	31/01/2018	10:56:20	205	31/01/2018	11:29:20	371
02/02/2018	11:41:25	186	31/01/2018	10:41:25	420	31/01/2018	10:56:25	205	31/01/2018	11:29:25	371
02/02/2018	11:41:30	186	31/01/2018	10:41:30	420	31/01/2018	10:56:30	205	31/01/2018	11:29:30	371
02/02/2018	11:41:35	186	31/01/2018	10:41:35	420	31/01/2018	10:56:35	205	31/01/2018	11:29:35	361
02/02/2018	11:41:40	186	31/01/2018	10:41:40	420	31/01/2018	10:56:40	205	31/01/2018	11:29:40	371
02/02/2018	11:41:45	186	31/01/2018	10:41:45	420	31/01/2018	10:56:45	205	31/01/2018	11:29:45	371
02/02/2018	11:41:50	186	31/01/2018	10:41:50	410	31/01/2018	10:56:50	200	31/01/2018	11:29:50	371
02/02/2018	11:41:55	186	31/01/2018	10:41:55	410	31/01/2018	10:56:55	205	31/01/2018	11:29:55	371
02/02/2018	11:42:00	186	31/01/2018	10:42:00	410	31/01/2018	10:57:00	205	31/01/2018	11:30:00	371
02/02/2018	11:42:05	186	31/01/2018	10:42:05	420	31/01/2018	10:57:05	205	31/01/2018	11:30:05	371
02/02/2018	11:42:10	186	31/01/2018	10:42:10	420	31/01/2018	10:57:10	205	31/01/2018	11:30:10	361
02/02/2018	11:42:15	186	31/01/2018	10:42:15	420	31/01/2018	10:57:15	205	31/01/2018	11:30:15	371
02/02/2018	11:42:20	186	31/01/2018	10:42:20	420	31/01/2018	10:57:20	205	31/01/2018	11:30:20	371
02/02/2018	11:42:25	186	31/01/2018	10:42:25	430	31/01/2018	10:57:25	195	31/01/2018	11:30:25	371
02/02/2018	11:42:30	186	31/01/2018	10:42:30	420	31/01/2018	10:57:30	205	31/01/2018	11:30:30	371
02/02/2018	11:42:35	186	31/01/2018	10:42:35	420	31/01/2018	10:57:35	205	31/01/2018	11:30:35	361
02/02/2018	11:42:40	186	31/01/2018	10:42:40	420	31/01/2018	10:57:40	205	31/01/2018	11:30:40	361
02/02/2018	11:42:45	186	31/01/2018	10:42:45	420	31/01/2018	10:57:45	205	31/01/2018	11:30:45	361
02/02/2018	11:42:50	186	31/01/2018	10:42:50	430	31/01/2018	10:57:50	205	31/01/2018	11:30:50	361
02/02/2018	11:42:55	186	31/01/2018	10:42:55	430	31/01/2018	10:57:55	205	31/01/2018	11:30:55	361
02/02/2018	11:43:00	186	31/01/2018	10:43:00	430	31/01/2018	10:58:00	205	31/01/2018	11:31:00	361
02/02/2018	11:43:05	186	31/01/2018	10:43:05	420	31/01/2018	10:58:05	205	31/01/2018	11:31:05	361
02/02/2018	11:43:10	186	31/01/2018	10:43:10	420	31/01/2018	10:58:10	205	31/01/2018	11:31:10	361
02/02/2018	11:43:15	186	31/01/2018	10:43:15	420	31/01/2018	10:58:15	205	31/01/2018	11:31:15	361
02/02/2018	11:43:20	186	31/01/2018	10:43:20	420	31/01/2018	10:58:20	205	31/01/2018	11:31:20	361
02/02/2018	11:43:25	186	31/01/2018	10:43:25	420	31/01/2018	10:58:25	205	31/01/2018	11:31:25	361
02/02/2018	11:43:30	186	31/01/2018	10:43:30	420	31/01/2018	10:58:30	205	31/01/2018	11:31:30	361
02/02/2018	11:43:35	186	31/01/2018	10:43:35	420	31/01/2018	10:58:35	203	31/01/2018	11:31:35	361
02/02/2018	11:43:40	186	31/01/2018	10:43:40	420	31/01/2018	10:58:40	205	31/01/2018	11:31:40	361
02/02/2018	11:43:45	186	31/01/2018	10:43:45	420	31/01/2018	10:58:45	205	31/01/2018	11:31:45	361
02/02/2018	11:43:50	186	31/01/2018	10:43:50	420	31/01/2018	10:58:50	205	31/01/2018	11:31:50	361

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

02/02/2018	11:43:55	186	31/01/2018	10:43:55	410	31/01/2018	10:58:55	203	31/01/2018	11:31:55	361
02/02/2018	11:44:00	186	31/01/2018	10:44:00	420	31/01/2018	10:59:00	205	31/01/2018	11:32:00	361
02/02/2018	11:44:05	186	31/01/2018	10:44:05	420	31/01/2018	10:59:05	205	31/01/2018	11:32:05	361
02/02/2018	11:44:10	186	31/01/2018	10:44:10	420	31/01/2018	10:59:10	205	31/01/2018	11:32:10	361
02/02/2018	11:44:15	186	31/01/2018	10:44:15	420	31/01/2018	10:59:15	205	31/01/2018	11:32:15	352
02/02/2018	11:44:20	186	31/01/2018	10:44:20	420	31/01/2018	10:59:20	205	31/01/2018	11:32:20	352
02/02/2018	11:44:25	176	31/01/2018	10:44:25	420	31/01/2018	10:59:25	195	31/01/2018	11:32:25	361
02/02/2018	11:44:30	186	31/01/2018	10:44:30	420	31/01/2018	10:59:30	195	31/01/2018	11:32:30	361
02/02/2018	11:44:35	186	31/01/2018	10:44:35	420	31/01/2018	10:59:35	195	31/01/2018	11:32:35	352
02/02/2018	11:44:40	186	31/01/2018	10:44:40	420	31/01/2018	10:59:40	186	31/01/2018	11:32:40	352
02/02/2018	11:44:45	186	31/01/2018	10:44:45	420	31/01/2018	10:59:45	186	31/01/2018	11:32:45	352
02/02/2018	11:44:50	186	31/01/2018	10:44:50	420	31/01/2018	10:59:50	186	31/01/2018	11:32:50	352
02/02/2018	11:44:55	186	31/01/2018	10:44:55	420	31/01/2018	10:59:55	186	31/01/2018	11:32:55	352
02/02/2018	11:45:00	176	31/01/2018	10:45:00	420	31/01/2018	11:00:00	186	31/01/2018	11:33:00	352

Tabla A-2-5 Datos obtenidos para los experimentos del 4 al 8 de la segunda etapa (mV)- Autoría propia.

