

SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO INALÁMBRICO DEL CRECIMIENTO
DE LA SACCHAROMYCES CEREVISIAE

DIANA CAROLINA DÍAZ RINCÓN
RAFAEL ANTONIO TORRES JIMÉNEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRONICAY
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA

2017

SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO INALÁMBRICO DEL CRECIMIENTO
DE LA SACCHAROMYCES CEREVISIAE

DIANA CAROLINA DÍAZ RINCÓN
RAFAEL ANTONIO TORRES JIMÉNEZ

Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Electrónico

Director
CARLOS RODRIGO CORREA CELY
PhD Polímeros

Codirector
IVAN AMAYA
PhD Ingeniería

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRONICAY
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2017

Agradezco a Jehová Dios por su inmensa bondad, a mi hermosa madre Hersilia Rincón por ser la luz de mi vida, a mi padre Gabriel Díaz y a mis hermanos Carlos Julián y Maritza, quienes siempre han estado orgullosos de mí, al hombre que me ha acompañado en este camino, Alex Torrado, quien me brindó su amor y comprensión. A mis sobrinos, tías y demás familiares por el apoyo incondicional, a mi compañero de proyecto Rafael Torres, por su paciencia y entrega a este trabajo. Finalmente, a mi gran amigo William Valenzuela quien sintió este proyecto como suyo.

Diana Carolina Díaz Rincón

A Dios, a mi madre Alba Jiménez por brindarme una buena educación, así como la oportunidad de superar mis estudios académicos, a mi compañera de trabajo Carolina Díaz por el esfuerzo y la dedicación para completar este proyecto, a los profesores Carlos Correa e Iván Amaya por su orientación y permitir llevar con éxito la elaboración de esta tesis, a mis compañeros de carrera y amigos por su apoyo durante los años de estudio, al ingeniero William Valenzuela por su apoyo y consejos durante mi vida académica.

Rafael Antonio Torres Jiménez

CONTENIDO

| | Pág. |
|---------------------------------------|------|
| INTRODUCCIÓN | 15 |
| 1. OBJETIVOS Y ALCANCE..... | 17 |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL | 17 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 17 |
| 1.3 ALCANCE | 17 |
| 2. CONCEPTOS BÁSICOS | 18 |
| 3. DISEÑO DEL PROTOTIPO | 21 |
| 3.1 REQUERIMIENTOS | 21 |
| 3.1.1 Requerimientos Técnicos..... | 21 |
| 3.1.2 Requerimientos Funcionales..... | 21 |
| 3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL | 22 |
| 3.3 COMPONENTES..... | 22 |
| 3.4 HARDWARE | 22 |
| 3.4.1 Generación y Detección..... | 23 |
| 3.4.1.1 Electroodos | 23 |

| | |
|--|----|
| 3.4.1.2 Sensor..... | 24 |
| 3.4.2 Acondicionamiento De La Señal | 27 |
| 3.4.3 Filtrado y Conversión a Digital | 28 |
| 3.4.4 Microcontrolador | 30 |
| 3.4.5 Comunicación Usuario..... | 31 |
| 3.4.6 Interfaz Con El Usuario | 32 |
| 3.4.7 Fuente De Alimentación..... | 32 |
| 3.4.8 Diseño De La PCB..... | 34 |
| 3.5 SOFTWARE..... | 38 |
| 3.5.1 Software del Microcontrolador | 38 |
| 3.5.2 Software del Servidor..... | 40 |
| 4. RESULTADOS EXPERIMENTALES | 42 |
| 4.1 Modelo electrónico..... | 42 |
| 4.2 Variación de la frecuencia del sensor MC33794..... | 43 |
| 5. MEDICIÓN DE LA VARIACIÓN DEL CRECIMIENTO | 45 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 51 |
| 6.1 Conclusiones | 51 |

| | |
|---------------------------|----|
| 6.2 Recomendaciones | 52 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 53 |
| ANEXOS..... | 55 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Ilustración 1 Curva característica crecimiento microbiano | 18 |
| Ilustración 2 Diagrama de bloques Sistema de Monitoreo..... | 23 |
| Ilustración 3 Electrodo CIRCULAR CEPILLO SNAKE_OP..... | 24 |
| Ilustración 4 Conexiones del sensor MC33794..... | 25 |
| Ilustración 5 Prueba 1 (Izquierda) y prueba 2 (derecha)..... | 26 |
| Ilustración 6 Curva característica del modelo funcional | 26 |
| Ilustración 7. Conexiones del acondicionamiento de la señal..... | 27 |
| Ilustración 8 Filtro Butterworth (Pasa bajas) | 29 |
| Ilustración 9 Conexión Filtro..... | 29 |
| Ilustración 10 Conexión conversor digital | 30 |
| Ilustración 11. Conexiones microcontrolador. | 31 |
| Ilustración 12 Conexiones fuente de alimentación..... | 33 |
| Ilustración 13 Cara superior PCB..... | 34 |
| Ilustración 14 Cara inferior de la PCB..... | 35 |
| Ilustración 15 Pre visualización cara superior de la PCB..... | 36 |
| Ilustración 16 Pre visualización cara inferior de la PCB..... | 36 |
| Ilustración 17 Vista superior PCB | 37 |
| Ilustración 18 Vista inferior PCB | 37 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 19 Diagrama de flujo programa del microcontrolador | 38 |
| Ilustración 20 Sistema electrónico de monitoreo..... | 42 |
| Ilustración 21 Promedio de la variación de frecuencia con respecto a la resistencia | 44 |
| Ilustración 22 Prueba de detección N°1..... | 46 |
| Ilustración 23 Prueba de detección N°2..... | 48 |
| Ilustración 24 Crecimiento en la prueba N° 3..... | 49 |
| Ilustración 25 Curva de crecimiento electrodo N° 3 | 50 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1 Consumo de corriente del prototipo de sensado..... | 42 |
| Tabla 2 Variación de frecuencia respecto a la resistencia | 43 |
| Tabla 3 Niveles de variación de los electrodos | 46 |
| Tabla 4 Valores de las pendientes para los electrodos en diferentes niveles..... | 46 |
| Tabla 5 Variación de la cantidad de agua en la prueba 2 | 47 |
| Tabla 6 Variación en el nivel de tensión de la muestra inicial y final de la prueba. | 48 |
| Tabla 7 Aumento de tensión en la prueba N° 3 | 50 |

LISTA DE ECUACIONES

| | Pág. |
|---|------|
| Ecuación 1 Curva del modelo electrónico | 27 |
| Ecuación 2 Aproximación curva variación de frecuencia | 44 |
| Ecuación 3 Error teórico de la ecuación 2 | 44 |

RESUMEN

TÍTULO: SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO INALÁMBRICO DEL CRECIMIENTO DE LA SACCHAROMYCES CEREVISIAE*.

AUTORES: DIANA CAROLINA DÍAZ RINCÓN.
RAFAEL ANTONIO TORRES JIMÉNEZ**

PALABRAS CLAVE: Crecimiento cultivos bacterianos, Medición por Campo Eléctrico, Visualización en tiempo real, Página Web.

DESCRIPCIÓN: Este trabajo presenta el diseño de un prototipo para el monitoreo en tiempo real, a través de una página web, del crecimiento de un cultivo bacteriano, usando la tecnología de medición por campo eléctrico. El prototipo incluye la creación de una base de datos y la página web que permite visualizar los datos y las gráficas de los electrodos.

La velocidad de la Raspberry Pi 2 y su bajo costo fueron la principal motivación para utilizarlo como servidor, y como almacenamiento de datos de la página web que se comunica con el sistema electrónico de monitoreo.

Después de plantear el problema, se realizó un estudio relacionado con el crecimiento de cultivos bacterianos y como el campo eléctrico los afecta. Del mismo modo, se hizo una selección de componentes adecuados para la construcción del prototipo, los cuales fueran de bajo consumo y también de bajo costo. Teniendo todo esto claro se procedió al bosquejo de los esquemas eléctricos y el diseño de una PCB de bajas dimensiones. Para sensar el cultivo, se tomaron los electrodos de trabajos anteriores ya que eran lo más recomendado para la medición.

En el capítulo tres se muestran los requerimientos técnicos y funcionales del prototipo, los componentes seleccionados para cada una de las etapas del prototipo, los esquemas de conexión, el diseño y fabricación de la PCB, el ensamble de los componentes y la visualización de los resultados del crecimiento de los cultivos bacterianos en la página web. Se evidencian los resultados conseguidos con el prototipo en el capítulo 4 y finalmente las conclusiones y recomendaciones en el capítulo 5.

* Trabajo de grado.

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director Rodrigo Correa

ABSTRACT

TITLE: WIRELESS ELECTRONIC SYSTEM MONITORING GROWTH OF SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

AUTHORS: DIANA CAROLINA DÍAZ RINCÓN
RAFAEL ANTONIO TORRES JIMENEZ**

KEYWORDS: Growth of bacterial cultures, measuring electric field, Real-Time display, Web Page.

DESCRIPTION: This work presents the design of a prototype for real-time growth monitoring of a bacterial culture, through a web page and by measurement of the electric field. The prototype includes the creation of a database and a website that displays data and graphs for the electrodes.

The speed, and low cost, of the Raspberry Pi 2 motivated its usage as a server and for storing the data from the website that communicates with the electronic monitoring system.

After posing the problem, a study of the effect of electric field on the growth of bacterial cultures was performed. Also, a selection of suitable components for building the prototype was made, striving for low power consumption and low cost. Taking all this clear proceeded to outline electrical schematics and PCB designing a low-dimensional. To sense the cultivation, electrodes previous works were taken as they were the most recommended for measurement.

In chapter three are shown the technical and functional prototype requirements selected for each stage of prototype components, wiring diagrams, the design and manufacture of the PCB, the assembly of components and viewing the results in the growth of bacterial cultures on the website. The results achieved with the prototype in Chapter 4 and finally the conclusions and recommendations in Chapter 5 are evident.

* Degree Project.

** Faculty of Physic-mechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Director Rodrigo Correa

INTRODUCCIÓN

La *Saccharomyces Cerevisiae*, es un microorganismo de estudio común en el laboratorio, debido a su amplia utilización en los procesos de panificación y producción de bebidas alcohólicas. Igualmente, este microorganismo se ha convertido en un potente modelo biológico de organismos eucariotas por la extensa información que se encuentra en la actualidad sobre esta. Actualmente existen numerosos métodos para determinar el crecimiento poblacional de microorganismo tales como recuento directo, filtro de membrana, determinación de la masa celular, entre otros. Sin embargo, el método propuesto a diferencia de los demás no destruye la muestra y permite obtener un monitoreo constante sobre esta.

Fundamentado en proyectos anteriores, surge la necesidad de construir un dispositivo con electrónica moderna que facilite su uso, mejore sus prestaciones en cuanto sensibilidad, comunicación y permita visualizar en tiempo real el crecimiento de la *Saccharomyces Cerevisiae*. Después de plantear el problema, se realizó un estudio relacionado con el crecimiento de cultivos bacterianos y como el campo eléctrico los afecta. Del mismo modo, se hizo una selección de componentes adecuados para la construcción del prototipo, los cuales fueran de bajo consumo y también de bajo costo. Teniendo todo esto claro se procedió al bosquejo de los esquemas eléctricos y el diseño de una PCB de bajas dimensiones.

Para sensor el cultivo, se tomaron los electrodos de trabajos anteriores ya que eran lo más recomendado para la medición. En el capítulo tres se muestran los requerimientos técnicos y funcionales del prototipo, los componentes seleccionados para cada una de las etapas del prototipo, los esquemas de conexión, el diseño y fabricación de la PCB, el ensamble de los componentes y la

visualización de los resultados del crecimiento de los cultivos bacterianos en la página web. Además, se evidencian los resultados conseguidos con el prototipo y finalmente las conclusiones y recomendaciones.

El sistema de monitoreo propuesto, a diferencia de los demás, permite facilitar su uso y mejora sus prestaciones en cuanto sensibilidad y comunicación. Además, permite visualizar en tiempo real el crecimiento de la *Saccharomyces Cerevisiae*, así como procesar y almacenar los datos por medio de la tarjeta Raspberry Pi 2, utilizándola como servidor de la página web que permite la interacción entre el usuario y el prototipo desde cualquier computador o dispositivo móvil que se conecte a internet.

1. OBJETIVOS Y ALCANCE

1.1 OBJETIVO GENERAL

Construir un sistema electrónico de monitoreo inalámbrico en tiempo real del crecimiento de cualquier microorganismo.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Actualizar la electrónica de los trabajos previos¹ ² utilizando el dispositivo electrónico Raspberry Pi 2.
- Calibrar el equipo construido con una sensibilidad tal que permita el monitoreo en tiempo real del crecimiento de *Saccharomyces Cerevisiae*.
- Comparar los resultados obtenidos con el nuevo dispositivo frente a resultados reportados en la literatura.

1.3 ALCANCE

El objetivo central de este proyecto de investigación se enfoca en el diseño de instrumento capaz de analizar y procesar los datos de crecimiento de la *Saccharomyces Cerevisiae*, así como la posible visualización y comunicación inalámbrica entre este dispositivo y otros que utilicen el mismo protocolo.

¹ QUINTERO, Nidia. Detección de la variación de volumen de semillas mediante el uso de un campo eléctrico de baja frecuencia y baja intensidad. Trabajo de investigación. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad industrial de Santander. Bucaramanga. 2012. 107p.

² ARIZA CASTAÑEDA, Jairo. Sistema prototipo de instrumentación basado en la acción de un campo eléctrico. Trabajo de grado en ingeniería. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2005. 102p.

2. CONCEPTOS BÁSICOS

El crecimiento microbiano es el incremento en el número de microorganismos que conforman una población a lo largo del tiempo³. El crecimiento se puede modelar por medio de la curva característica, la cual está conformada por cuatro etapas descritas a continuación:

Ilustración 1 Curva característica crecimiento microbiano



- Etapa de adaptación: En esta etapa el cultivo se adecua a las condiciones del medio y no presenta un incremento poblacional.
- Etapa exponencial: El incremento de la población microbiana que se produce en un cultivo se da de forma exponencial y se puede representar mediante una progresión base dos. Esto se debe a que un microorganismo se divide dando lugar a dos microorganismos, que a su vez se fisioan, creando cuatro y así sucesivamente⁴.

³ PRESCOTT, L. M.; HARLEY, J. P.; KLEIN, D. A. Microbiología. McGraw Hill-Interamericana. Madrid. España. 2004

⁴ MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; PARKER, J. Brock. Biología de los microorganismos. Pearson Prentice Hall. Madrid, España. 2004.

- Etapa estacionaria: Se detiene el crecimiento, por factores como escasez de alimento, aumento de sustancias de desecho, entre otras.
- Etapa muerte: Ocurre el deceso de los microorganismos por las causas mencionadas en la etapa estacionaria.

Los conceptos de microbiología tratados en proyecto tales como: modelo matemático, métodos de determinación del crecimiento e influencia de los factores ambientales, se encuentran en las referencias^{3 4}.

El modelo a seguir en la realización de este proyecto consiste en dos electrodos separados a cierta distancia y por un medio con permitividad eléctrica definida. Una de las placas estará conectada a tierra, mientras que en la otra habrá un potencial, generando de esta forma un campo eléctrico que fluye entre la placa de mayor a la de menor potencial y una capacitancia asociada al sistema. Si un tercer objeto aparece en el sistema, lo perturbará, creando dos capacitancias entre cada una de las placas y el objeto en cuestión, cambiando la capacitancia total del sistema y permitiendo de esta forma detectar la presencia de un objeto extraño⁵.