EXPERIMENTO n°9			EXPERIMENTO n°10			EXPERIMENTO n°11			EXPERIMENTO n°12		
03/02/2018	10:02:00	371	03/02/2018	10:24:00	342	03/02/2018	12:11:00	352	03/02/2018	12:30:00	449
03/02/2018	10:02:05	371	03/02/2018	10:24:05	332	03/02/2018	12:11:05	410	03/02/2018	12:30:05	362
03/02/2018	10:02:10	381	03/02/2018	10:24:10	313	03/02/2018	12:11:10	400	03/02/2018	12:30:10	340
03/02/2018	10:02:15	381	03/02/2018	10:24:15	313	03/02/2018	12:11:15	332	03/02/2018	12:30:15	362
03/02/2018	10:02:20	313	03/02/2018	10:24:20	313	03/02/2018	12:11:20	322	03/02/2018	12:30:20	366
03/02/2018	10:02:25	313	03/02/2018	10:24:25	313	03/02/2018	12:11:25	322	03/02/2018	12:30:25	358
03/02/2018	10:02:30	313	03/02/2018	10:24:30	313	03/02/2018	12:11:30	322	03/02/2018	12:30:30	273
03/02/2018	10:02:35	313	03/02/2018	10:24:35	313	03/02/2018	12:11:35	313	03/02/2018	12:30:35	352
03/02/2018	10:02:40	313	03/02/2018	10:24:40	313	03/02/2018	12:11:40	313	03/02/2018	12:30:40	352
03/02/2018	10:02:45	313	03/02/2018	10:24:45	313	03/02/2018	12:11:45	313	03/02/2018	12:30:45	313
03/02/2018	10:02:50	313	03/02/2018	10:24:50	313	03/02/2018	12:11:50	313	03/02/2018	12:30:50	303
03/02/2018	10:02:55	313	03/02/2018	10:24:55	303	03/02/2018	12:11:55	313	03/02/2018	12:30:55	352
03/02/2018	10:03:00	313	03/02/2018	10:25:00	303	03/02/2018	12:12:00	313	03/02/2018	12:31:00	352

ALBERTO CARTELLE MATEO

03/02/2018	10:03:05	313	03/02/2018	10:25:05	303	03/02/2018	12:12:05	313	03/02/2018	12:31:05	352
03/02/2018	10:03:10	313	03/02/2018	10:25:10	303	03/02/2018	12:12:10	313	03/02/2018	12:31:10	352
03/02/2018	10:03:15	313	03/02/2018	10:25:15	303	03/02/2018	12:12:15	313	03/02/2018	12:31:15	352
03/02/2018	10:03:20	313	03/02/2018	10:25:20	303	03/02/2018	12:12:20	313	03/02/2018	12:31:20	352
03/02/2018	10:03:25	313	03/02/2018	10:25:25	293	03/02/2018	12:12:25	313	03/02/2018	12:31:25	352
03/02/2018	10:03:30	313	03/02/2018	10:25:30	303	03/02/2018	12:12:30	313	03/02/2018	12:31:30	352
03/02/2018	10:03:35	313	03/02/2018	10:25:35	293	03/02/2018	12:12:35	322	03/02/2018	12:31:35	352
03/02/2018	10:03:40	313	03/02/2018	10:25:40	303	03/02/2018	12:12:40	313	03/02/2018	12:31:40	352
03/02/2018	10:03:45	313	03/02/2018	10:25:45	303	03/02/2018	12:12:45	322	03/02/2018	12:31:45	352
03/02/2018	10:03:50	313	03/02/2018	10:25:50	303	03/02/2018	12:12:50	322	03/02/2018	12:31:50	352
03/02/2018	10:03:55	300	03/02/2018	10:25:55	303	03/02/2018	12:12:55	322	03/02/2018	12:31:55	352
03/02/2018	10:04:00	313	03/02/2018	10:26:00	303	03/02/2018	12:13:00	322	03/02/2018	12:32:00	352
03/02/2018	10:04:05	313	03/02/2018	10:26:05	293	03/02/2018	12:13:05	313	03/02/2018	12:32:05	352
03/02/2018	10:04:10	313	03/02/2018	10:26:10	303	03/02/2018	12:13:10	322	03/02/2018	12:32:10	352
03/02/2018	10:04:15	313	03/02/2018	10:26:15	293	03/02/2018	12:13:15	313	03/02/2018	12:32:15	352
03/02/2018	10:04:20	313	03/02/2018	10:26:20	293	03/02/2018	12:13:20	322	03/02/2018	12:32:20	352
03/02/2018	10:04:25	313	03/02/2018	10:26:25	303	03/02/2018	12:13:25	313	03/02/2018	12:32:25	352
03/02/2018	10:04:30	313	03/02/2018	10:26:30	303	03/02/2018	12:13:30	313	03/02/2018	12:32:30	352
03/02/2018	10:04:35	313	03/02/2018	10:26:35	293	03/02/2018	12:13:35	313	03/02/2018	12:32:35	352
03/02/2018	10:04:40	313	03/02/2018	10:26:40	293	03/02/2018	12:13:40	322	03/02/2018	12:32:40	352
03/02/2018	10:04:45	324	03/02/2018	10:26:45	293	03/02/2018	12:13:45	322	03/02/2018	12:32:45	352
03/02/2018	10:04:50	313	03/02/2018	10:26:50	303	03/02/2018	12:13:50	313	03/02/2018	12:32:50	352
03/02/2018	10:04:55	313	03/02/2018	10:26:55	303	03/02/2018	12:13:55	322	03/02/2018	12:32:55	352
03/02/2018	10:05:00	313	03/02/2018	10:27:00	293	03/02/2018	12:14:00	313	03/02/2018	12:33:00	308
03/02/2018	10:05:05	313	03/02/2018	10:27:05	293	03/02/2018	12:14:05	313	03/02/2018	12:33:05	308
03/02/2018	10:05:10	309	03/02/2018	10:27:10	293	03/02/2018	12:14:10	313	03/02/2018	12:33:10	308
03/02/2018	10:05:15	313	03/02/2018	10:27:15	293	03/02/2018	12:14:15	313	03/02/2018	12:33:15	308
03/02/2018	10:05:20	313	03/02/2018	10:27:20	293	03/02/2018	12:14:20	322	03/02/2018	12:33:20	308
03/02/2018	10:05:25	313	03/02/2018	10:27:25	293	03/02/2018	12:14:25	313	03/02/2018	12:33:25	308
03/02/2018	10:05:30	313	03/02/2018	10:27:30	293	03/02/2018	12:14:30	313	03/02/2018	12:33:30	308
03/02/2018	10:05:35	313	03/02/2018	10:27:35	293	03/02/2018	12:14:35	313	03/02/2018	12:33:35	308

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

03/02/2018	10:05:40	313	03/02/2018	10:27:40	293	03/02/2018	12:14:40	313	03/02/2018	12:33:40	308
03/02/2018	10:05:45	313	03/02/2018	10:27:45	293	03/02/2018	12:14:45	313	03/02/2018	12:33:45	308
03/02/2018	10:05:50	313	03/02/2018	10:27:50	303	03/02/2018	12:14:50	313	03/02/2018	12:33:50	308
03/02/2018	10:05:55	313	03/02/2018	10:27:55	303	03/02/2018	12:14:55	313	03/02/2018	12:33:55	308
03/02/2018	10:06:00	286	03/02/2018	10:28:00	293	03/02/2018	12:15:00	313	03/02/2018	12:34:00	308
03/02/2018	10:06:05	286	03/02/2018	10:28:05	303	03/02/2018	12:15:05	313	03/02/2018	12:34:05	303
03/02/2018	10:06:10	286	03/02/2018	10:28:10	293	03/02/2018	12:15:10	313	03/02/2018	12:34:10	303
03/02/2018	10:06:15	286	03/02/2018	10:28:15	293	03/02/2018	12:15:15	313	03/02/2018	12:34:15	303
03/02/2018	10:06:20	286	03/02/2018	10:28:20	293	03/02/2018	12:15:20	313	03/02/2018	12:34:20	303
03/02/2018	10:06:25	286	03/02/2018	10:28:25	293	03/02/2018	12:15:25	313	03/02/2018	12:34:25	303
03/02/2018	10:06:30	286	03/02/2018	10:28:30	293	03/02/2018	12:15:30	313	03/02/2018	12:34:30	303
03/02/2018	10:06:35	274	03/02/2018	10:28:35	293	03/02/2018	12:15:35	313	03/02/2018	12:34:35	303
03/02/2018	10:06:40	286	03/02/2018	10:28:40	293	03/02/2018	12:15:40	322	03/02/2018	12:34:40	303
03/02/2018	10:06:45	305	03/02/2018	10:28:45	293	03/02/2018	12:15:45	322	03/02/2018	12:34:45	303
03/02/2018	10:06:50	305	03/02/2018	10:28:50	293	03/02/2018	12:15:50	313	03/02/2018	12:34:50	303
03/02/2018	10:06:55	305	03/02/2018	10:28:55	293	03/02/2018	12:15:55	322	03/02/2018	12:34:55	303
03/02/2018	10:07:00	333	03/02/2018	10:29:00	293	03/02/2018	12:16:00	322	03/02/2018	12:35:00	303
03/02/2018	10:07:05	305	03/02/2018	10:29:05	293	03/02/2018	12:16:05	322	03/02/2018	12:35:05	303
03/02/2018	10:07:10	305	03/02/2018	10:29:10	293	03/02/2018	12:16:10	322	03/02/2018	12:35:10	303
03/02/2018	10:07:15	305	03/02/2018	10:29:15	293	03/02/2018	12:16:15	322	03/02/2018	12:35:15	303
03/02/2018	10:07:20	305	03/02/2018	10:29:20	293	03/02/2018	12:16:20	322	03/02/2018	12:35:20	303
03/02/2018	10:07:25	335	03/02/2018	10:29:25	283	03/02/2018	12:16:25	322	03/02/2018	12:35:25	303
03/02/2018	10:07:30	305	03/02/2018	10:29:30	283	03/02/2018	12:16:30	322	03/02/2018	12:35:30	303
03/02/2018	10:07:35	305	03/02/2018	10:29:35	293	03/02/2018	12:16:35	322	03/02/2018	12:35:35	303
03/02/2018	10:07:40	305	03/02/2018	10:29:40	293	03/02/2018	12:16:40	322	03/02/2018	12:35:40	303
03/02/2018	10:07:45	305	03/02/2018	10:29:45	293	03/02/2018	12:16:45	322	03/02/2018	12:35:45	303
03/02/2018	10:07:50	305	03/02/2018	10:29:50	283	03/02/2018	12:16:50	322	03/02/2018	12:35:50	303
03/02/2018	10:07:55	348	03/02/2018	10:29:55	283	03/02/2018	12:16:55	313	03/02/2018	12:35:55	303
03/02/2018	10:08:00	305	03/02/2018	10:30:00	283	03/02/2018	12:17:00	322	03/02/2018	12:36:00	303
03/02/2018	10:08:05	305	03/02/2018	10:30:05	283	03/02/2018	12:17:05	322	03/02/2018	12:36:05	303
03/02/2018	10:08:10	305	03/02/2018	10:30:10	283	03/02/2018	12:17:10	322	03/02/2018	12:36:10	303

ALBERTO CARTELLE MATEO

03/02/2018	10:08:15	382	03/02/2018	10:30:15	283	03/02/2018	12:17:15	322	03/02/2018	12:36:15	303
03/02/2018	10:08:20	305	03/02/2018	10:30:20	283	03/02/2018	12:17:20	322	03/02/2018	12:36:20	303
03/02/2018	10:08:25	305	03/02/2018	10:30:25	273	03/02/2018	12:17:25	322	03/02/2018	12:36:25	303
03/02/2018	10:08:30	305	03/02/2018	10:30:30	283	03/02/2018	12:17:30	313	03/02/2018	12:36:30	303
03/02/2018	10:08:35	305	03/02/2018	10:30:35	293	03/02/2018	12:17:35	322	03/02/2018	12:36:35	303
03/02/2018	10:08:40	305	03/02/2018	10:30:40	283	03/02/2018	12:17:40	313	03/02/2018	12:36:40	289
03/02/2018	10:08:45	412	03/02/2018	10:30:45	283	03/02/2018	12:17:45	313	03/02/2018	12:36:45	289
03/02/2018	10:08:50	303	03/02/2018	10:30:50	283	03/02/2018	12:17:50	313	03/02/2018	12:36:50	289
03/02/2018	10:08:55	303	03/02/2018	10:30:55	283	03/02/2018	12:17:55	313	03/02/2018	12:36:55	289
03/02/2018	10:09:00	303	03/02/2018	10:31:00	293	03/02/2018	12:18:00	313	03/02/2018	12:37:00	289
03/02/2018	10:09:05	303	03/02/2018	10:31:05	293	03/02/2018	12:18:05	322	03/02/2018	12:37:05	289
03/02/2018	10:09:10	303	03/02/2018	10:31:10	283	03/02/2018	12:18:10	322	03/02/2018	12:37:10	289
03/02/2018	10:09:15	303	03/02/2018	10:31:15	283	03/02/2018	12:18:15	313	03/02/2018	12:37:15	289
03/02/2018	10:09:20	305	03/02/2018	10:31:20	283	03/02/2018	12:18:20	313	03/02/2018	12:37:20	289
03/02/2018	10:09:25	303	03/02/2018	10:31:25	293	03/02/2018	12:18:25	313	03/02/2018	12:37:25	289
03/02/2018	10:09:30	303	03/02/2018	10:31:30	283	03/02/2018	12:18:30	313	03/02/2018	12:37:30	289
03/02/2018	10:09:35	303	03/02/2018	10:31:35	283	03/02/2018	12:18:35	322	03/02/2018	12:37:35	289
03/02/2018	10:09:40	303	03/02/2018	10:31:40	283	03/02/2018	12:18:40	313	03/02/2018	12:37:40	289
03/02/2018	10:09:45	309	03/02/2018	10:31:45	283	03/02/2018	12:18:45	313	03/02/2018	12:37:45	289
03/02/2018	10:09:50	303	03/02/2018	10:31:50	283	03/02/2018	12:18:50	313	03/02/2018	12:37:50	289
03/02/2018	10:09:55	307	03/02/2018	10:31:55	283	03/02/2018	12:18:55	313	03/02/2018	12:37:55	289
03/02/2018	10:10:00	303	03/02/2018	10:32:00	283	03/02/2018	12:19:00	322	03/02/2018	12:38:00	289
03/02/2018	10:10:05	303	03/02/2018	10:32:05	283	03/02/2018	12:19:05	322	03/02/2018	12:38:05	289
03/02/2018	10:10:10	303	03/02/2018	10:32:10	283	03/02/2018	12:19:10	313	03/02/2018	12:38:10	289
03/02/2018	10:10:15	303	03/02/2018	10:32:15	283	03/02/2018	12:19:15	313	03/02/2018	12:38:15	289
03/02/2018	10:10:20	303	03/02/2018	10:32:20	283	03/02/2018	12:19:20	313	03/02/2018	12:38:20	289
03/02/2018	10:10:25	303	03/02/2018	10:32:25	283	03/02/2018	12:19:25	313	03/02/2018	12:38:25	289
03/02/2018	10:10:30	303	03/02/2018	10:32:30	283	03/02/2018	12:19:30	313	03/02/2018	12:38:30	289
03/02/2018	10:10:35	307	03/02/2018	10:32:35	283	03/02/2018	12:19:35	313	03/02/2018	12:38:35	289
03/02/2018	10:10:40	303	03/02/2018	10:32:40	283	03/02/2018	12:19:40	313	03/02/2018	12:38:40	289
03/02/2018	10:10:45	303	03/02/2018	10:32:45	283	03/02/2018	12:19:45	313	03/02/2018	12:38:45	289