En la actualidad se han realizado numerosas investigaciones del efecto del campo eléctrico en microorganismos para aplicaciones industriales y medicinales, las cuales pueden ser consultadas en las bibliografías con referencia^{6 7 8 9}

⁵ SMITH, Joshua R. Field mice: Extracting hand geometry from electric field measurements. IBM systems journal, 1996, vol. 35, no 3.4, p. 587-608.

⁶ RAMÍREZ-CADAVID, David A., et al. Efecto de los campos eléctricos sobre la producción de biomasa micelial del hongo medicinal ganoderma lucidum [(w. Curt.: fr.) P. Karst. (ganodermataceae). Actualidades Biológicas, 2010, vol. 32, no 92, p. 5.

⁷ PUÉRTOLAS, E. LÓPEZ, N. RASO, J. ÁLVAREZ, I. Inactivación mediante pulsos eléctricos de alto voltaje de levaduras implicadas en la alteración del vino. Facultad de Veterinaria, Departamento PACA-Tecnología de los Alimentos. Universidad de Zaragoza. Zaragoza. España. 2007

⁸ RAMÍREZ, N. REGUEIRO, A. ARIAS, O. CONTRERAS, R. Espectroscopía de impedancia electroquímica, herramienta eficaz para el diagnóstico rápido microbiológico. Biotecnología Aplicada, 2009, vol. 26, no 1, p. 72-78.

⁹ VILLA, M. PEDROZAS, R. SAN MARTIN, E. AGUILAR, M. Espectroscopia de impedancia: un método rápido y eficiente para el monitoreo del crecimiento de Lactobacillus acidophilus. Revista mexicana de ingeniería química, 2013, vol. 12, no 1, p. 57-64.

Sin embargo, el estudio en el que nos basamos para realizar cambios en el dispositivo fue “*Estudio de los procesos celulares inducidos por campos eléctricos en sistemas Lab-on-a-Chip*”¹⁰, el cual revela que al exponer la bacteria *E. coli* a una intensidad de campo eléctrico alrededor de los 200 V/cm y frecuencias entre los 100 KHz y 1GHz, se puede causar daños irreversibles en la membrana, afectando la viabilidad de los microorganismos hasta ocasionarles la muerte celular. Por lo tanto, la nueva propuesta del prototipo permite variar la frecuencia para garantizar que las medidas tomadas no estén afectadas por la acción del campo eléctrico. Y a su vez sirve como modelo de medición para otros organismos. Éste trabajo tuvo como objeto de estudio una población de *Saccharomyces Cerevisiae*.

La *Saccharomyces Cerevisiae* es un tipo de levadura muy importante en la industria. Gracias a su fácil manipulación, crecimiento rápido, preparación de cultivo, la cantidad de información biológica y genética que se encuentra en la actualidad de sobre ella, es considerada como modelo ideal para realizar investigaciones biotecnológicas¹¹. Existen también efectos negativos de este tipo de levadura tales como la fungemia por *S.cerevisiae*, esofagitis, neumonía, infecciones genitourinarias, los cuales pueden ser consultados en las referencias bibliográficas^{12 13}.

¹⁰ OLIVA, A. Estudio de los procesos celulares inducidos por campos eléctricos en sistemas Lab-on-a-Chip. 2014. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona.

¹¹ JUBANY, S. Diversidad molecular entre cepas industriales de *Saccharomyces Cerevisiae*. Departamento de biología molecular. Instituto de investigaciones biológicas Clemente Estable. Uruguay. 2012.

¹² BOUZA, E.; MUÑOZ, P. *Saccharomyces cerevisiae*: el fin de la inocencia. Rev Esp Quimioterapia, 2004, vol. 17, no 3, p. 227-231

¹³ SOUZA, Cristine; DE MATTOS OLIVEIRA, Flávio; SEVERO, Luiz Carlos. Infección por *Saccharomyces Cerevisiae*. Revista Iberoamericana de Micología, 2013, vol. 30, no 3, p. 205-208.

3. DISEÑO DEL PROTOTIPO

En este capítulo se describe el modelo electrónico diseñado para el Sistema electrónico de monitoreo inalámbrico del crecimiento de la *Saccharomyces Cerevisiae*.

3.1 REQUERIMIENTOS

Se diseñó y construyó un modelo electrónico que permite la comunicación inalámbrica para la visualización en tiempo real del crecimiento de la *Saccharomyces Cerevisiae* a través de un servidor y una página web.

3.1.1 Requerimientos Técnicos

- La frecuencia se pueda variar desde los 50 [kHz] hasta los 120 [kHz], para poder medir el crecimiento en diferentes organismos.
- Usar una comunicación inalámbrica para comunicar el equipo con el computador.
- La medición en varios electrodos, para que el usuario pueda realizar diferentes mediciones.

3.1.2 Requerimientos Funcionales

- No afecte la medida del crecimiento por exceso de corriente
- No destruye la muestra de estudio.
- Los datos se almacenan de forma automática en el servidor.
- La visualización se puede hacer en tiempo real y desde cualquier dispositivo conectado a la red local.
- Fácil utilización para el usuario.

3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

El prototipo cuenta con las siguientes características:

- Genera y detecta un campo eléctrico de baja intensidad con una frecuencia variable, según la muestra a medir.
- Permite realizar la lectura de varias muestras simultáneamente.
- Envía los datos a una base de datos, los cuales son mostrados a través de la página web junto con los gráficos de crecimientos; estos datos pueden ser descargados por el usuario a su computador o dispositivo móvil.

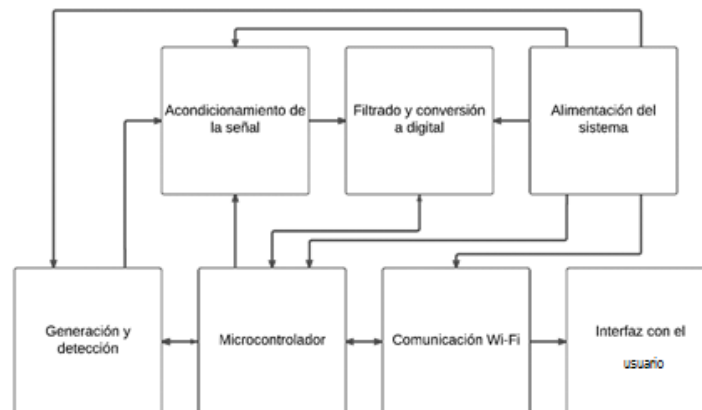
3.3 COMPONENTES

El equipo está dividido en tres partes, adquisición de datos(hardware), procesamiento y envío (software) y por último la visualización y descarga de datos (interfaz de usuario).

3.4 HARDWARE

La construcción del prototipo se llevó a cabo a partir de 6 etapas: en la primera etapa, el sensor genera el campo eléctrico y a su vez detecta las variaciones producidas por la muestra, la segunda etapa se encarga de adecuar la señal con la ganancia y nivel de offset óptimos para su procesamiento, la tercer etapa está compuesta por un filtro, seguido por un conversor digital-analógico que transforma la señal para su respectivo envío al microcontrolador el cual compone la cuarta etapa y finalmente, se transmiten los datos al servidor por medio del módulo wifi, quinta etapa. La sexta etapa está conformada por los reguladores que alimentan el sistema. Ver ilustración 2.

Ilustración 2 Diagrama de bloques Sistema de Monitoreo.

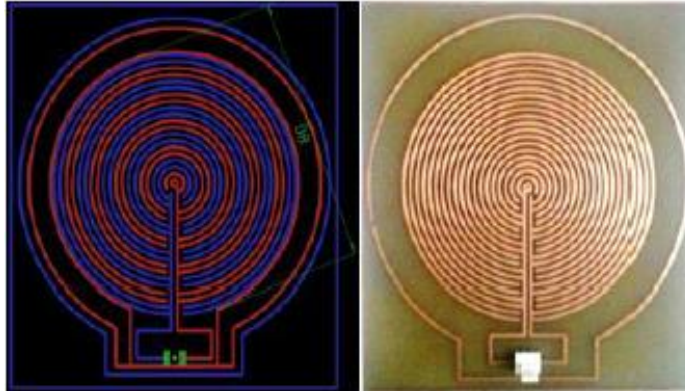


3.4.1 Generación y Detección Esta etapa está compuesta por el sensor MC33794 cuyas funciones en el proyecto son: generar una señal sinusoidal de baja frecuencia, al conectar los electrodos con el sensor, se irradia esta señal sobre la muestra y detecta las variaciones de tensión producidas por cambios en el crecimiento del cultivo.

3.4.1.1 Electrodo Los electrodos se encargan de irradiar la señal resultante del sensor sobre las muestras ubicadas en las cajas de Petri. Para aplicar el campo se seleccionó el electrodo CIRCULAR CEPILLO SNAKE_OP¹⁴, ilustración No. 3.

¹⁴ VELANDIA, O. DURÁN, P. Monitoreo automático para el seguimiento de cultivos bacterianos segunda parte. Trabajo de grado en ingeniería. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2015. 126p.

Ilustración 3 Electrodo CIRCULAR CEPILLO SNAKE_OP.



Fuente: VELANDIA, O. DURÁN, P. Monitoreo automático para el seguimiento de cultivos bacterianos segunda parte. Trabajo de grado en ingeniería. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2015. 126p.

Este tipo de electrodo tiene una capacitancia de 33.0518 [pF] y al conectarse al sensor se obtiene una tensión de 2.13 [V]¹⁴.

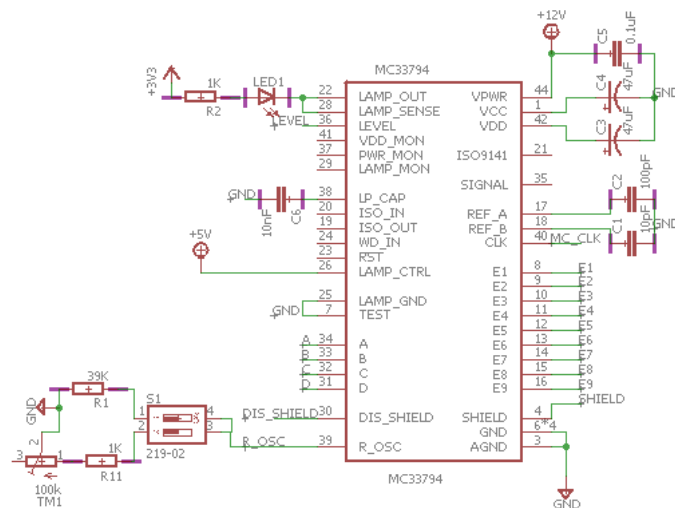
Para la medición de la variación del volumen, el frasco de Petri se ubica sobre el electrodo, de forma que el campo eléctrico generado sea afectado por el recipiente y por la muestra. De esta forma, se pueden reconocer las variaciones en la capacitancia debido al crecimiento de la muestra.

3.4.1.2 Sensor Debido a la necesidad de monitorear el crecimiento de microorganismos sin afectar el óptimo crecimiento del cultivo, se eligió al sensor de campo eléctrico MC33794 por su baja intensidad y baja frecuencia. También, por sus características de construcción está dado para conectarse fácilmente con otros elementos electrónicos tales como microcontrolador, potenciómetro digital, convertidor análogo digital, entre otros. En investigaciones anteriores se trabajó con el sensor de campo eléctrico MC33794.^{1 2}

El MC33794 genera una onda sinusoidal de baja frecuencia, la cual es ajustable mediante el uso de una resistencia externa y está optimizado para 120 kHz. Para seleccionar una frecuencia diferente se añadió un interruptor y un trimmer en el

diseño de la PCB. La onda sinusoidal tiene muy bajo contenido armónico para reducir la interferencia armónica. Se puede conectar con un microcontrolador para facilitar la comunicación con otros dispositivos¹⁵. En la ilustración 4 se muestran las conexiones del sensor.

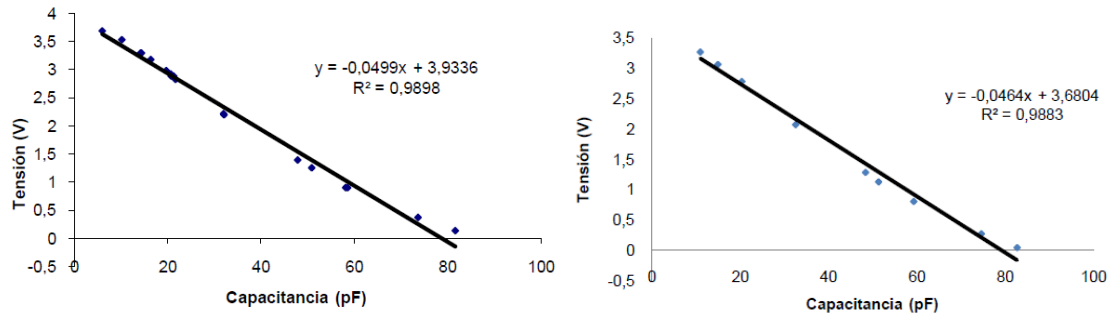
Ilustración 4 Conexiones del sensor MC33794



Curva característica del sensor MC33794. El sensor tiene un comportamiento casi lineal a una frecuencia de 120 [kHz], en el rango de 1 [pF] a 100[pF], en la tesis: “Detección de la variación de volumen de semillas mediante el uso de un campo eléctrico de baja frecuencia y baja intensidad”¹ se realizó la caracterización del MC33794. Se hicieron dos pruebas cambiando el número de capacitores conectados a los terminales del sensor, además de cambiar la resolución de 8 bits a 10 bits para cada prueba.

¹⁵ FREESCALE SEMICONDUCTOR. Electric Field Imaging Device. MC33794. [en línea]. [citado 12 enero 2017]. disponible: <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/motorola/MC33794DWB.pdf>

Ilustración 5 Prueba 1 (Izquierda) y prueba 2 (derecha)

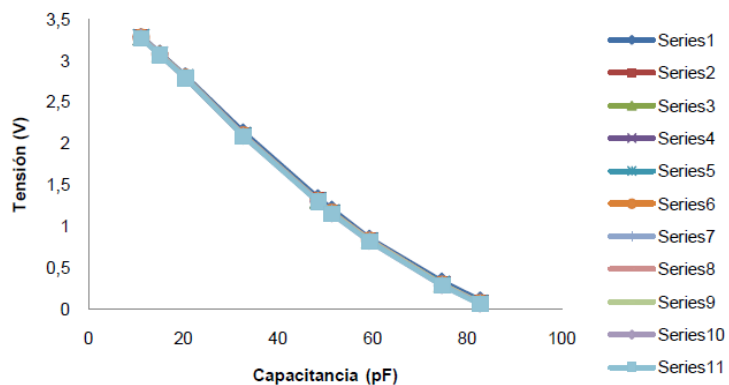


Fuente: QUINTERO, N. Detección de la variación de volumen de semillas mediante el uso de un campo eléctrico de baja frecuencia y baja intensidad. Trabajo de investigación. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad industrial de Santander. Bucaramanga. 2012. 107p.

Como se observa en la ilustración 5 la tendencia es lineal entre los 5 [pF] y 80[pF] para las dos pruebas, además el coeficiente de determinación es de aproximadamente 0.988 para las ecuaciones, lo cual indica que los datos se ajustan a la recta obtenida.

Durante 20 horas se realizaron once lecturas para verificar que el modelo electrónico repetiría sus datos como podemos observar en la ilustración 6.

Ilustración 6 Curva característica del modelo funcional



Fuente: QUINTERO, N. Detección de la variación de volumen de semillas mediante el uso de un campo eléctrico de baja frecuencia y baja intensidad. Trabajo de investigación. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad industrial de Santander. Bucaramanga. 2012. 107p.

La ecuación promedio de las series, representa la curva del modelo electrónico dado que el coeficiente de determinación es 0,9889 comprobando la linealidad del sensor de campo eléctrico.