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

03/02/2018	10:10:50	303	03/02/2018	10:32:50	283	03/02/2018	12:19:50	313	03/02/2018	12:38:50	289
03/02/2018	10:10:55	310	03/02/2018	10:32:55	283	03/02/2018	12:19:55	313	03/02/2018	12:38:55	289
03/02/2018	10:11:00	303	03/02/2018	10:33:00	283	03/02/2018	12:20:00	313	03/02/2018	12:39:00	289
03/02/2018	10:11:05	303	03/02/2018	10:33:05	283	03/02/2018	12:20:05	313	03/02/2018	12:39:05	289
03/02/2018	10:11:10	303	03/02/2018	10:33:10	273	03/02/2018	12:20:10	313	03/02/2018	12:39:10	289
03/02/2018	10:11:15	303	03/02/2018	10:33:15	283	03/02/2018	12:20:15	313	03/02/2018	12:39:15	289
03/02/2018	10:11:20	310	03/02/2018	10:33:20	283	03/02/2018	12:20:20	313	03/02/2018	12:39:20	289
03/02/2018	10:11:25	303	03/02/2018	10:33:25	283	03/02/2018	12:20:25	313	03/02/2018	12:39:25	289
03/02/2018	10:11:30	303	03/02/2018	10:33:30	283	03/02/2018	12:20:30	313	03/02/2018	12:39:30	289
03/02/2018	10:11:35	303	03/02/2018	10:33:35	273	03/02/2018	12:20:35	313	03/02/2018	12:39:35	289
03/02/2018	10:11:40	310	03/02/2018	10:33:40	283	03/02/2018	12:20:40	313	03/02/2018	12:39:40	289
03/02/2018	10:11:45	303	03/02/2018	10:33:45	283	03/02/2018	12:20:45	313	03/02/2018	12:39:45	289
03/02/2018	10:11:50	303	03/02/2018	10:33:50	283	03/02/2018	12:20:50	313	03/02/2018	12:39:50	289
03/02/2018	10:11:55	303	03/02/2018	10:33:55	283	03/02/2018	12:20:55	313	03/02/2018	12:39:55	289
03/02/2018	10:12:00	303	03/02/2018	10:34:00	273	03/02/2018	12:21:00	313	03/02/2018	12:40:00	289
03/02/2018	10:12:05	303	03/02/2018	10:34:05	273	03/02/2018	12:21:05	313	03/02/2018	12:40:05	289
03/02/2018	10:12:10	303	03/02/2018	10:34:10	273	03/02/2018	12:21:10	313	03/02/2018	12:40:10	289
03/02/2018	10:12:15	303	03/02/2018	10:34:15	273	03/02/2018	12:21:15	303	03/02/2018	12:40:15	289
03/02/2018	10:12:20	303	03/02/2018	10:34:20	273	03/02/2018	12:21:20	313	03/02/2018	12:40:20	289
03/02/2018	10:12:25	358	03/02/2018	10:34:25	283	03/02/2018	12:21:25	313	03/02/2018	12:40:25	289
03/02/2018	10:12:30	315	03/02/2018	10:34:30	273	03/02/2018	12:21:30	313	03/02/2018	12:40:30	289
03/02/2018	10:12:35	315	03/02/2018	10:34:35	273	03/02/2018	12:21:35	313	03/02/2018	12:40:35	289
03/02/2018	10:12:40	313	03/02/2018	10:34:40	273	03/02/2018	12:21:40	303	03/02/2018	12:40:40	289
03/02/2018	10:12:45	315	03/02/2018	10:34:45	273	03/02/2018	12:21:45	313	03/02/2018	12:40:45	289
03/02/2018	10:12:50	315	03/02/2018	10:34:50	273	03/02/2018	12:21:50	303	03/02/2018	12:40:50	289
03/02/2018	10:12:55	315	03/02/2018	10:34:55	283	03/02/2018	12:21:55	303	03/02/2018	12:40:55	289
03/02/2018	10:13:00	313	03/02/2018	10:35:00	273	03/02/2018	12:22:00	303	03/02/2018	12:41:00	289
03/02/2018	10:13:05	315	03/02/2018	10:35:05	273	03/02/2018	12:22:05	303	03/02/2018	12:41:05	289
03/02/2018	10:13:10	315	03/02/2018	10:35:10	283	03/02/2018	12:22:10	303	03/02/2018	12:41:10	289
03/02/2018	10:13:15	315	03/02/2018	10:35:15	273	03/02/2018	12:22:15	303	03/02/2018	12:41:15	289
03/02/2018	10:13:20	246	03/02/2018	10:35:20	273	03/02/2018	12:22:20	303	03/02/2018	12:41:20	289

ALBERTO CARTELLE MATEO

03/02/2018	10:13:25	315	03/02/2018	10:35:25	283	03/02/2018	12:22:25	303	03/02/2018	12:41:25	289
03/02/2018	10:13:30	315	03/02/2018	10:35:30	273	03/02/2018	12:22:30	303	03/02/2018	12:41:30	289
03/02/2018	10:13:35	315	03/02/2018	10:35:35	273	03/02/2018	12:22:35	293	03/02/2018	12:41:35	289
03/02/2018	10:13:40	315	03/02/2018	10:35:40	273	03/02/2018	12:22:40	293	03/02/2018	12:41:40	264
03/02/2018	10:13:45	315	03/02/2018	10:35:45	273	03/02/2018	12:22:45	303	03/02/2018	12:41:45	264
03/02/2018	10:13:50	315	03/02/2018	10:35:50	273	03/02/2018	12:22:50	293	03/02/2018	12:41:50	264
03/02/2018	10:13:55	313	03/02/2018	10:35:55	273	03/02/2018	12:22:55	303	03/02/2018	12:41:55	264
03/02/2018	10:14:00	315	03/02/2018	10:36:00	273	03/02/2018	12:23:00	293	03/02/2018	12:42:00	264
03/02/2018	10:14:05	315	03/02/2018	10:36:05	273	03/02/2018	12:23:05	293	03/02/2018	12:42:05	264
03/02/2018	10:14:10	315	03/02/2018	10:36:10	273	03/02/2018	12:23:10	293	03/02/2018	12:42:10	264
03/02/2018	10:14:15	315	03/02/2018	10:36:15	273	03/02/2018	12:23:15	293	03/02/2018	12:42:15	264
03/02/2018	10:14:20	315	03/02/2018	10:36:20	273	03/02/2018	12:23:20	303	03/02/2018	12:42:20	264
03/02/2018	10:14:25	313	03/02/2018	10:36:25	283	03/02/2018	12:23:25	303	03/02/2018	12:42:25	264
03/02/2018	10:14:30	315	03/02/2018	10:36:30	273	03/02/2018	12:23:30	293	03/02/2018	12:42:30	264
03/02/2018	10:14:35	315	03/02/2018	10:36:35	273	03/02/2018	12:23:35	293	03/02/2018	12:42:35	264
03/02/2018	10:14:40	315	03/02/2018	10:36:40	273	03/02/2018	12:23:40	303	03/02/2018	12:42:40	264
03/02/2018	10:14:45	315	03/02/2018	10:36:45	273	03/02/2018	12:23:45	293	03/02/2018	12:42:45	264
03/02/2018	10:14:50	313	03/02/2018	10:36:50	264	03/02/2018	12:23:50	303	03/02/2018	12:42:50	264
03/02/2018	10:14:55	315	03/02/2018	10:36:55	273	03/02/2018	12:23:55	293	03/02/2018	12:42:55	264
03/02/2018	10:15:00	315	03/02/2018	10:37:00	273	03/02/2018	12:24:00	293	03/02/2018	12:43:00	264
03/02/2018	10:15:05	315	03/02/2018	10:37:05	273	03/02/2018	12:24:05	293	03/02/2018	12:43:05	264
03/02/2018	10:15:10	315	03/02/2018	10:37:10	273	03/02/2018	12:24:10	293	03/02/2018	12:43:10	264
03/02/2018	10:15:15	315	03/02/2018	10:37:15	273	03/02/2018	12:24:15	283	03/02/2018	12:43:15	264
03/02/2018	10:15:20	315	03/02/2018	10:37:20	273	03/02/2018	12:24:20	283	03/02/2018	12:43:20	264
03/02/2018	10:15:25	315	03/02/2018	10:37:25	273	03/02/2018	12:24:25	283	03/02/2018	12:43:25	264
03/02/2018	10:15:30	315	03/02/2018	10:37:30	273	03/02/2018	12:24:30	293	03/02/2018	12:43:30	264
03/02/2018	10:15:35	315	03/02/2018	10:37:35	273	03/02/2018	12:24:35	283	03/02/2018	12:43:35	264
03/02/2018	10:15:40	298	03/02/2018	10:37:40	273	03/02/2018	12:24:40	283	03/02/2018	12:43:40	264
03/02/2018	10:15:45	298	03/02/2018	10:37:45	264	03/02/2018	12:24:45	273	03/02/2018	12:43:45	264
03/02/2018	10:15:50	303	03/02/2018	10:37:50	264	03/02/2018	12:24:50	283	03/02/2018	12:43:50	264
03/02/2018	10:15:55	298	03/02/2018	10:37:55	273	03/02/2018	12:24:55	283	03/02/2018	12:43:55	264

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

03/02/2018	10:16:00	313	03/02/2018	10:38:00	264	03/02/2018	12:25:00	293	03/02/2018	12:44:00	264
03/02/2018	10:16:05	298	03/02/2018	10:38:05	264	03/02/2018	12:25:05	283	03/02/2018	12:44:05	264
03/02/2018	10:16:10	298	03/02/2018	10:38:10	273	03/02/2018	12:25:10	283	03/02/2018	12:44:10	264
03/02/2018	10:16:15	303	03/02/2018	10:38:15	273	03/02/2018	12:25:15	273	03/02/2018	12:44:15	264
03/02/2018	10:16:20	298	03/02/2018	10:38:20	273	03/02/2018	12:25:20	283	03/02/2018	12:44:20	264
03/02/2018	10:16:25	298	03/02/2018	10:38:25	273	03/02/2018	12:25:25	283	03/02/2018	12:44:25	264
03/02/2018	10:16:30	298	03/02/2018	10:38:30	273	03/02/2018	12:25:30	293	03/02/2018	12:44:30	264
03/02/2018	10:16:35	298	03/02/2018	10:38:35	273	03/02/2018	12:25:35	283	03/02/2018	12:44:35	264
03/02/2018	10:16:40	313	03/02/2018	10:38:40	264	03/02/2018	12:25:40	283	03/02/2018	12:44:40	264
03/02/2018	10:16:45	298	03/02/2018	10:38:45	273	03/02/2018	12:25:45	273	03/02/2018	12:44:45	264
03/02/2018	10:16:50	298	03/02/2018	10:38:50	264	03/02/2018	12:25:50	264	03/02/2018	12:44:50	264
03/02/2018	10:16:55	298	03/02/2018	10:38:55	273	03/02/2018	12:25:55	264	03/02/2018	12:44:55	264
03/02/2018	10:17:00	313	03/02/2018	10:39:00	273	03/02/2018	12:26:00	264	03/02/2018	12:45:00	283

Tabla A-2-6 Datos obtenidos para los experimentos del 9 al 11 de la segunda etapa (mV)- Autoría propia.