Ecuación 1 Curva del modelo electrónico

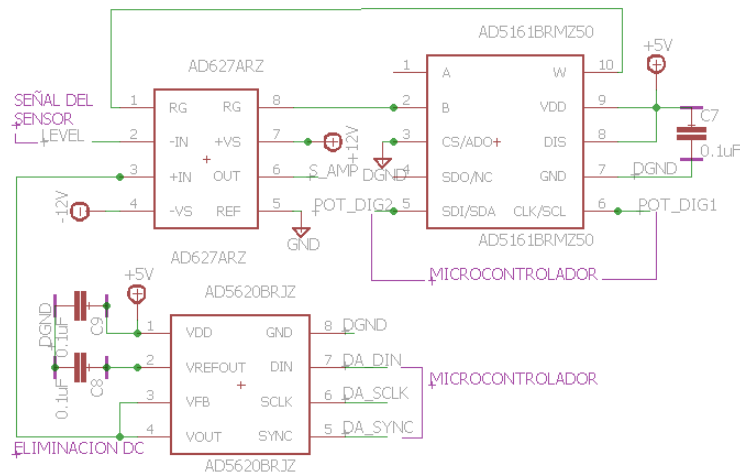
$$v = -0,0462c + 3,695$$

Fuente: QUINTERO, N. Detección de la variación de volumen de semillas mediante el uso de un campo eléctrico de baja frecuencia y baja intensidad. Trabajo de investigación. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad industrial de Santander. Bucaramanga. 2012. 107p.

Donde c es el valor de la capacitancia en picofaradios.

3.4.2 Acondicionamiento De La Señal En esta parte se elimina la señal de continua que es generada por el sensor, cuando un objeto está cerca de uno de los electrodos y produce una variación de tensión respecto a un nivel de DC. Asimismo, las variaciones de tensión sensada se amplifican hasta 100 veces (después de eliminar la señal de continua), para ampliar el rango de tensión de la señal que representa el crecimiento de la muestra. En la Ilustración 7 se muestra el diagrama del circuito.

Ilustración 7. Conexiones del acondicionamiento de la señal



Para eliminar el nivel de DC se utilizó el amplificador de instrumentación AD627ARZ de tipo superficial, este amplificador es de baja potencia, permite una ganancia de 5 hasta 1000 V/V, se alimenta de forma dual. La ganancia se puede modificar con una resistencia externa¹⁶.

Se dispuso de un conversor digital-análogo para modificar el valor de la tensión que será restado de la señal sensada. Se seleccionó el AD5620BRJZ, ya que es un nanodac de 12 bits, superficial, de baja potencia y con comunicación SPI¹⁷. El resultado de la resta se amplifica mediante el AD627ARZ. El potenciómetro digital seleccionado fue el AD5161BRMZ50, por alimentación simple, baja potencia y comunicación SPI e I2C para controlarlo¹⁸.

3.4.3 Filtrado y Conversión a Digital Después de ajustar la señal deseada, se envía a un filtro que permite disminuir las interferencias de la señal acondicionada. Para esto se implementó un filtro Butterworth (pasa-bajas) de orden 2, ya que solo permite el paso de frecuencias menores a la frecuencia de corte deseada (Ilustración 8). El filtro se diseñó con un OPA209¹⁹, el cual es un amplificador operacional de gran precisión, de baja potencia y es recomendado por el fabricante para este tipo de aplicaciones. En Ilustración 9 se muestra el diagrama de conexión.

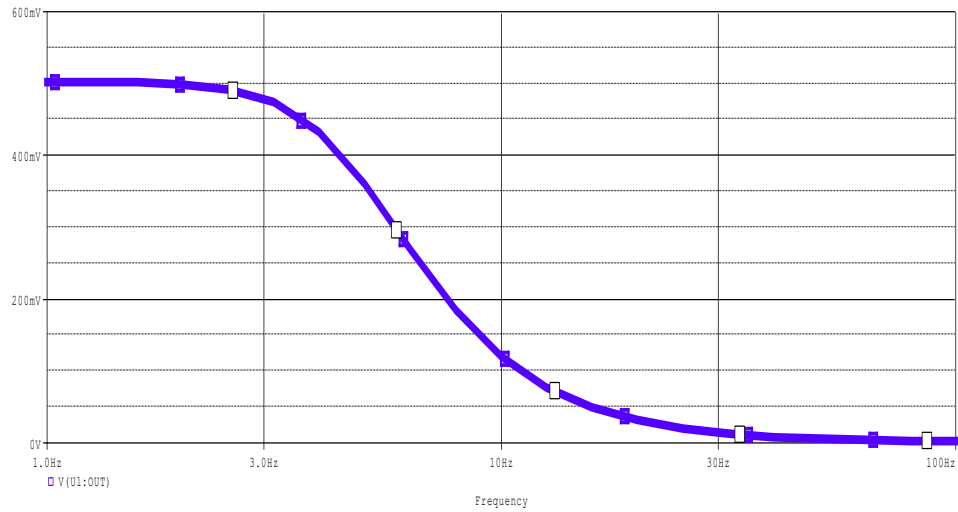
¹⁶ ANALOG DEVICES. Micropower, Single- and Dual-Supply, Rail-to-Rail Instrumentation Amplifier. AD627. [en línea]. [citado 12 enero 2017]. disponible: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD627.pdf>.

¹⁷ ANALOG DEVICES. Single, 12-/14-/16-Bit nanoDAC with 5 ppm/°C On-Chip Reference in SOT-23 AD5620/AD5640/AD5660. [en línea]. [citado 12 enero 2017]. disponible: http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD5620_5640_5660.pdf

¹⁸ ANALOG DEVICES. 256-Position SPI/I2C Selectable Digital Potentiometer. AD5161. [en línea]. [citado 12 enero 2017]. disponible: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD5161.pdf>

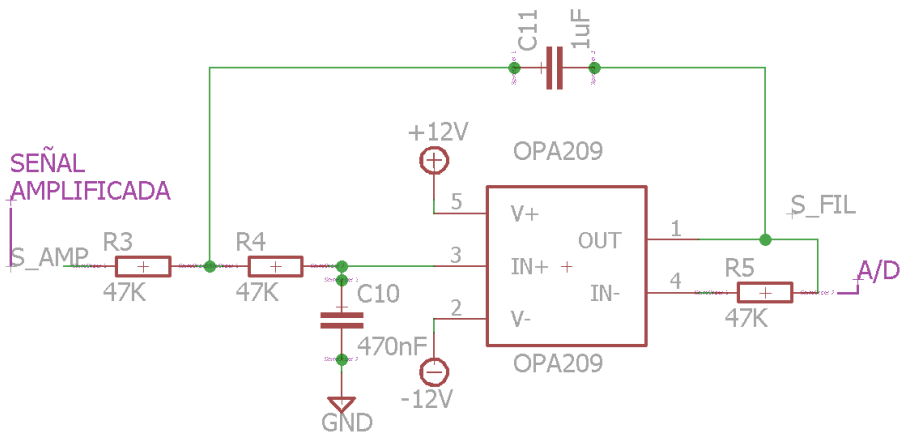
¹⁹ TEXAS INSTRUMENTS INC. 2.2 nV/√Hz, Low-Power, 36V Operational Amplifier. OPA 209, OPA 2209, OPA 4209. [en línea]. [citado 12 enero 2017]. disponible: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/opa2209.pdf>

Ilustración 8 Filtro Butterworth (Pasa bajas)



Después de realizar el filtrado la señal es convertida de analógica a digital, para poder ser enviada al módulo wifi y posteriormente almacenada en la base de datos y visualizada en la página web.

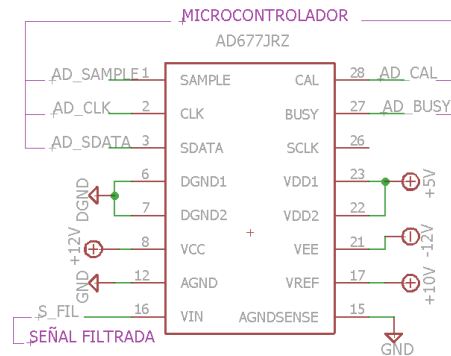
Ilustración 9 Conexión Filtro



Para tener una buena resolución de los datos de crecimiento de la muestra, se seleccionó un convertor análogo-digital de 16 bits, con una resolución de 0.001pF.

Ya que la salida de datos era de tipo serial se seleccionó el AD677JRZ. Este ADC permite referencia de 5V a 10V²⁰. Para el desarrollo del sistema de monitoreo se prefirió la referencia de 10V, ilustración 10, para que el rango de las señales analógicas fuera de $\pm 10V$, con una resolución de 0.3052 mV/bit.

Ilustración 10 Conexión conversor digital



3.4.4 Microcontrolador El microcontrolador seleccionado debía realizar varias tareas específicas, que permitieran un correcto funcionamiento del sistema. Entre ellas están:

- Seleccionar los electrodos.
- Manipular el conversor digital-analógico para la eliminación de DC.
- Variar el potenciómetro digital para el ajuste de ganancia.
- Manipular el conversor digital-análogo.
- Recolectar los datos.
- Transmitir y recibir los datos del módulo wifi.

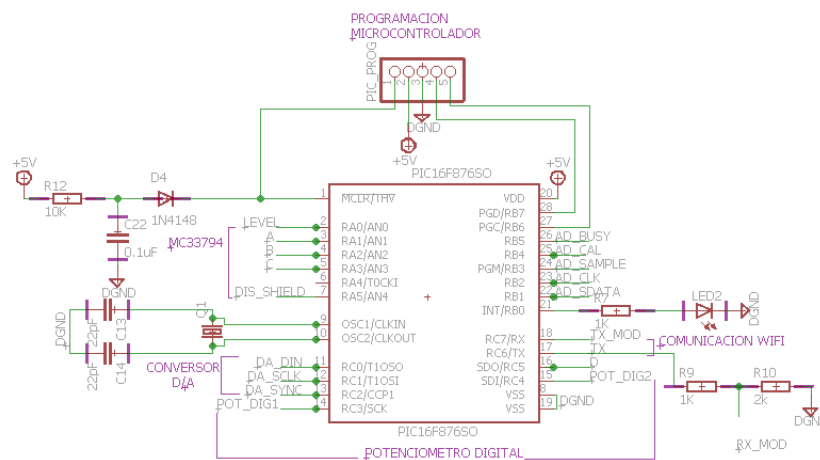
El microcontrolador seleccionado en un principio por su bajo costo y funcionalidad fue el PIC16F87XA²¹. En la ilustración 11 se puede observar las conexiones

²⁰ANALOG DEVICES. 16-Bit 100kSPS Sampling ADC. AD677. [en línea]. [citado 12 enero 2017]. disponible: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD677.pdf>.

²¹MICROCHIP TECHNOLOGY INC. PIC16F87XA. 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers. [en línea]. [citado 12 enero 2017]. disponible: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>

necesarias con los demás componentes, así como la conexión para programarlo. Al realizar las pruebas para el manejo de los electrodos, se observó que la cantidad de memoria para el programa en el microcontrolador era insuficiente por lo que se decidió cambiar el PIC16F87XA por el PIC18F26K22-I/SO²² con la misma cantidad y distribución de pines, pero con más capacidad para almacenar información.

Ilustración 11. Conexiones microcontrolador.



3.4.5 Comunicación Usuario La comunicación entre el usuario y el prototipo se da a través de una página web. Así, diferentes usuarios conectados a la misma red puedan ver en tiempo real los datos y las gráficas a través de dispositivos móviles.

El modulo seleccionado fue el ESP8266 que permite una configuración por comandos AT (generados desde el microcontrolador), se comunica por SPI, UART, se alimenta a 3.5V y la máxima corriente que utiliza es 320 mA.

²² MICROCHIP TECHNOLOGY INC. PIC18(L)F2X/4Xk22. 28/40/44-Pin, Low-Power, High-Performance Microcontrollers with XLP Technology. [en línea]. [citado 12 enero 2017]. disponible: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41412F.pdf>

3.4.6 Interfaz Con El Usuario Para que el usuario interactúe con el prototipo se ha diseñado una página web que permite la visualización de una tabla con los datos y las gráficas de los distintos electrodos. Ver *Anexo A: Manual de Usuario*

3.4.7 Fuente De Alimentación Para alimentar los diferentes bloques del prototipo se utilizan valores de tensión de -12V, 12V, 10V, 5V Y 3.3V para seleccionar los diferentes reguladores se hizo un análisis del consumo de corriente de cada elemento que componen el prototipo. Las fuentes se construyeron en cascada. Ilustración 12

Para la tensión de -12V se utilizó el LT1054CS8 con configuración inversora, este integrado produce una corriente de 100 mA y tiene una pérdida de tensión típica de 1.1V²³.

El TL750M12 genera la tensión de 12V con una corriente máxima de 750 mA, una pérdida de 0.6V con la corriente máxima y una tensión de ruido a la salida de 1000 μ V en el rango de 10 Hz a 100 kHz²⁴.

²³LINEAR TECHNOLOGY INC. Switched-Capacitor Voltage Converters with Regulators. LT1054. [en línea]. [citado 12 enero 2017]. disponible: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lt1054.pdf>

²⁴TEXAS INSTRUMENTS. Low-Dropout Voltage Regulator. TL750m Series. [citado 12 enero 2017]. Disponible: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tl750m08.pdf>

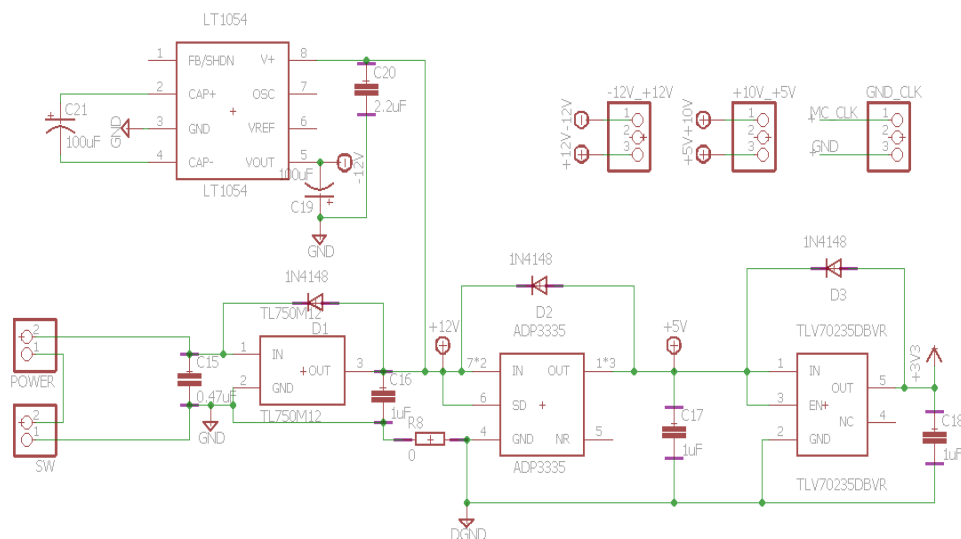
El REF01, es un integrado usado para tensiones de precisión con bajo consumo de corriente y con un ruido en la tensión de salida de 30 μVpp en el rango de 0.1 Hz a 10 Hz, por este motivo se seleccionó para generar la tensión de 10 V²⁵.

Para las tensiones de 3.5V y 5V se utilizaron los reguladores TLV70235DBVR y ADP3335ARMZ respectivamente^{26 27}.

Para evitar interferencias se manejaron dos tierras diferentes: una analógica y otra digital, estas tierras se unieron por medio de una resistencia de 0 Ω para garantizar que la diferencia de potencial fuera cero.