EXPERIMENTO n°13			EXPERIMENTO n°14			EXPERIMENTO n°15		
05/02/2018	10:05:00	380	05/02/2018	10:30:00	459	05/02/2018	11:00:00	488
05/02/2018	10:05:05	340	05/02/2018	10:30:05	361	05/02/2018	11:00:05	322
05/02/2018	10:05:10	340	05/02/2018	10:30:10	313	05/02/2018	11:00:10	313
05/02/2018	10:05:15	340	05/02/2018	10:30:15	303	05/02/2018	11:00:15	303
05/02/2018	10:05:20	271	05/02/2018	10:30:20	293	05/02/2018	11:00:20	303
05/02/2018	10:05:25	340	05/02/2018	10:30:25	293	05/02/2018	11:00:25	303
05/02/2018	10:05:30	340	05/02/2018	10:30:30	293	05/02/2018	11:00:30	303
05/02/2018	10:05:35	352	05/02/2018	10:30:35	283	05/02/2018	11:00:35	303
05/02/2018	10:05:40	333	05/02/2018	10:30:40	342	05/02/2018	11:00:40	303
05/02/2018	10:05:45	300	05/02/2018	10:30:45	332	05/02/2018	11:00:45	303
05/02/2018	10:05:50	333	05/02/2018	10:30:50	332	05/02/2018	11:00:50	303
05/02/2018	10:05:55	333	05/02/2018	10:30:55	303	05/02/2018	11:00:55	303
05/02/2018	10:06:00	333	05/02/2018	10:31:00	303	05/02/2018	11:01:00	303
05/02/2018	10:06:05	333	05/02/2018	10:31:05	303	05/02/2018	11:01:05	303

05/02/2018	10:06:10	127	05/02/2018	10:31:10	303	05/02/2018	11:01:10	303
05/02/2018	10:06:15	333	05/02/2018	10:31:15	303	05/02/2018	11:01:15	303
05/02/2018	10:06:20	333	05/02/2018	10:31:20	303	05/02/2018	11:01:20	303
05/02/2018	10:06:25	333	05/02/2018	10:31:25	303	05/02/2018	11:01:25	303
05/02/2018	10:06:30	333	05/02/2018	10:31:30	303	05/02/2018	11:01:30	303
05/02/2018	10:06:35	330	05/02/2018	10:31:35	303	05/02/2018	11:01:35	303
05/02/2018	10:06:40	287	05/02/2018	10:31:40	303	05/02/2018	11:01:40	303
05/02/2018	10:06:45	287	05/02/2018	10:31:45	303	05/02/2018	11:01:45	303
05/02/2018	10:06:50	287	05/02/2018	10:31:50	303	05/02/2018	11:01:50	303
05/02/2018	10:06:55	330	05/02/2018	10:31:55	303	05/02/2018	11:01:55	303
05/02/2018	10:07:00	342	05/02/2018	10:32:00	303	05/02/2018	11:02:00	303
05/02/2018	10:07:05	342	05/02/2018	10:32:05	303	05/02/2018	11:02:05	283
05/02/2018	10:07:10	342	05/02/2018	10:32:10	303	05/02/2018	11:02:10	322
05/02/2018	10:07:15	332	05/02/2018	10:32:15	303	05/02/2018	11:02:15	283
05/02/2018	10:07:20	342	05/02/2018	10:32:20	303	05/02/2018	11:02:20	283
05/02/2018	10:07:25	332	05/02/2018	10:32:25	303	05/02/2018	11:02:25	293
05/02/2018	10:07:30	342	05/02/2018	10:32:30	303	05/02/2018	11:02:30	283
05/02/2018	10:07:35	342	05/02/2018	10:32:35	303	05/02/2018	11:02:35	283
05/02/2018	10:07:40	300	05/02/2018	10:32:40	303	05/02/2018	11:02:40	283
05/02/2018	10:07:45	303	05/02/2018	10:32:45	303	05/02/2018	11:02:45	283
05/02/2018	10:07:50	342	05/02/2018	10:32:50	303	05/02/2018	11:02:50	293
05/02/2018	10:07:55	333	05/02/2018	10:32:55	303	05/02/2018	11:02:55	283
05/02/2018	10:08:00	342	05/02/2018	10:33:00	303	05/02/2018	11:03:00	283
05/02/2018	10:08:05	342	05/02/2018	10:33:05	303	05/02/2018	11:03:05	334
05/02/2018	10:08:10	332	05/02/2018	10:33:10	303	05/02/2018	11:03:10	300
05/02/2018	10:08:15	273	05/02/2018	10:33:15	303	05/02/2018	11:03:15	300
05/02/2018	10:08:20	283	05/02/2018	10:33:20	303	05/02/2018	11:03:20	300
05/02/2018	10:08:25	273	05/02/2018	10:33:25	303	05/02/2018	11:03:25	300
05/02/2018	10:08:30	285	05/02/2018	10:33:30	303	05/02/2018	11:03:30	300
05/02/2018	10:08:35	273	05/02/2018	10:33:35	303	05/02/2018	11:03:35	300
05/02/2018	10:08:40	322	05/02/2018	10:33:40	303	05/02/2018	11:03:40	300

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

05/02/2018	10:08:45	273	05/02/2018	10:33:45	303	05/02/2018	11:03:45	300
05/02/2018	10:08:50	333	05/02/2018	10:33:50	303	05/02/2018	11:03:50	300
05/02/2018	10:08:55	273	05/02/2018	10:33:55	303	05/02/2018	11:03:55	300
05/02/2018	10:09:00	273	05/02/2018	10:34:00	303	05/02/2018	11:04:00	300
05/02/2018	10:09:05	273	05/02/2018	10:34:05	303	05/02/2018	11:04:05	300
05/02/2018	10:09:10	322	05/02/2018	10:34:10	303	05/02/2018	11:04:10	300
05/02/2018	10:09:15	129	05/02/2018	10:34:15	303	05/02/2018	11:04:15	300
05/02/2018	10:09:20	125	05/02/2018	10:34:20	303	05/02/2018	11:04:20	300
05/02/2018	10:09:25	293	05/02/2018	10:34:25	303	05/02/2018	11:04:25	283
05/02/2018	10:09:30	293	05/02/2018	10:34:30	303	05/02/2018	11:04:30	283
05/02/2018	10:09:35	283	05/02/2018	10:34:35	303	05/02/2018	11:04:35	283
05/02/2018	10:09:40	283	05/02/2018	10:34:40	303	05/02/2018	11:04:40	283
05/02/2018	10:09:45	283	05/02/2018	10:34:45	278	05/02/2018	11:04:45	306
05/02/2018	10:09:50	283	05/02/2018	10:34:50	303	05/02/2018	11:04:50	306
05/02/2018	10:09:55	283	05/02/2018	10:34:55	303	05/02/2018	11:04:55	306
05/02/2018	10:10:00	293	05/02/2018	10:35:00	303	05/02/2018	11:05:00	306
05/02/2018	10:10:05	283	05/02/2018	10:35:05	303	05/02/2018	11:05:05	306
05/02/2018	10:10:10	293	05/02/2018	10:35:10	303	05/02/2018	11:05:10	306
05/02/2018	10:10:15	293	05/02/2018	10:35:15	303	05/02/2018	11:05:15	306
05/02/2018	10:10:20	293	05/02/2018	10:35:20	303	05/02/2018	11:05:20	283
05/02/2018	10:10:25	293	05/02/2018	10:35:25	303	05/02/2018	11:05:25	306
05/02/2018	10:10:30	293	05/02/2018	10:35:30	303	05/02/2018	11:05:30	306
05/02/2018	10:10:35	293	05/02/2018	10:35:35	369	05/02/2018	11:05:35	306
05/02/2018	10:10:40	303	05/02/2018	10:35:40	303	05/02/2018	11:05:40	306
05/02/2018	10:10:45	293	05/02/2018	10:35:45	303	05/02/2018	11:05:45	306
05/02/2018	10:10:50	283	05/02/2018	10:35:50	303	05/02/2018	11:05:50	306
05/02/2018	10:10:55	303	05/02/2018	10:35:55	303	05/02/2018	11:05:55	306
05/02/2018	10:11:00	293	05/02/2018	10:36:00	303	05/02/2018	11:06:00	306
05/02/2018	10:11:05	283	05/02/2018	10:36:05	303	05/02/2018	11:06:05	306
05/02/2018	10:11:10	293	05/02/2018	10:36:10	303	05/02/2018	11:06:10	306
05/02/2018	10:11:15	293	05/02/2018	10:36:15	303	05/02/2018	11:06:15	306

05/02/2018	10:11:20	303	05/02/2018	10:36:20	330	05/02/2018	11:06:20	306
05/02/2018	10:11:25	303	05/02/2018	10:36:25	303	05/02/2018	11:06:25	306
05/02/2018	10:11:30	303	05/02/2018	10:36:30	303	05/02/2018	11:06:30	318
05/02/2018	10:11:35	293	05/02/2018	10:36:35	303	05/02/2018	11:06:35	306
05/02/2018	10:11:40	293	05/02/2018	10:36:40	303	05/02/2018	11:06:40	306
05/02/2018	10:11:45	293	05/02/2018	10:36:45	303	05/02/2018	11:06:45	306
05/02/2018	10:11:50	303	05/02/2018	10:36:50	303	05/02/2018	11:06:50	306
05/02/2018	10:11:55	293	05/02/2018	10:36:55	303	05/02/2018	11:06:55	306
05/02/2018	10:12:00	303	05/02/2018	10:37:00	303	05/02/2018	11:07:00	299
05/02/2018	10:12:05	303	05/02/2018	10:37:05	303	05/02/2018	11:07:05	306
05/02/2018	10:12:10	303	05/02/2018	10:37:10	298	05/02/2018	11:07:10	306
05/02/2018	10:12:15	303	05/02/2018	10:37:15	303	05/02/2018	11:07:15	306
05/02/2018	10:12:20	293	05/02/2018	10:37:20	303	05/02/2018	11:07:20	306
05/02/2018	10:12:25	293	05/02/2018	10:37:25	303	05/02/2018	11:07:25	306
05/02/2018	10:12:30	303	05/02/2018	10:37:30	303	05/02/2018	11:07:30	306
05/02/2018	10:12:35	273	05/02/2018	10:37:35	303	05/02/2018	11:07:35	306
05/02/2018	10:12:40	303	05/02/2018	10:37:40	300	05/02/2018	11:07:40	292
05/02/2018	10:12:45	303	05/02/2018	10:37:45	303	05/02/2018	11:07:45	292
05/02/2018	10:12:50	303	05/02/2018	10:37:50	303	05/02/2018	11:07:50	292
05/02/2018	10:12:55	303	05/02/2018	10:37:55	303	05/02/2018	11:07:55	292
05/02/2018	10:13:00	313	05/02/2018	10:38:00	303	05/02/2018	11:08:00	292
05/02/2018	10:13:05	313	05/02/2018	10:38:05	303	05/02/2018	11:08:05	292
05/02/2018	10:13:10	303	05/02/2018	10:38:10	303	05/02/2018	11:08:10	292
05/02/2018	10:13:15	303	05/02/2018	10:38:15	306	05/02/2018	11:08:15	292
05/02/2018	10:13:20	313	05/02/2018	10:38:20	303	05/02/2018	11:08:20	292
05/02/2018	10:13:25	303	05/02/2018	10:38:25	303	05/02/2018	11:08:25	292
05/02/2018	10:13:30	303	05/02/2018	10:38:30	303	05/02/2018	11:08:30	292
05/02/2018	10:13:35	303	05/02/2018	10:38:35	303	05/02/2018	11:08:35	292
05/02/2018	10:13:40	313	05/02/2018	10:38:40	283	05/02/2018	11:08:40	292
05/02/2018	10:13:45	303	05/02/2018	10:38:45	313	05/02/2018	11:08:45	292
05/02/2018	10:13:50	303	05/02/2018	10:38:50	293	05/02/2018	11:08:50	292

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

05/02/2018	10:13:55	313	05/02/2018	10:38:55	313	05/02/2018	11:08:55	292
05/02/2018	10:14:00	303	05/02/2018	10:39:00	313	05/02/2018	11:09:00	292
05/02/2018	10:14:05	303	05/02/2018	10:39:05	313	05/02/2018	11:09:05	292
05/02/2018	10:14:10	303	05/02/2018	10:39:10	313	05/02/2018	11:09:10	292
05/02/2018	10:14:15	303	05/02/2018	10:39:15	303	05/02/2018	11:09:15	292
05/02/2018	10:14:20	303	05/02/2018	10:39:20	303	05/02/2018	11:09:20	292
05/02/2018	10:14:25	303	05/02/2018	10:39:25	303	05/02/2018	11:09:25	292
05/02/2018	10:14:30	303	05/02/2018	10:39:30	313	05/02/2018	11:09:30	292
05/02/2018	10:14:35	303	05/02/2018	10:39:35	293	05/02/2018	11:09:35	292
05/02/2018	10:14:40	293	05/02/2018	10:39:40	313	05/02/2018	11:09:40	292
05/02/2018	10:14:45	303	05/02/2018	10:39:45	303	05/02/2018	11:09:45	292
05/02/2018	10:14:50	303	05/02/2018	10:39:50	313	05/02/2018	11:09:50	292
05/02/2018	10:14:55	303	05/02/2018	10:39:55	313	05/02/2018	11:09:55	292
05/02/2018	10:15:00	303	05/02/2018	10:40:00	322	05/02/2018	11:10:00	292
05/02/2018	10:15:05	303	05/02/2018	10:40:05	303	05/02/2018	11:10:05	292
05/02/2018	10:15:10	293	05/02/2018	10:40:10	313	05/02/2018	11:10:10	292
05/02/2018	10:15:15	303	05/02/2018	10:40:15	313	05/02/2018	11:10:15	283
05/02/2018	10:15:20	303	05/02/2018	10:40:20	313	05/02/2018	11:10:20	292
05/02/2018	10:15:25	303	05/02/2018	10:40:25	303	05/02/2018	11:10:25	292
05/02/2018	10:15:30	303	05/02/2018	10:40:30	313	05/02/2018	11:10:30	292
05/02/2018	10:15:35	293	05/02/2018	10:40:35	313	05/02/2018	11:10:35	292
05/02/2018	10:15:40	303	05/02/2018	10:40:40	322	05/02/2018	11:10:40	283
05/02/2018	10:15:45	303	05/02/2018	10:40:45	303	05/02/2018	11:10:45	292
05/02/2018	10:15:50	303	05/02/2018	10:40:50	313	05/02/2018	11:10:50	292
05/02/2018	10:15:55	303	05/02/2018	10:40:55	313	05/02/2018	11:10:55	292
05/02/2018	10:16:00	303	05/02/2018	10:41:00	322	05/02/2018	11:11:00	292
05/02/2018	10:16:05	303	05/02/2018	10:41:05	322	05/02/2018	11:11:05	292
05/02/2018	10:16:10	303	05/02/2018	10:41:10	322	05/02/2018	11:11:10	292
05/02/2018	10:16:15	303	05/02/2018	10:41:15	273	05/02/2018	11:11:15	292
05/02/2018	10:16:20	303	05/02/2018	10:41:20	254	05/02/2018	11:11:20	264
05/02/2018	10:16:25	303	05/02/2018	10:41:25	254	05/02/2018	11:11:25	292