Adicionalmente para establecer los valores de tensión requeridos por el prototipo se utilizó un adaptador de 15 [V] con una corriente de 1.2 [A].

Ilustración 12 Conexiones fuente de alimentación



²⁵ANALOG DEVICES. Precision 2.5 V, 5.0 V and 10.0 V Voltage References. REF01/REF02/REF03. [citado 12 enero 2017]. Disponible: http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/REF01_02_03.pdf

²⁶TEXAS INSTRUMENTS. TLV702 300 Ma, Low- I_Q Low-Dropout Regulator. [citado 12 enero 2017]. Disponible: <http://www.ti.com/lit/ds/slvsag6c/slvsag6c.pdf>

²⁷ANALOG DEVICES. High Accuracy, Ultralow I_Q , 500 mA, anyCAP Low Dropout Regulator. ADP3335. [citado 12 enero 2017]. Disponible: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADP3335.pdf>

3.4.8 Diseño De La PCB Para el diseño de la PCB se utilizó el software libre EAGLE 7.6, el cual tiene la mayoría de componentes en sus librerías, se mejoró la distribución de los componentes comparado con trabajos anteriores, así como la distribución de corrientes en las pistas de la PCB. En la ilustración 13 se puede apreciar la cara superior de la PCB en la cual van soldados los componentes, la cara inferior se muestra en la ilustración 14.

Ilustración 13 Cara superior PCB

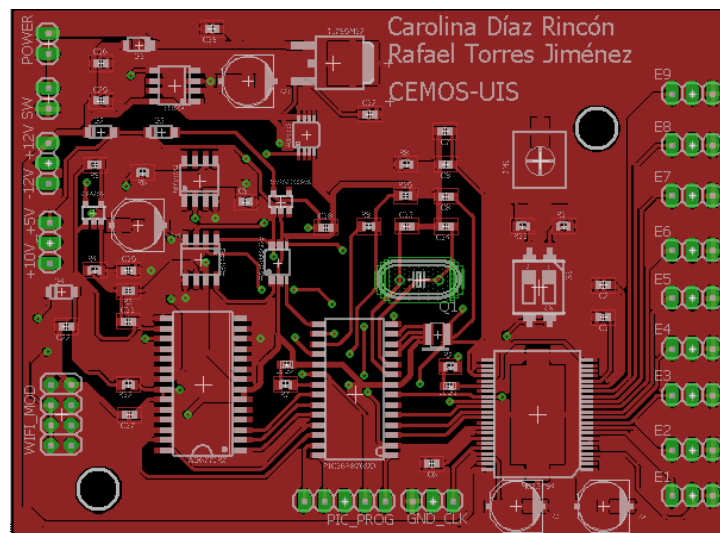
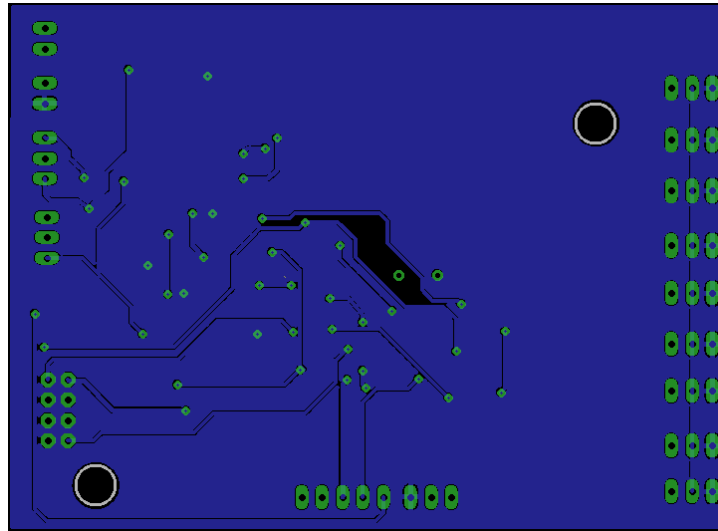


Ilustración 14 Cara inferior de la PCB



La PCB se mandó a fabricar en OSH Park. Esta empresa se encuentra dedicada al prototipado y está ubicada en Portland, Oregón (Estados Unidos). La empresa ofrece una buena calidad en la fabricación de PCBs a un bajo costo, ya que se pueden pedir tres piezas de la misma PCB y cobran solo 5 dólares por pulgada cuadrada. La PCB viene con un baño de oro en los pads para soldar, lo que aumenta la facilidad de adherencia entre la soldadura y los componentes electrónicos²⁸.

Antes de tomar la decisión de confiar en OSH Park para realizar el prototipo de la PCB, se hicieron varias cotizaciones con fábricas nacionales, pero al ver el gran costo que se tenía por la complejidad de la PCB se decidió importarla.

OSH Park permite la pre visualización de la forma final que tiene la PCB, además de poder corregir posibles errores; se necesitan generar unos archivos Gerber y crear un fichero ZIP, el cual es subido a su página para poder realizar la cotización

²⁸OSH PARK. [Sitio web]. Portland. [citado 12 enero 2017]. Disponible: <https://oshpark.com/>

de la PCB por el tamaño total en pulgadas cuadradas. A continuación, podemos observar las dos caras de la PCB antes de su producción. Ilustraciones 15 y 16.²⁹

Ilustración 15 Pre visualización cara superior de la PCB

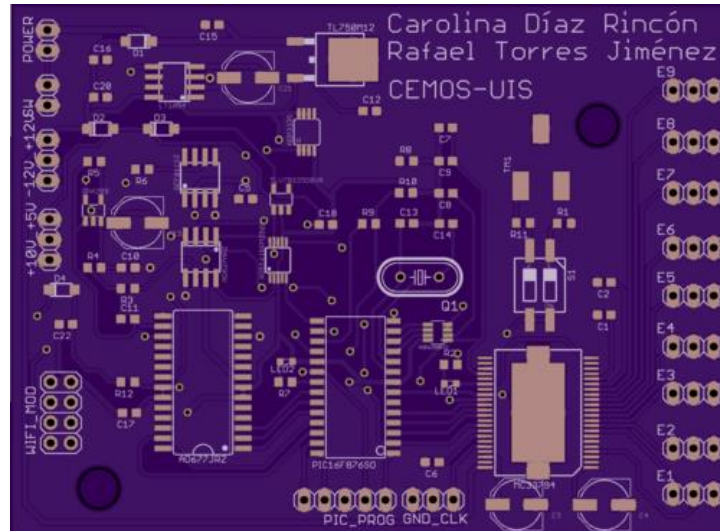
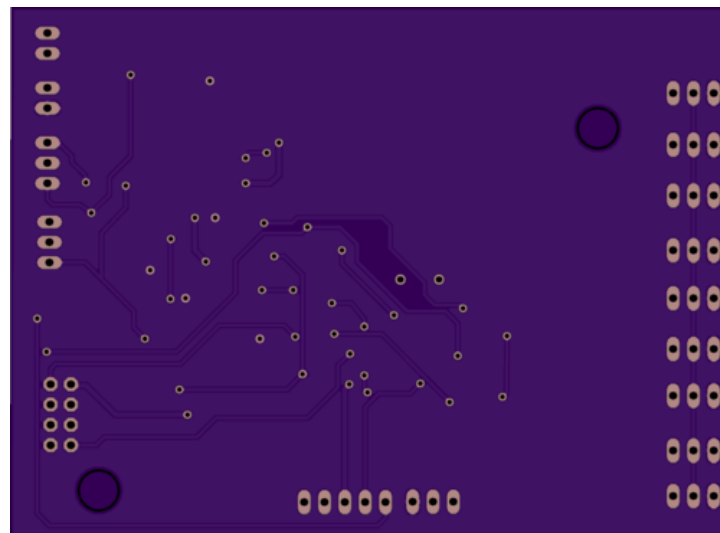


Ilustración 16 Pre visualización cara inferior de la PCB



²⁹Para más información sobre la construcción de la PCB puede consultar con los autores a los siguientes correos electrónicos: Carolina Díaz a carolina_dr_23@hotmail.com y Rafael Torres a rtojim@hotmail.com.

La fabricación de la PCB se demoró una semana y fue enviada a Colombia después de esto. A continuación, se puede observar el resultado final de la PCB

Ilustración 17 Vista superior PCB

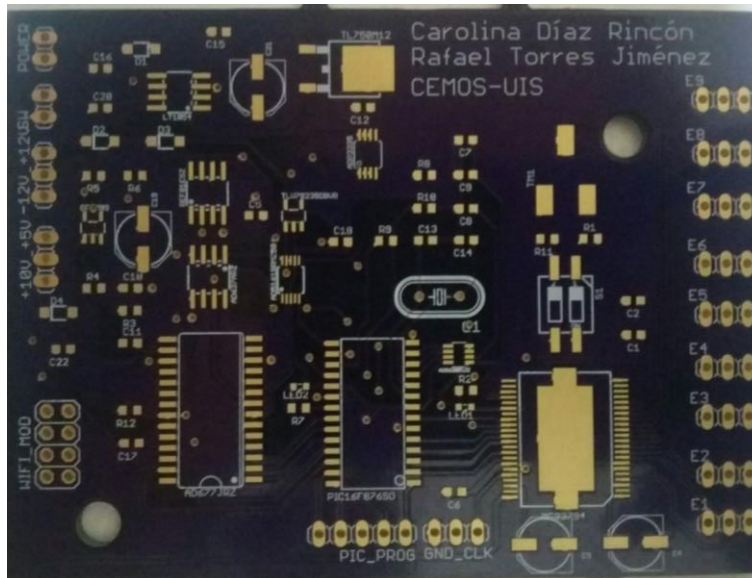


Ilustración 18 Vista inferior PCB

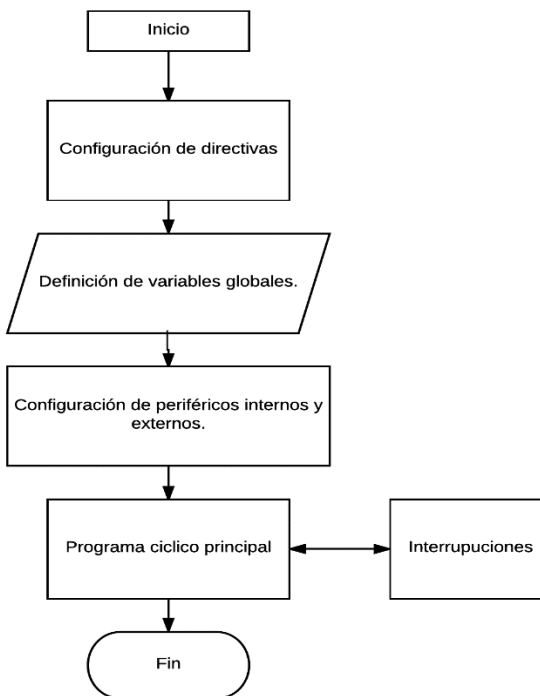


3.5 SOFTWARE

Este componente está compuesto por dos partes: el software desarrollado para el microcontrolador y el desarrollado para el servidor.

3.5.1 Software del Microcontrolador En la ilustración 19, se puede apreciar el diagrama de flujo del programa que ejecuta el PIC18F26K22, cada vez que se enciende el equipo o se genera un reinicio.

Ilustración 19 Diagrama de flujo programa del microcontrolador



Adaptada de QUINTERO, N. Detección de la variación de volumen de semillas mediante el uso de un campo eléctrico de baja frecuencia y baja intensidad. Trabajo de investigación. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad industrial de Santander. Bucaramanga. 2012. 107p.

1. Configuración de directivas: se establece la configuración del microcontrolador, se detalla que tendrá conectado un oscilador de 20 MHz, los dispositivos de

comunicación: UART (para módulo Wi-Fi y depurador serial) e I2C (para el potenciómetro digital).

2. Definición de variable globales: Se precisa el tipo de variable que utilizan los diferentes subprogramas, además del valor inicial.

3. Configuración de periféricos: se señalan las características de los periféricos. A continuación, se listan la configuración y propiedades de cada uno:

a. Configuración de puertos: se definen los pines que se usarán como entradas y salidas digitales.

b. Configuración del ADC interno: se usa un solo canal del conversor analógico a digital interno del microcontrolador.

c. Calibración del ADC externo: se generan señales digitales para calibrar el conversor AD677, siguiendo la hoja de datos del circuito integrado.

d. Selección de los electrodos: se generan señales digitales para la selección de los electrodos del sensor MC33794, según la hoja de datos.

e. Activación del blindaje: se genera un uno lógico en el pin de activación de blindaje del sensor, para disminuir el ruido transmitido por los cables de los electrodos.

f. Asignación de valor del DAC: empleando el protocolo de comunicación SPI dado por la hoja de datos del DAC5620, se carga el valor del nivel de offset.

g. Asignación del valor del potenciómetro digital: usando el protocolo de comunicación SPI, se carga el valor de la resistencia, para definir la ganancia del amplificador de instrumentación.

h. Habilitación de depuración por HUART: Se habilita la comunicación por el puerto HUART del microcontrolador, que está conectado con el módulo Wi-Fi, para la transmisión de datos al servidor.

i. Configuración del módulo Wi-Fi: se configura el dispositivo de comunicación Wi-Fi ESP8266, empleando comandos AT, se establece la conexión a una Red WLAN, la clave y la dirección IP del servidor que almacena los datos.

4. Interrupciones: Cuando no logra enviar los datos a través del módulo Wi-Fi, se establece una interrupción en la captura de datos, hasta que se conecte de nuevo a internet y se envíe el dato muestreado.

5. Programa cíclico principal: se ejecuta un programa continuamente en el microcontrolador y es suspendido de acuerdo a la interrupción que se presente. En este ciclo se toman los valores de las variaciones en las muestras de los electrodos y se envían al servidor, de acuerdo al tiempo de muestreo establecido.

3.5.2 Software del Servidor El servidor se creó a partir de una Raspberry pi 2 modelo B, por su bajo consumo de potencia y bajo costo en el mercado. Se instaló el sistema LAMP el cual consta de:

- Sistema operativo Raspbian (distribución del Sistema Linux)
- Servidor Apache
- Sistema de base de datos MySQL
- Lenguaje de programación PHP.

Una vez instalados estos programas, se crea una carpeta raíz en la ruta /var/www/html en donde se guardan todos los archivos que dieron origen a la información del proyecto, visualización, actualización de datos y gráficas.

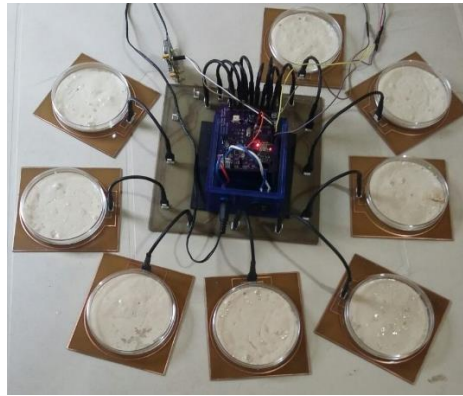
El archivo que permite crear los gráficos fue obtenido a partir de Highcharts, que consiste en una librería de gráficos escritos en JavaScript, fácil de modificar de acuerdo a las necesidades del usuario y gratis con fines educativos.

Para lograr un envío exitoso de los datos fue necesario establecer una red WLAN y dirección IP fija en el servidor, por lo tanto, se modificó el archivo interfaces y se dispuso de un router para una red privada. Esto se realizó con el fin que el servidor se pudiera conectar en diferentes lugares a través del router.

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

En este capítulo se presentarán las pruebas que se realizaron para verificar el funcionamiento del prototipo.

Ilustración 20 Sistema electrónico de monitoreo.