05/02/2018	10:16:30	303	05/02/2018	10:41:30	313	05/02/2018	11:11:30	292
05/02/2018	10:16:35	303	05/02/2018	10:41:35	303	05/02/2018	11:11:35	292
05/02/2018	10:16:40	303	05/02/2018	10:41:40	313	05/02/2018	11:11:40	292
05/02/2018	10:16:45	303	05/02/2018	10:41:45	313	05/02/2018	11:11:45	292
05/02/2018	10:16:50	303	05/02/2018	10:41:50	322	05/02/2018	11:11:50	292
05/02/2018	10:16:55	303	05/02/2018	10:41:55	303	05/02/2018	11:11:55	292
05/02/2018	10:17:00	303	05/02/2018	10:42:00	313	05/02/2018	11:12:00	292
05/02/2018	10:17:05	303	05/02/2018	10:42:05	313	05/02/2018	11:12:05	292
05/02/2018	10:17:10	293	05/02/2018	10:42:10	322	05/02/2018	11:12:10	292
05/02/2018	10:17:15	293	05/02/2018	10:42:15	518	05/02/2018	11:12:15	292
05/02/2018	10:17:20	293	05/02/2018	10:42:20	322	05/02/2018	11:12:20	292
05/02/2018	10:17:25	293	05/02/2018	10:42:25	303	05/02/2018	11:12:25	292
05/02/2018	10:17:30	303	05/02/2018	10:42:30	313	05/02/2018	11:12:30	283
05/02/2018	10:17:35	303	05/02/2018	10:42:35	303	05/02/2018	11:12:35	292
05/02/2018	10:17:40	293	05/02/2018	10:42:40	303	05/02/2018	11:12:40	292
05/02/2018	10:17:45	303	05/02/2018	10:42:45	313	05/02/2018	11:12:45	292
05/02/2018	10:17:50	293	05/02/2018	10:42:50	303	05/02/2018	11:12:50	292
05/02/2018	10:17:55	303	05/02/2018	10:42:55	273	05/02/2018	11:12:55	292
05/02/2018	10:18:00	303	05/02/2018	10:43:00	264	05/02/2018	11:13:00	292
05/02/2018	10:18:05	303	05/02/2018	10:43:05	313	05/02/2018	11:13:05	292
05/02/2018	10:18:10	293	05/02/2018	10:43:10	273	05/02/2018	11:13:10	292
05/02/2018	10:18:15	293	05/02/2018	10:43:15	264	05/02/2018	11:13:15	292
05/02/2018	10:18:20	293	05/02/2018	10:43:20	273	05/02/2018	11:13:20	264
05/02/2018	10:18:25	293	05/02/2018	10:43:25	264	05/02/2018	11:13:25	292
05/02/2018	10:18:30	293	05/02/2018	10:43:30	264	05/02/2018	11:13:30	292
05/02/2018	10:18:35	293	05/02/2018	10:43:35	264	05/02/2018	11:13:35	292
05/02/2018	10:18:40	293	05/02/2018	10:43:40	264	05/02/2018	11:13:40	292
05/02/2018	10:18:45	293	05/02/2018	10:43:45	264	05/02/2018	11:13:45	292
05/02/2018	10:18:50	303	05/02/2018	10:43:50	322	05/02/2018	11:13:50	292
05/02/2018	10:18:55	293	05/02/2018	10:43:55	313	05/02/2018	11:13:55	283
05/02/2018	10:19:00	303	05/02/2018	10:44:00	303	05/02/2018	11:14:00	292

PRODUCCIÓN DE BIOELECTRICIDAD A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

05/02/2018	10:19:05	303	05/02/2018	10:44:05	313	05/02/2018	11:14:05	292
05/02/2018	10:19:10	293	05/02/2018	10:44:10	313	05/02/2018	11:14:10	292
05/02/2018	10:19:15	293	05/02/2018	10:44:15	322	05/02/2018	11:14:15	292
05/02/2018	10:19:20	293	05/02/2018	10:44:20	313	05/02/2018	11:14:20	292
05/02/2018	10:19:25	283	05/02/2018	10:44:25	303	05/02/2018	11:14:25	292
05/02/2018	10:19:30	293	05/02/2018	10:44:30	313	05/02/2018	11:14:30	292
05/02/2018	10:19:35	293	05/02/2018	10:44:35	313	05/02/2018	11:14:35	292
05/02/2018	10:19:40	293	05/02/2018	10:44:40	273	05/02/2018	11:14:40	292
05/02/2018	10:19:45	293	05/02/2018	10:44:45	273	05/02/2018	11:14:45	292
05/02/2018	10:19:50	293	05/02/2018	10:44:50	313	05/02/2018	11:14:50	292
05/02/2018	10:19:55	293	05/02/2018	10:44:55	303	05/02/2018	11:14:55	292
05/02/2018	10:20:00	303	05/02/2018	10:45:00	303	05/02/2018	11:15:00	292

Tabla A-2-7 Datos obtenidos para los experimentos del 13 al 15 de la segunda etapa (mV)- Autoría propia.

	EXPERIMENTO n°1	EXPERIMENTO n°2	EXPERIMENTO n°3	EXPERIMENTO n°4
MEDIA 1min	277,17	422,50	393,08	451,42
MEDIA 5min	260,83	432,90	334,95	452,52
MEDIA 10min	247,42	438,78	298,84	439,69
MEDIA 15min	240,69	439,17	268,71	432,99

EXPERIMENTO n°5	EXPERIMENTO n°6	EXPERIMENTO n°7	EXPERIMENTO n°8
437,92	424,92	397,58	430,58
267,65	423,43	258,78	408,17
235,66	422,63	241,66	394,42
219,35	421,86	230,26	384,48

EXPERIMENTO n°9	EXPERIMENTO n°10	EXPERIMENTO n°11	EXPERIMENTO n°12
334,00	316,17	335,42	348,50
312,45	300,80	319,58	332,78
310,78	292,65	318,02	313,23
310,36	286,03	310,13	299,59

EXPERIMENTO n°13	EXPERIMENTO n°14	EXPERIMENTO n°15
333,50	325,58	320,83
306,15	307,10	302,13
302,74	306,20	300,65
301,27	305,54	297,26

Tabla A-2-8 Medias de las muestras de la segunda etapa para uno, cinco, diez y quince minutos- Autoría propia.

ANEXO III: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ARDUINO EXTRAÍDAS DE [57]

Technical Specification



Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA DC Current for 3.3V Pin 50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16Mhz

the board