4.1 MODELO ELECTRÓNICO

En la tabla 1 se puede apreciar el consumo de corriente de los elementos presente en el prototipo, como las fuentes se encuentran en cascada, la corriente consumida por cada fuente es la suma de los componentes que ellas alimentan. La potencia total del prototipo es de 6[W]

Tabla 1 Consumo de corriente del prototipo de sensado

| 3,3 c | | 5 [V] | | -12 [V] | | 12 [V] | | 15 [V] | |
|------------|---------------------|--------------|---------------------|------------|---------------------|------------|---------------------|------------|---------------------|
| Componente | Corriente consumida | Componente | Corriente consumida | Componente | Corriente consumida | Componente | Corriente consumida | Componente | Corriente consumida |
| ESP 8266 | 250mA | AD5620BRJZ | 1mA | AD677JRZ | 25mA | AD677JRZ | 25mA | TL750M12 | 400mA |
| | | OPA209 | 5mA | AD627ARZ | 84µA | AD627ARZ | 84µA | | |
| | | AD5161BRMZ50 | 40µA | OPA209 | 2,5mA | OPA209 | 2,5mA | | |
| | | TLV70235DBVR | 300mA | | | REF01CSZ | 1,6mA | | |
| | | LEDS | 4,5mA | | | ADP3335 | 320mA | | |
| | | | | | | LT1054LCS8 | 27,5mA | | |
| | | | | | | MC33794 | 7mA | | |
| Total: | 250mA | | 310,5mA | | 27,5mA | | 383,6 mA | | 400mA |

4.2 VARIACIÓN DE LA FRECUENCIA DEL SENSOR MC33794

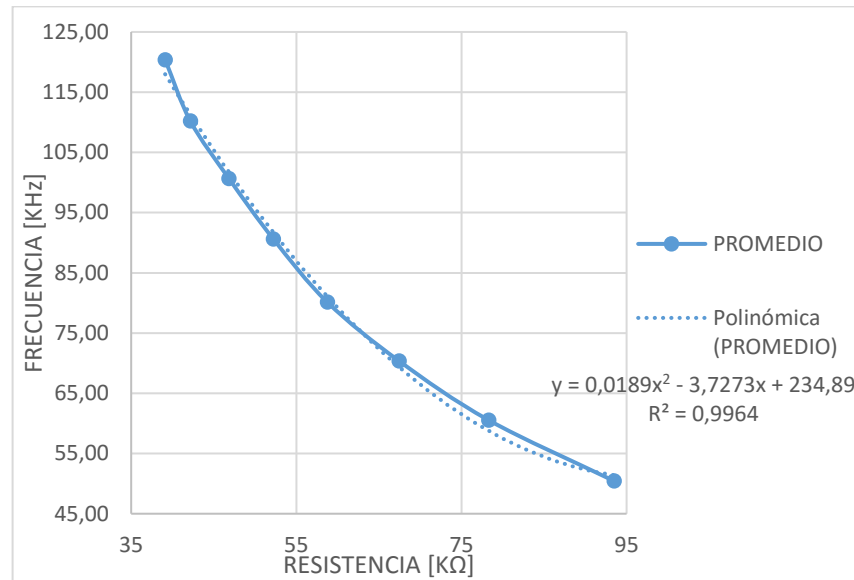
El sensor MC33794 viene por defecto con una frecuencia de trabajo de 120 [kHz], dicha frecuencia está establecida en el datasheet y se controla con una resistencia externa de 39 [kΩ]. Para variar la frecuencia se tienen dos modos de operación: con la resistencia de 39 [kΩ] se garantiza la frecuencia de 120 [kHz] y con una resistencia de 1 [kΩ] conectada en serie con un trimmer de 100 [kΩ] se puede variar la frecuencia de 50 [kHz] hasta los 120 [kHz]. En la tabla 2 se puede apreciar los resultados de la prueba, se realizaron tres mediciones de la frecuencia y la respectiva resistencia para luego promediarlas y así obtener la ecuación de variación de la frecuencia con respecto a la resistencia.

Tabla 2 Variación de frecuencia respecto a la resistencia

| PRUEBA 1 | | PRUEBA 2 | | PRUEBA 3 | | PROMEDIO | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| RESIS-TENCIA [KΩ] | FRECU-ENCIA [KHz] | RESIS-TENCIA [KΩ] | FRECU-ENCIA [KHz] | RESIS-TENCIA [KΩ] | FRECU-ENCIA [KHz] | RESIS-TENCIA [KΩ] | FRECU-ENCIA [KHz] |
| 93 | 50,16 | 93,7 | 50,62 | 93,8 | 50,49 | 93,5 | 50,42 |
| 78,66 | 60,3 | 78,2 | 60,55 | 78,1 | 60,71 | 78,32 | 60,52 |
| 67,62 | 70,38 | 67,1 | 70,52 | 67,6 | 70,21 | 67,44 | 70,37 |
| 58,31 | 80,17 | 58,9 | 80,18 | 59,08 | 80 | 58,76 | 80,12 |
| 52,58 | 90,5 | 52,02 | 90,72 | 52,03 | 90,67 | 52,21 | 90,63 |
| 46,92 | 100,73 | 46,78 | 100,65 | 46,82 | 100,6 | 46,84 | 100,66 |
| 42,17 | 110,07 | 42,67 | 110,23 | 41,68 | 110,27 | 42,17 | 110,19 |
| 38,99 | 120,63 | 39,44 | 119,7 | 38,9 | 120,84 | 39,11 | 120,39 |

En la ilustración 21 se puede apreciar la gráfica del promedio de las pruebas junto con la ecuación característica.

Ilustración 21 Promedio de la variación de frecuencia con respecto a la resistencia



La línea punteada en azul es una aproximación polinómica a la curva dada por el promedio de los datos de la tabla 2, se puede apreciar que es una ecuación de segundo grado decreciente, a medida que la resistencia aumenta la frecuencia disminuye, para el estudio de la *Saccharomyces Cerevisiae* si la frecuencia es muy alta puede afectar el crecimiento de los microorganismos, por este motivo la frecuencia de operación máxima del sistema de monitoreo es de 120 [kHz]

Ecuación 2 Aproximación curva variación de frecuencia

$$F = 0,0189R^2 - 3,7273R + 234,89$$

Donde F es la frecuencia en [kHz] y R es la resistencia en [kΩ].

Para una resistencia de 39 [kΩ], la frecuencia es de 118.27 [kHz], teniendo un error del 1.46%, según la ecuación 3.

Ecuación 3 Error teórico de la ecuación 2

$$error = \left| \frac{118.27 - 120}{118.27} \right| = 1.46 \%$$

5. MEDICIÓN DE LA VARIACIÓN DEL CRECIMIENTO

Para verificar la detección por parte del sistema de monitoreo y la variación de crecimiento de la *Saccharomyces Cerevisiae* se realizaron tres tipos de pruebas las cuales serán descritas a continuación.

- **Prueba N° 1**

Como se puede visualizar en la ilustración 22 y en el anexo B1, la prueba en general tuvo una duración de 4 horas y 20 minutos aproximadamente, con un total de 250 muestras en donde el sistema detecta las diferentes variaciones sobre los electrodos.

Nivel 1: Esta prueba consiste en colocar inicialmente los electrodos sin ningún tipo de elemento sobre estos. La prueba inicio a las 17:21:31 horas y finalizo a las 18:42:53 para una cantidad de 77 muestras.

Nivel 2: Después a las 18:44:00 se ubicaron a la vez las cajas de Petri sobre cada uno de los electrodos, dando por terminado este nivel a las 19:59:48 obteniendo un total de 73 muestras.

Nivel 3: El nivel tres consiste en depositar sobre las cajas de Petri 5 [mL] de agua, la prueba inicio a las 20:00:55 horas y finalizo a las 20:48:04 para un total de 49 muestras.

Nivel 4: Por último, a las 20:48:37 horas se adicionaron 15 [mL] de agua sobre las cajas de Petri y finalizo a las 21:42:31 horas obteniendo 50 muestras.

En la tabla 3 se puede visualizar la variación de tensión en cada una de los niveles, la cantidad de muestras y el tiempo transcurrido. En cada nivel la tensión se mantiene casi constante y solo varía en el cambio de nivel.

Tabla 3 Niveles de variación de los electrodos

| NIVEL | Nº DE MUESTRA | HORA | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
|-------|---------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 1 | 15:21 | 0,8897 | 0,8592 | 0,8531 | 0,8775 | 0,8665 | 0,8738 | 0,897 | 0,9105 |
| | 77 | 18:42 | 0,8848 | 0,8531 | 0,8482 | 0,875 | 0,8567 | 0,8665 | 0,8909 | 0,9129 |
| 2 | 78 | 18:44 | 0,9227 | 0,8873 | 0,8848 | 0,908 | 0,886 | 0,9031 | 0,9251 | 0,9495 |
| | 150 | 19:59 | 0,9239 | 0,8873 | 0,8836 | 0,9092 | 0,8885 | 0,8946 | 0,9202 | 0,9568 |
| 3 | 151 | 20:00 | 0,9398 | 0,8885 | 0,8848 | 0,9166 | 0,9105 | 0,9141 | 0,9349 | 0,9788 |
| | 200 | 20:48 | 0,9019 | 0,8921 | 0,9007 | 0,9263 | 0,9141 | 0,9141 | 0,9764 | 1,0435 |
| 4 | 201 | 20:48 | 1,0008 | 0,9495 | 0,9959 | 0,9959 | 0,9361 | 0,9593 | 0,9849 | 1,046 |
| | 250 | 21:42 | 1,0032 | 0,952 | 1,0142 | 0,9947 | 0,9385 | 0,9642 | 0,9959 | 1,0545 |

Ilustración 22 Prueba de detección N°1.

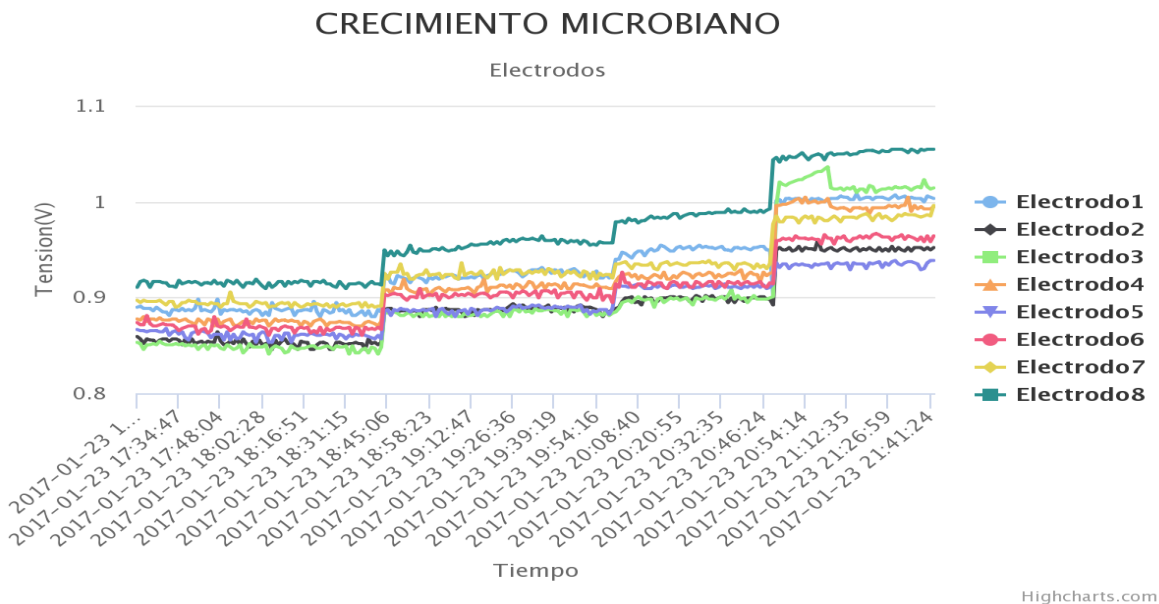


Tabla 4 Valores de las pendientes para los electrodos en diferentes niveles.

| | NIVEL 1 | NIVEL 2 | NIVEL 3 | NIVEL 4 |
|----|-----------|----------|------------|-----------|
| E1 | -0.000050 | 0.000100 | 0.000200 | 0.000050 |
| E2 | -0.000070 | 0.000040 | 0.000060 | -0.000001 |
| E3 | -0.000070 | 0.000040 | 0.000100 | 0.00008 |
| E4 | -0.000050 | 0.000070 | 0.000060 | -0.000100 |
| E5 | -0.000070 | 0.000040 | 0.00000009 | 0.000040 |
| E6 | -0.000070 | 0.000010 | 0.000002 | 0.000040 |
| E7 | -0.000060 | 0.000005 | -0.000020 | 0.000100 |

| | NIVEL 1 | NIVEL 2 | NIVEL 3 | NIVEL 4 |
|----|-----------|----------|----------|----------|
| E8 | -0.000010 | 0.000200 | 0.000300 | 0.000200 |

En la tabla 4 se muestran los valores de la pendiente de cada nivel para todos los electrodos. Dados estos valores se puede deducir que las variaciones de tensión a lo largo del tiempo son relativamente pequeñas y el comportamiento del sistema es constante, cuando no se introduce un nuevo elemento en el área de medida.

De acuerdo con la gráfica se puede concluir que el sistema responde a los cambios realizados en la muestra. El nivel de DC visualizado en cada grafica de los electrodos puede ser propio de sus características de construcción y no ser el mismo para todos. La separación entre los electrodos es un factor importante, ya que, si no están distanciados correctamente, se puede alterar las mediciones obtenidas, como ocurre en el caso del electrodo 3 en el último nivel, donde se puede apreciar un incremento en la variación de los datos debido a que este electrodo tenía sobre una de sus esquinas otro electrodo, afectando así la tensión sensada, posteriormente se puede apreciar una caída al momento de retirar el electrodo invasor.

- **Prueba N°2**

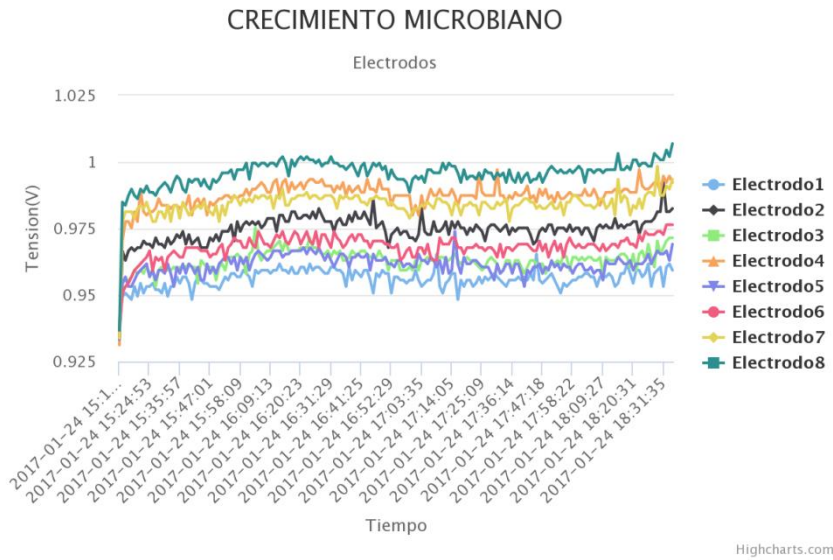
La segunda prueba consiste en agregar a todos los electrodos la misma cantidad de levadura 5 [cc], a una frecuencia normal de operación de 120[KHz] y variar la cantidad de agua depositada en las cajas de Petri como se puede observar en la tabla 5.

Tabla 5 Variación de la cantidad de agua en la prueba 2

| | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| AGUA[ml] | 20 | 25 | 20 | 25 | 20 | 20 | 25 | 25 |

Esta prueba tuvo una duración de 200 minutos en la que se puede observar el crecimiento de la *Saccharomyces Cerevisiae*, de acuerdo a la variación de tensión que se ve en la ilustración 23.

Ilustración 23 Prueba de detección N°2.



El aumento abrupto de tensión al inicio de la prueba se debe a que en el momento de encender el sistema no estaban situadas las muestras sobre los electrodos, las cuales se introdujeron posteriormente. Por lo tanto, la primera muestra tiene un nivel de tensión promedio de 28,32 [mV] menos que la segunda muestra. En la tabla 6 se puede observar la variación en el nivel de tensión de la muestra inicial y final de los ocho electrodos.

Tabla 6 Variación en el nivel de tensión de la muestra inicial y final de la prueba.

| N° Muestra | Fecha | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
|------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 24/01/2017 15:14 | 0,9368 | 0,9336 | 0,9398 | 0,9312 | 0,9332 | 0,9376 | 0,9338 | 0,9367 |
| 184 | 24/01/2017 18:34 | 0,9593 | 0,9825 | 0,9715 | 0,9923 | 0,9691 | 0,9764 | 0,9935 | 1,0069 |

En los datos y las gráficas de la prueba dos, se puede observar variaciones de tensión a lo largo del tiempo, sin embargo no demuestran un óptimo crecimiento de la levadura, permitiendo deducir que este comportamiento se debe a la falta de

agitación previa del cultivo para una mayor disolución de la levadura, garantizar las condiciones de oxigenación del cultivo o cantidad insuficiente de la muestra, por lo tanto, para realizar la prueba 3, se decidió adicionar más cantidad de levadura y agitar previamente el cultivo.

- **Prueba N° 3**

La prueba tres se realizó con una frecuencia de operación de 120[KHz] y con la misma distribución de agua de la prueba dos, adicionándole 2[cc] de levadura a todos los electrodos. Ver ilustración 24. La duración de esta prueba fue de 3 horas y 18 minutos aproximadamente, para un total de 180 muestras.

Ilustración 24 Crecimiento en la prueba N° 3

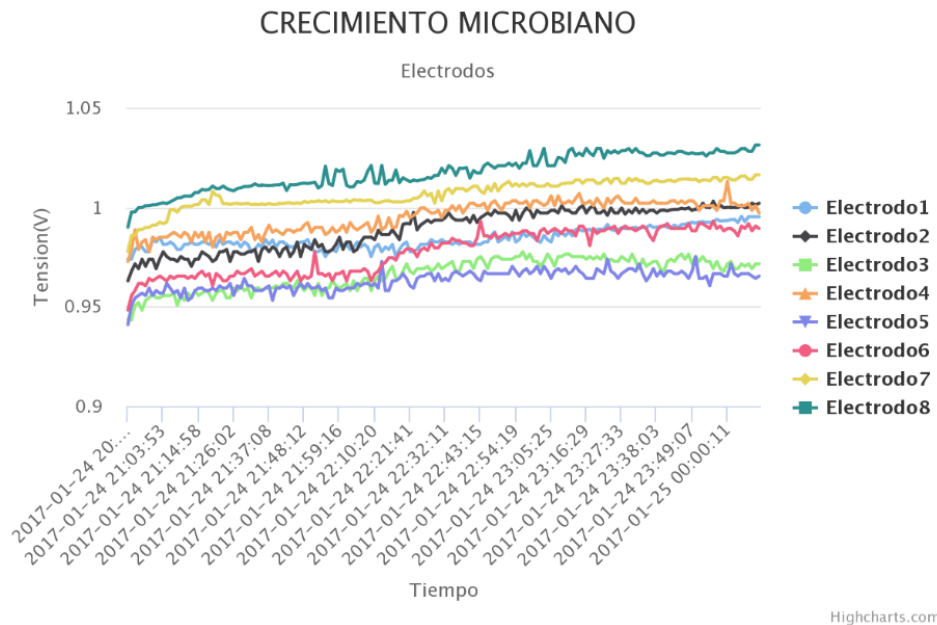
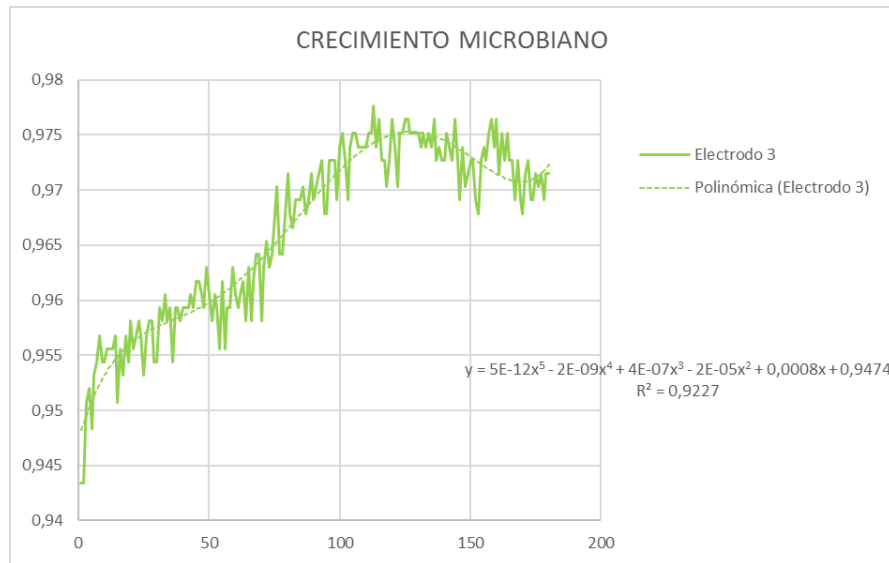


Ilustración 25 Curva de crecimiento electrodo N° 3



Con esta prueba se puede apreciar mejor el crecimiento de la levadura, asemejándose más a la curva característica de crecimiento, como se observa en la ilustración 25, la línea punteada en verde es la aproximación polinómica del electrodo N° 3, las variaciones presentes en los datos se deben a factores externos como temperatura, interferencias en el sistema y otros que afecten la muestra.

En la tabla 7 se pueden observar los cambios de las tensiones sensadas en la prueba, mostrando un aumento superior a los 20 [mV] entre la muestra inicial y la muestra final.

Tabla 7 Aumento de tensión en la prueba N° 3

| N° MUESTRA | FECHA/HORA | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
|------------|--------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 24/01/2017 20:52 | 0,9739 | 0,963 | 0,9434 | 0,9727 | 0,941 | 0,9483 | 0,9776 | 0,99 |
| 180 | 25/01/2017 0:10 | 0,9952 | 1,002 | 0,9715 | 0,9971 | 0,9654 | 0,9893 | 1,0163 | 1,0313 |
| DIFERENCIA | 3 HORAS 18 MINUTOS | 0,0213 | 0,039 | 0,0281 | 0,0244 | 0,0244 | 0,041 | 0,0387 | 0,0413 |

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se cumplieron con los objetivos propuestos descritos en el plan de trabajo de grado.
- Se actualizó la tecnología de comunicación del prototipo, permitiendo crear una interfaz de usuario de fácil acceso y uso, sin necesidad de ejecutar algún tipo de instalación.
- Se construyó un prototipo que permite monitorear el crecimiento de microorganismos, sin afectar la muestra del cultivo, entregando datos a un servidor web para ser almacenados y analizados.
- Se incrementó la funcionalidad del prototipo al permitir variar la frecuencia de operación, el uso de hasta ocho electrodos a la vez y el monitoreo en tiempo real desde cualquier dispositivo móvil conectado a la red.
- Se mejoró la capacidad de procesamiento del prototipo al cambiar la referencia del microcontrolador por uno con más memoria flash.
- Se realizaron pruebas para demostrar el correcto funcionamiento del prototipo y que permiten comparar los resultados obtenidos con los esperados.

6.2 RECOMENDACIONES

- Para un buen funcionamiento del prototipo se aconseja conectarse a una red estable y segura.
- Para mayor rango de monitoreo se recomienda usar el servidor desde un dominio en internet.
- Para trabajos futuros se recomienda: realizar las pruebas a distintas frecuencias de operación, para determinar su efecto sobre el cultivo.

BIBLIOGRAFIA

ARIZA, Jairo. Sistema prototipo de instrumentación basado en la acción de un campo eléctrico. Trabajo de grado en ingeniería. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2005. 102p.

BOUZA, E.; MUÑOZ, P. *Saccharomyces cerevisiae*: el fin de la inocencia. *Rev Esp Quimioterapia*, 2004, vol. 17, no 3, p. 227-231.

JUBANY, S. Diversidad molecular entre cepas industriales de *Saccharomyces Cerevisiae*. Departamento de biología molecular. Instituto de investigaciones biológicas Clemente Estable. Uruguay. 2012

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; PARKER, J. Brock. *Biología de los microorganismos*. Pearson Prentice Hall. Madrid, España. 2004.

OLIVA, A. Estudio de los procesos celulares inducidos por campos eléctricos en sistemas Lab-on-a-Chip. 2014. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona

PRESCOTT, L. M.; HARLEY, J. P.; KLEIN, D. A. *Microbiología*. McGraw Hill-Interamericana. Madrid. España. 2004

PUÉRTOLAS, E. LÓPEZ, N. RASO, J. ÁLVAREZ, I. Inactivación mediante pulsos eléctricos de alto voltaje de levaduras implicadas en la alteración del vino. Facultad de Veterinaria, Departamento PACA-Tecnología de los Alimentos. Universidad de Zaragoza. Zaragoza. España. 2007

QUINTERO, Nidia. Detección de la variación de volumen de semillas mediante el uso de un campo eléctrico de baja frecuencia y baja intensidad. Trabajo de investigación. Escuela

de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad industrial de Santander. Bucaramanga. 2012. 107p.

RAMÍREZ-CADAVID, David A., et al. Efecto de los campos eléctricos sobre la producción de biomasa micelial del hongo medicinal ganoderma lucidum [(w. Curt.: fr.) P. Karst. (ganodermataceae). Actualidades Biológicas, 2010, vol. 32, no 92, p. 5.

RAMÍREZ, N. REGUEIRO, A. ARIAS, O. CONTRERAS, R. Espectroscopía de impedancia electroquímica, herramienta eficaz para el diagnóstico rápido microbiológico. Biotecnología Aplicada, 2009, vol. 26, no 1, p. 72-78.

SMITH, Joshua R. Field mice: Extracting hand geometry from electric field measurements. IBM systems journal, 1996, vol. 35, no 3.4, p. 587-608.

SOUZA, Cristine; DE MATTOS OLIVEIRA, Flávio; SEVERO, Luiz Carlos. Infección por Saccharomyces Cerevisiae. Revista Iberoamericana de Micología, 2013, vol. 30, no 3, p. 205-208

VELANDIA, O. DURÁN, P. Monitoreo automático para el seguimiento de cultivos bacterianos segunda parte. Trabajo de grado en ingeniería. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2015 126p.

VILLA, M. PEDROZAS, R. SAN MARTIN, E. AGUILAR, M. Espectroscopia de impedancia: un método rápido y eficiente para el monitoreo del crecimiento de Lactobacillus acidophilus. Revista mexicana de ingeniería química, 2013, vol. 12, no 1, p. 57-64.

ANEXOS

ANEXO A

MANUAL DE USUARIO

El sistema electrónico de monitoreo inalámbrico consta de dos partes: El prototipo de sensado y el servidor, los cuales funcionan de manera adecuada bajo ciertos requerimientos, que serán descritos a continuación.

A.1. SERVIDOR

Permite al usuario visualizar los datos y graficas de las medidas obtenidas por los electrodos. Para que el sitio web y la base de datos funcionen apropiadamente se deben seguir los siguientes pasos:

1. Conecte la tarjeta Raspberry Pi a la red eléctrica 110 [VAC]
2. Una vez encendida, Conecte el módulo Wifi a la tarjeta por medio de un puerto USB.
3. Verifique que el dispositivo se encuentra conectado a internet, con dirección IP: 192.208.20.125
4. Ingresar a la página web con la siguiente URL:192.208.20.125/datos
5. Una vez ingrese a la página, se podrá navegar por ella, a través de los botones de Inicio, Datos y Graficas.

5.1 Ventana de inicio.

Ventana de Inicio.



En esta ventana el usuario podrá encontrar información acerca de los autores y manual de usuario.

5.2 Ventana de datos.

Ventana de Datos

SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DEL CRECIMIENTO DE BACTERIAS

[Inicio](#) [Datos](#) [Graficas](#)

| ID | FECHA_HORA | ELECTRODO1 | ELECTRODO2 | ELECTRODO3 | ELECTRODO4 | ELECTRODO5 | ELECTRODO6 | ELECTRODO7 | ELECTRODO8 |
|----|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | 2017-01-24 14:32:18 | 0.4318 | 0.8921 | 0.8799 | 0.9227 | 0.8775 | 0.8885 | 0.9117 | 0.9166 |
| 2 | 2017-01-24 14:33:24 | 0.7444 | 0.8958 | 0.8836 | 0.9251 | 0.8824 | 0.8909 | 0.8824 | 0.9202 |
| 3 | 2017-01-24 14:34:30 | 0.8213 | 0.8995 | 0.8848 | 0.9642 | 0.8897 | 0.8921 | 0.8763 | 0.9202 |

[Descargar datos](#)

[Eliminar tabla](#)

En esta ventana el usuario podrá visualizar y descargar los datos obtenidos. Además, permite eliminarlos para darle paso a un nuevo monitoreo.

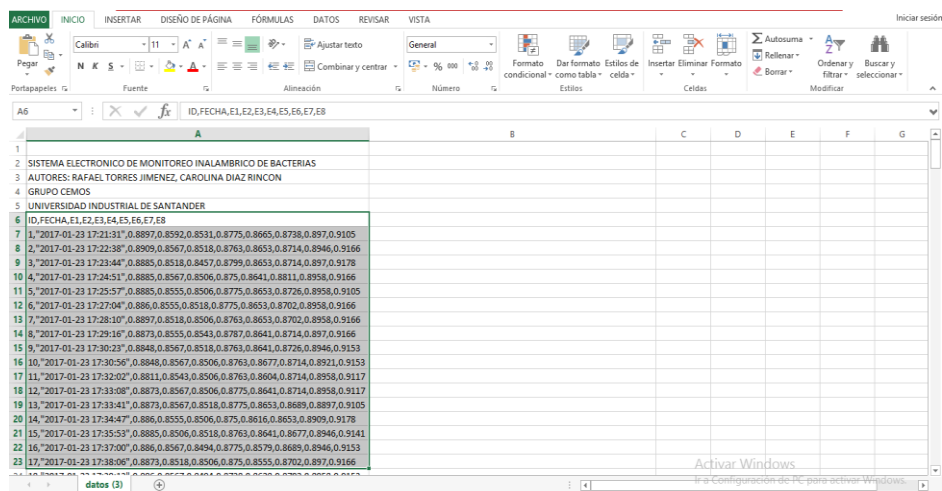
5.2.1 Descargar Datos.

Para descargar los datos, diríjase hacia la parte inferior de la ventana y pulse la opción Descargar datos, el formato del archivo es .csv

5.2.1.1 convertir datos .csv a Excel.

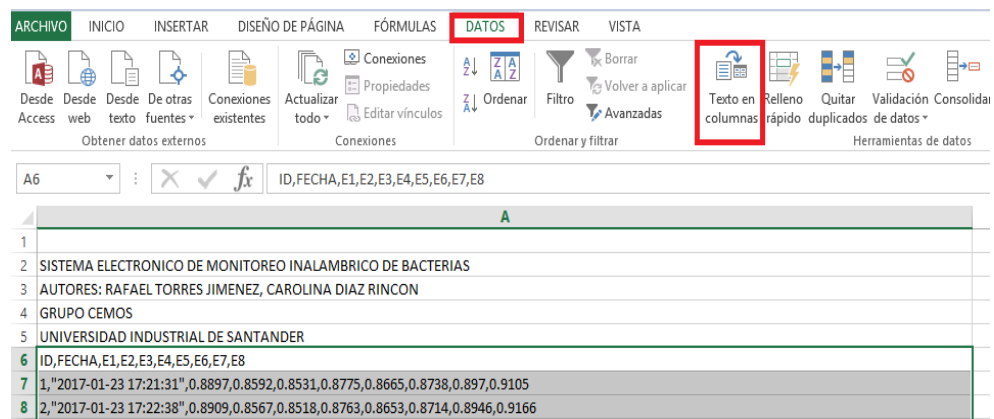
- Seleccione la columna donde están los datos.

Selección de datos.



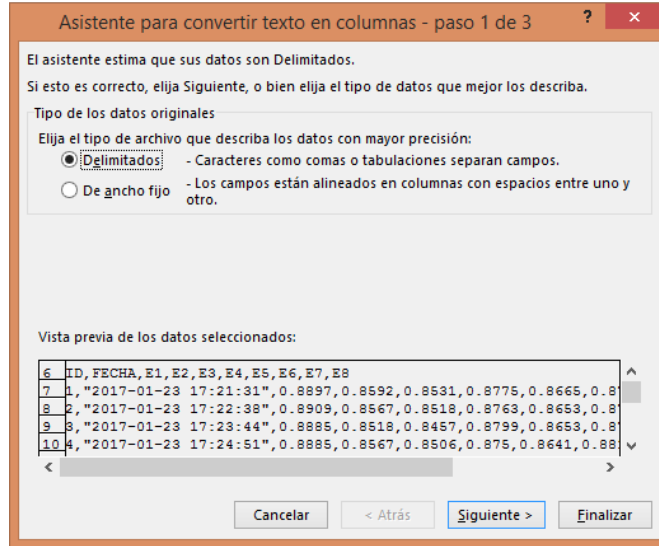
- En la barra de menús, seleccione la opción DATOS y posteriormente texto en columnas.

Opción datos y texto en columnas.



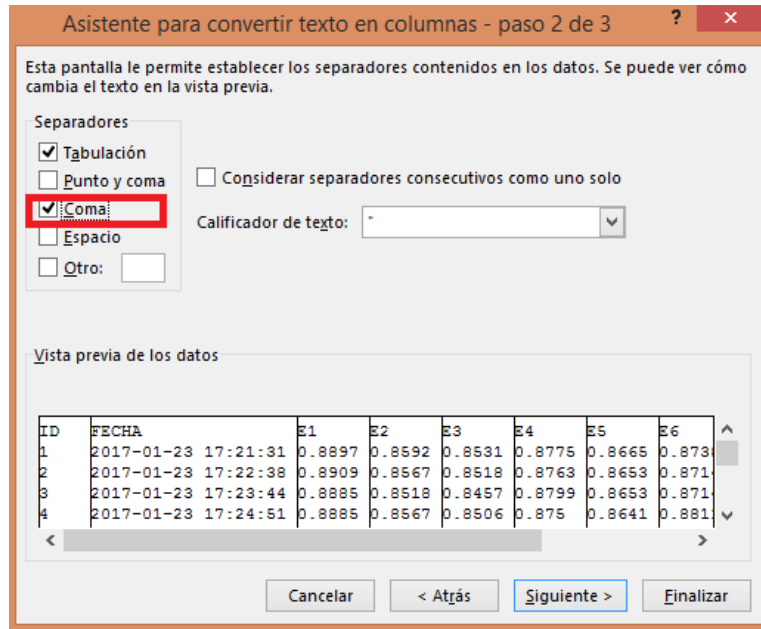
- Se podrá visualizar la siguiente ventana y se pulsa la opción Siguiente

Ventana para convertir texto en Columna



- Aparecerá la siguiente ventana en donde se elegirá la opción coma.

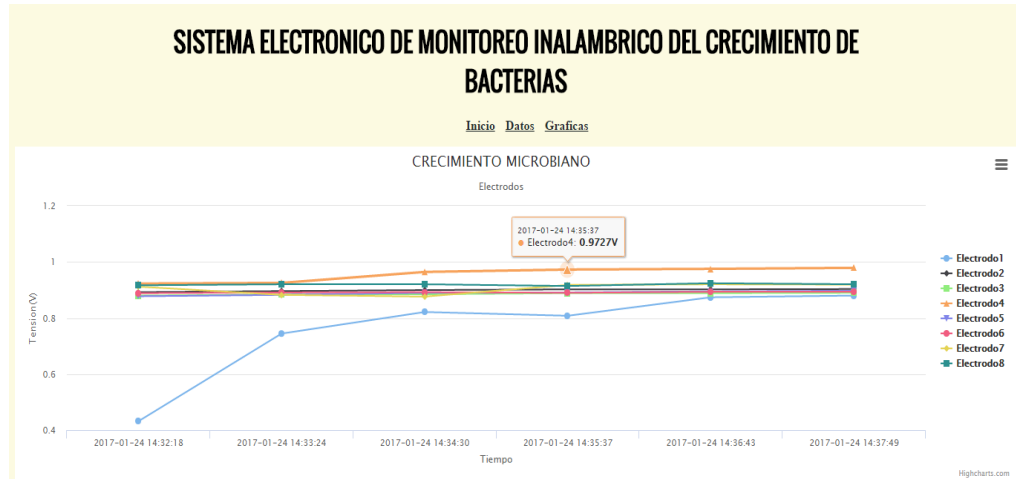
Separación de Comas a Columnas



- Pulse siguiente y posteriormente finalizar. Obtendrá los datos separados por columnas.

5.3 Ventana Grafica

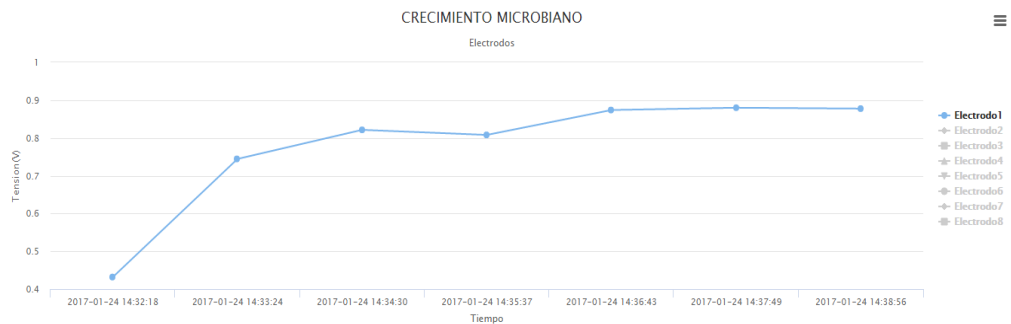
Ventana Gráficos



En esta ventana el usuario podrá visualizar los gráficos de los datos obtenidos por todos los electrodos o uno en particular, también podrá descargar las imágenes en diferentes formatos.

5.3.1 Visualizar los gráficos de un electrodo en particular.

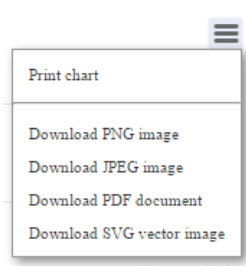
Gráfico de un electrodo.



Diríjase a la aparte lateral derecha y pulse sobre el nombre del electrodo que desea desactivar gráficamente. Y automáticamente se escalará para mejorar la visualización de la gráfica

5.3.2. Descargar los Graficas.

Opción descarga grafica



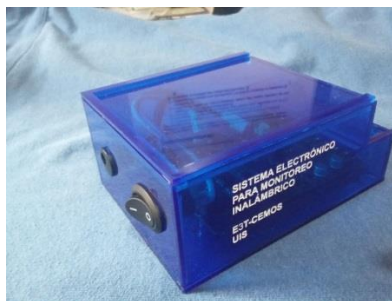
El usuario podrá descargar los datos en diferentes formatos, entre ellos PDF, PNG, JPG entre otros. Esto lo podrá realizar pulsando en la parte superior derecha, como se observa en la ilustración.

6. Finalmente, apague y desconecte la tarjeta.

A.2. PROTOTIPO DE SENSADO

Su funcionalidad consiste en sensar, adecuar la señal y finalmente transmitir las medidas obtenidas a la base datos. Los requerimientos para el buen funcionamiento de hardware son:

Hardware del prototipo



1. Usar un adaptador con salida de tensión 15 [VDC] y corriente 1.2 [A].
2. No exponer a temperaturas elevadas (mayores a 40 °C).
3. Conecte la cantidad de electrodos que desee usar, iniciando por el E1, seguido por E2 y así sucesivamente.
4. Colocar el cultivo de microorganismo dentro del campo eléctrico de los electrodos.
5. Conectar el prototipo a la red eléctrica 110 [VAC], mediante el adaptador.
6. Energizar el prototipo por medio del interruptor.

ANEXO B

VARIACIÓN EN EL CRECIMIENTO

B.1. Prueba N° 1

En la siguiente tabla se pueden apreciar los datos que se descargan de la página web y luego son vistos en Excel.

Datos prueba N° 1

| SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ GRUPO CEMOS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ID | FECHA | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
| 1 | 23/01/2017 17:21 | 0,8897 | 0,8592 | 0,8531 | 0,8775 | 0,8665 | 0,8738 | 0,897 | 0,9105 |
| 2 | 23/01/2017 17:22 | 0,8909 | 0,8567 | 0,8518 | 0,8763 | 0,8653 | 0,8714 | 0,8946 | 0,9166 |
| 3 | 23/01/2017 17:23 | 0,8885 | 0,8518 | 0,8457 | 0,8799 | 0,8653 | 0,8714 | 0,897 | 0,9178 |
| 4 | 23/01/2017 17:24 | 0,8885 | 0,8567 | 0,8506 | 0,875 | 0,8641 | 0,8811 | 0,8958 | 0,9166 |
| 5 | 23/01/2017 17:25 | 0,8885 | 0,8555 | 0,8506 | 0,8775 | 0,8653 | 0,8726 | 0,8958 | 0,9105 |
| 6 | 23/01/2017 17:27 | 0,886 | 0,8555 | 0,8518 | 0,8775 | 0,8653 | 0,8702 | 0,8958 | 0,9166 |
| 7 | 23/01/2017 17:28 | 0,8897 | 0,8518 | 0,8506 | 0,8763 | 0,8653 | 0,8702 | 0,8958 | 0,9166 |
| 8 | 23/01/2017 17:29 | 0,8873 | 0,8555 | 0,8543 | 0,8787 | 0,8641 | 0,8714 | 0,897 | 0,9166 |
| 9 | 23/01/2017 17:30 | 0,8848 | 0,8567 | 0,8518 | 0,8763 | 0,8641 | 0,8726 | 0,8946 | 0,9153 |
| 10 | 23/01/2017 17:30 | 0,8848 | 0,8567 | 0,8506 | 0,8763 | 0,8677 | 0,8714 | 0,8921 | 0,9153 |
| 11 | 23/01/2017 17:32 | 0,8811 | 0,8543 | 0,8506 | 0,8763 | 0,8604 | 0,8714 | 0,8958 | 0,9117 |
| 12 | 23/01/2017 17:33 | 0,8873 | 0,8567 | 0,8506 | 0,8775 | 0,8641 | 0,8714 | 0,8958 | 0,9117 |
| 13 | 23/01/2017 17:33 | 0,8873 | 0,8567 | 0,8518 | 0,8775 | 0,8653 | 0,8689 | 0,8897 | 0,9105 |
| 14 | 23/01/2017 17:34 | 0,886 | 0,8555 | 0,8506 | 0,875 | 0,8616 | 0,8653 | 0,8909 | 0,9178 |
| 15 | 23/01/2017 17:35 | 0,8885 | 0,8506 | 0,8518 | 0,8763 | 0,8641 | 0,8677 | 0,8946 | 0,9141 |
| 16 | 23/01/2017 17:37 | 0,886 | 0,8567 | 0,8494 | 0,8775 | 0,8579 | 0,8689 | 0,8946 | 0,9153 |
| 17 | 23/01/2017 17:38 | 0,8873 | 0,8518 | 0,8506 | 0,875 | 0,8555 | 0,8702 | 0,897 | 0,9166 |
| 18 | 23/01/2017 17:39 | 0,886 | 0,8567 | 0,8494 | 0,8738 | 0,8628 | 0,8702 | 0,8958 | 0,9153 |
| 19 | 23/01/2017 17:40 | 0,8885 | 0,8518 | 0,8506 | 0,8714 | 0,8641 | 0,8702 | 0,8958 | 0,9166 |
| 20 | 23/01/2017 17:41 | 0,8982 | 0,8531 | 0,8457 | 0,8775 | 0,8641 | 0,8616 | 0,8934 | 0,9153 |
| 21 | 23/01/2017 17:42 | 0,886 | 0,8543 | 0,8494 | 0,875 | 0,8653 | 0,8665 | 0,8934 | 0,9129 |
| 22 | 23/01/2017 17:43 | 0,8873 | 0,8518 | 0,8506 | 0,8714 | 0,8641 | 0,8677 | 0,8934 | 0,9153 |
| 23 | 23/01/2017 17:43 | 0,886 | 0,8543 | 0,8457 | 0,8775 | 0,8628 | 0,8628 | 0,8921 | 0,9153 |
| 24 | 23/01/2017 17:44 | 0,8848 | 0,8531 | 0,8506 | 0,8763 | 0,8579 | 0,8653 | 0,8946 | 0,9141 |
| 25 | 23/01/2017 17:45 | 0,8885 | 0,8531 | 0,8494 | 0,8702 | 0,8616 | 0,8799 | 0,8934 | 0,9178 |
| 26 | 23/01/2017 17:46 | 0,8982 | 0,8641 | 0,8506 | 0,8775 | 0,8616 | 0,8702 | 0,8934 | 0,9141 |
| 27 | 23/01/2017 17:48 | 0,8824 | 0,8543 | 0,847 | 0,8714 | 0,8616 | 0,8689 | 0,8897 | 0,9153 |
| 28 | 23/01/2017 17:49 | 0,8873 | 0,8506 | 0,8457 | 0,875 | 0,8555 | 0,8702 | 0,8934 | 0,9117 |

SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS
 AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ
 GRUPO CEMOS
 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

| ID | FECHA | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
|----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 29 | 23/01/2017 17:50 | 0,886 | 0,8518 | 0,8506 | 0,8763 | 0,8641 | 0,8689 | 0,8934 | 0,9178 |
| 30 | 23/01/2017 17:51 | 0,8873 | 0,8543 | 0,8482 | 0,8775 | 0,8555 | 0,8653 | 0,9056 | 0,9166 |
| 31 | 23/01/2017 17:52 | 0,8873 | 0,8518 | 0,8457 | 0,8714 | 0,8616 | 0,8677 | 0,8958 | 0,9141 |
| 32 | 23/01/2017 17:53 | 0,886 | 0,8567 | 0,847 | 0,8702 | 0,8567 | 0,8702 | 0,8946 | 0,9178 |
| 33 | 23/01/2017 17:54 | 0,8873 | 0,8506 | 0,8506 | 0,8726 | 0,8579 | 0,8689 | 0,8934 | 0,9141 |
| 34 | 23/01/2017 17:55 | 0,8848 | 0,8567 | 0,8421 | 0,875 | 0,8641 | 0,8689 | 0,8934 | 0,9105 |
| 35 | 23/01/2017 17:56 | 0,886 | 0,8518 | 0,8457 | 0,8714 | 0,8616 | 0,8775 | 0,8934 | 0,9153 |
| 36 | 23/01/2017 17:58 | 0,8824 | 0,8482 | 0,8518 | 0,875 | 0,8604 | 0,8689 | 0,8897 | 0,9153 |
| 37 | 23/01/2017 17:59 | 0,886 | 0,8543 | 0,8482 | 0,8726 | 0,8616 | 0,8689 | 0,8921 | 0,9141 |
| 38 | 23/01/2017 18:00 | 0,8873 | 0,8506 | 0,8482 | 0,8775 | 0,8531 | 0,8677 | 0,8958 | 0,919 |
| 39 | 23/01/2017 18:01 | 0,886 | 0,8555 | 0,8482 | 0,875 | 0,8616 | 0,8702 | 0,8946 | 0,9153 |
| 40 | 23/01/2017 18:02 | 0,8811 | 0,8506 | 0,8482 | 0,8763 | 0,8641 | 0,8689 | 0,8934 | 0,9117 |
| 41 | 23/01/2017 18:03 | 0,8848 | 0,8518 | 0,8506 | 0,8763 | 0,8628 | 0,8677 | 0,8946 | 0,9092 |
| 42 | 23/01/2017 18:04 | 0,8811 | 0,8531 | 0,8409 | 0,8702 | 0,8531 | 0,8604 | 0,8897 | 0,9153 |
| 43 | 23/01/2017 18:05 | 0,8946 | 0,8457 | 0,847 | 0,8738 | 0,8531 | 0,8677 | 0,8909 | 0,9105 |
| 44 | 23/01/2017 18:06 | 0,8885 | 0,8555 | 0,8494 | 0,8775 | 0,8604 | 0,8677 | 0,8909 | 0,9129 |
| 45 | 23/01/2017 18:08 | 0,8873 | 0,8506 | 0,8482 | 0,875 | 0,8604 | 0,8653 | 0,8934 | 0,9166 |
| 46 | 23/01/2017 18:09 | 0,886 | 0,8543 | 0,847 | 0,8763 | 0,8555 | 0,8689 | 0,8946 | 0,9166 |
| 47 | 23/01/2017 18:10 | 0,8873 | 0,8567 | 0,8421 | 0,8763 | 0,8628 | 0,8702 | 0,8934 | 0,9117 |
| 48 | 23/01/2017 18:11 | 0,8885 | 0,8518 | 0,8433 | 0,875 | 0,8628 | 0,8689 | 0,8946 | 0,9166 |
| 49 | 23/01/2017 18:12 | 0,8885 | 0,8531 | 0,8494 | 0,8763 | 0,8531 | 0,8689 | 0,8897 | 0,9141 |
| 50 | 23/01/2017 18:13 | 0,8811 | 0,8506 | 0,847 | 0,875 | 0,8604 | 0,8628 | 0,8946 | 0,9166 |
| 51 | 23/01/2017 18:14 | 0,886 | 0,8457 | 0,8457 | 0,875 | 0,8604 | 0,8677 | 0,8921 | 0,9153 |
| 52 | 23/01/2017 18:15 | 0,886 | 0,8543 | 0,847 | 0,8702 | 0,8616 | 0,8689 | 0,8897 | 0,9178 |
| 53 | 23/01/2017 18:16 | 0,8873 | 0,8531 | 0,847 | 0,875 | 0,8616 | 0,8677 | 0,8909 | 0,9166 |
| 54 | 23/01/2017 18:17 | 0,8873 | 0,8531 | 0,8482 | 0,8738 | 0,8604 | 0,8689 | 0,8934 | 0,9166 |
| 55 | 23/01/2017 18:19 | 0,886 | 0,8457 | 0,8494 | 0,8702 | 0,8628 | 0,8628 | 0,8921 | 0,9117 |
| 56 | 23/01/2017 18:20 | 0,8958 | 0,8457 | 0,8494 | 0,875 | 0,8616 | 0,8653 | 0,8934 | 0,9166 |
| 57 | 23/01/2017 18:21 | 0,8848 | 0,8506 | 0,847 | 0,8763 | 0,8604 | 0,8628 | 0,8934 | 0,9166 |
| 58 | 23/01/2017 18:22 | 0,8799 | 0,8531 | 0,847 | 0,8775 | 0,8604 | 0,8689 | 0,8921 | 0,9153 |
| 59 | 23/01/2017 18:23 | 0,8873 | 0,8531 | 0,8482 | 0,875 | 0,8616 | 0,8616 | 0,8909 | 0,9178 |
| 60 | 23/01/2017 18:24 | 0,886 | 0,8518 | 0,8494 | 0,8702 | 0,8616 | 0,8677 | 0,8934 | 0,9141 |
| 61 | 23/01/2017 18:25 | 0,8836 | 0,8457 | 0,8482 | 0,8738 | 0,8604 | 0,8653 | 0,8897 | 0,9141 |
| 62 | 23/01/2017 18:26 | 0,8848 | 0,8457 | 0,8457 | 0,8738 | 0,8628 | 0,8665 | 0,8921 | 0,9117 |
| 63 | 23/01/2017 18:27 | 0,8946 | 0,8531 | 0,8494 | 0,8738 | 0,8567 | 0,8689 | 0,8897 | 0,9105 |
| 64 | 23/01/2017 18:29 | 0,886 | 0,8531 | 0,8482 | 0,875 | 0,8616 | 0,8689 | 0,8921 | 0,9166 |
| 65 | 23/01/2017 18:30 | 0,8873 | 0,8518 | 0,8482 | 0,8738 | 0,8604 | 0,8677 | 0,8934 | 0,9129 |
| 66 | 23/01/2017 18:31 | 0,8836 | 0,8506 | 0,8494 | 0,8738 | 0,8567 | 0,8677 | 0,8909 | 0,9092 |
| 67 | 23/01/2017 18:32 | 0,8873 | 0,8518 | 0,8409 | 0,8738 | 0,8604 | 0,8689 | 0,8921 | 0,9141 |
| 68 | 23/01/2017 18:33 | 0,8811 | 0,8518 | 0,8494 | 0,8714 | 0,8592 | 0,8616 | 0,8934 | 0,9141 |
| 69 | 23/01/2017 18:34 | 0,8811 | 0,8531 | 0,8421 | 0,8702 | 0,8616 | 0,8689 | 0,8934 | 0,9141 |
| 70 | 23/01/2017 18:35 | 0,8836 | 0,8518 | 0,8421 | 0,8702 | 0,8604 | 0,8677 | 0,8946 | 0,9153 |
| 71 | 23/01/2017 18:36 | 0,886 | 0,8518 | 0,8457 | 0,8702 | 0,8616 | 0,8604 | 0,8897 | 0,9141 |
| 72 | 23/01/2017 18:37 | 0,8811 | 0,8457 | 0,847 | 0,8738 | 0,8604 | 0,8689 | 0,8946 | 0,9105 |
| 73 | 23/01/2017 18:39 | 0,886 | 0,8567 | 0,8421 | 0,875 | 0,8592 | 0,8665 | 0,8897 | 0,9141 |
| 74 | 23/01/2017 18:40 | 0,8799 | 0,8518 | 0,8482 | 0,8738 | 0,8579 | 0,8677 | 0,8921 | 0,9166 |

SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS
 AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ
 GRUPO CEMOS
 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

| ID | FECHA | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
|-----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 75 | 23/01/2017 18:40 | 0,8799 | 0,8531 | 0,847 | 0,8726 | 0,8567 | 0,8665 | 0,8897 | 0,9141 |
| 76 | 23/01/2017 18:41 | 0,8873 | 0,8506 | 0,8409 | 0,8702 | 0,8604 | 0,8689 | 0,8909 | 0,9141 |
| 77 | 23/01/2017 18:42 | 0,8848 | 0,8531 | 0,8482 | 0,875 | 0,8567 | 0,8665 | 0,8909 | 0,9129 |
| 78 | 23/01/2017 18:44 | 0,9227 | 0,8873 | 0,8848 | 0,908 | 0,886 | 0,9031 | 0,9251 | 0,9495 |
| 79 | 23/01/2017 18:45 | 0,9227 | 0,8885 | 0,8836 | 0,908 | 0,8873 | 0,9019 | 0,919 | 0,9434 |
| 80 | 23/01/2017 18:46 | 0,9153 | 0,8885 | 0,8836 | 0,9043 | 0,8811 | 0,9031 | 0,9263 | 0,9483 |
| 81 | 23/01/2017 18:47 | 0,9141 | 0,886 | 0,8848 | 0,9105 | 0,8873 | 0,9043 | 0,9263 | 0,9434 |
| 82 | 23/01/2017 18:48 | 0,9227 | 0,8848 | 0,8836 | 0,9092 | 0,886 | 0,9031 | 0,9263 | 0,9483 |
| 83 | 23/01/2017 18:49 | 0,9214 | 0,886 | 0,8811 | 0,9092 | 0,8885 | 0,9031 | 0,9349 | 0,9446 |
| 84 | 23/01/2017 18:50 | 0,9202 | 0,886 | 0,8811 | 0,919 | 0,8873 | 0,8995 | 0,9239 | 0,9434 |
| 85 | 23/01/2017 18:51 | 0,919 | 0,886 | 0,8836 | 0,9092 | 0,8873 | 0,897 | 0,9251 | 0,9471 |
| 86 | 23/01/2017 18:52 | 0,9153 | 0,8848 | 0,8836 | 0,9068 | 0,8848 | 0,9007 | 0,919 | 0,9544 |
| 87 | 23/01/2017 18:52 | 0,9202 | 0,886 | 0,8799 | 0,9056 | 0,8873 | 0,9007 | 0,919 | 0,9471 |
| 88 | 23/01/2017 18:53 | 0,9214 | 0,886 | 0,8824 | 0,9043 | 0,886 | 0,8995 | 0,9227 | 0,9459 |
| 89 | 23/01/2017 18:55 | 0,9202 | 0,8799 | 0,8836 | 0,9092 | 0,886 | 0,9092 | 0,9239 | 0,9507 |
| 90 | 23/01/2017 18:56 | 0,919 | 0,8873 | 0,8799 | 0,908 | 0,8873 | 0,8995 | 0,9239 | 0,9483 |
| 91 | 23/01/2017 18:57 | 0,9153 | 0,8873 | 0,8836 | 0,9092 | 0,886 | 0,9019 | 0,9288 | 0,9483 |
| 92 | 23/01/2017 18:58 | 0,9214 | 0,8873 | 0,8799 | 0,9019 | 0,8873 | 0,9031 | 0,9227 | 0,9483 |
| 93 | 23/01/2017 18:59 | 0,919 | 0,886 | 0,8811 | 0,9068 | 0,8885 | 0,9019 | 0,9239 | 0,9507 |
| 94 | 23/01/2017 19:00 | 0,9214 | 0,8897 | 0,8811 | 0,9092 | 0,8799 | 0,9043 | 0,9239 | 0,9507 |
| 95 | 23/01/2017 19:01 | 0,919 | 0,8824 | 0,8799 | 0,9105 | 0,8873 | 0,897 | 0,9251 | 0,9495 |
| 96 | 23/01/2017 19:02 | 0,9214 | 0,8873 | 0,8848 | 0,908 | 0,8885 | 0,9031 | 0,9202 | 0,952 |
| 97 | 23/01/2017 19:03 | 0,9214 | 0,8885 | 0,8799 | 0,9056 | 0,8848 | 0,9019 | 0,9239 | 0,9495 |
| 98 | 23/01/2017 19:05 | 0,9227 | 0,8873 | 0,8824 | 0,9092 | 0,8824 | 0,8995 | 0,9239 | 0,9483 |
| 99 | 23/01/2017 19:06 | 0,9239 | 0,8873 | 0,8799 | 0,908 | 0,886 | 0,9007 | 0,9239 | 0,9495 |
| 100 | 23/01/2017 19:07 | 0,9227 | 0,8873 | 0,8836 | 0,908 | 0,8799 | 0,9043 | 0,9202 | 0,9495 |
| 101 | 23/01/2017 19:08 | 0,919 | 0,8873 | 0,8799 | 0,908 | 0,886 | 0,9019 | 0,919 | 0,9532 |
| 102 | 23/01/2017 19:09 | 0,9202 | 0,8848 | 0,8799 | 0,9092 | 0,886 | 0,9031 | 0,9361 | 0,9507 |
| 103 | 23/01/2017 19:10 | 0,9202 | 0,8799 | 0,8836 | 0,9092 | 0,8873 | 0,9019 | 0,9227 | 0,952 |
| 104 | 23/01/2017 19:11 | 0,9202 | 0,8811 | 0,8811 | 0,9105 | 0,8824 | 0,9043 | 0,9251 | 0,9532 |
| 105 | 23/01/2017 19:12 | 0,9214 | 0,8873 | 0,8811 | 0,908 | 0,8885 | 0,9031 | 0,9263 | 0,9556 |
| 106 | 23/01/2017 19:13 | 0,9202 | 0,8811 | 0,8824 | 0,9043 | 0,8873 | 0,9007 | 0,9239 | 0,9544 |
| 107 | 23/01/2017 19:14 | 0,9227 | 0,8873 | 0,8836 | 0,9105 | 0,8811 | 0,9031 | 0,9239 | 0,9544 |
| 108 | 23/01/2017 19:16 | 0,9239 | 0,886 | 0,8799 | 0,9117 | 0,886 | 0,9043 | 0,9275 | 0,9556 |
| 109 | 23/01/2017 19:17 | 0,919 | 0,8873 | 0,8824 | 0,919 | 0,8873 | 0,9043 | 0,9227 | 0,9556 |
| 110 | 23/01/2017 19:18 | 0,9227 | 0,8873 | 0,8799 | 0,9056 | 0,8873 | 0,9031 | 0,9202 | 0,9556 |
| 111 | 23/01/2017 19:19 | 0,9239 | 0,8873 | 0,8824 | 0,9105 | 0,886 | 0,8995 | 0,9239 | 0,9581 |
| 112 | 23/01/2017 19:20 | 0,9263 | 0,886 | 0,8848 | 0,9105 | 0,8873 | 0,9019 | 0,9288 | 0,9556 |
| 113 | 23/01/2017 19:21 | 0,9239 | 0,8885 | 0,886 | 0,9105 | 0,8897 | 0,9019 | 0,919 | 0,9581 |
| 114 | 23/01/2017 19:22 | 0,9239 | 0,8885 | 0,8848 | 0,9129 | 0,8885 | 0,9056 | 0,9312 | 0,9556 |
| 115 | 23/01/2017 19:23 | 0,9251 | 0,886 | 0,8799 | 0,9129 | 0,8885 | 0,9056 | 0,9239 | 0,9593 |
| 116 | 23/01/2017 19:24 | 0,9275 | 0,8885 | 0,886 | 0,9105 | 0,8848 | 0,9056 | 0,9263 | 0,9605 |
| 117 | 23/01/2017 19:25 | 0,9288 | 0,8909 | 0,8799 | 0,9129 | 0,8873 | 0,9043 | 0,9288 | 0,9581 |
| 118 | 23/01/2017 19:26 | 0,9275 | 0,8934 | 0,8873 | 0,9092 | 0,8909 | 0,8995 | 0,9275 | 0,9605 |
| 119 | 23/01/2017 19:27 | 0,9275 | 0,8909 | 0,8873 | 0,9141 | 0,8897 | 0,9056 | 0,9288 | 0,9581 |
| 120 | 23/01/2017 19:28 | 0,9251 | 0,8897 | 0,8848 | 0,9129 | 0,8921 | 0,9043 | 0,9288 | 0,9605 |

SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS
 AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ
 GRUPO CEMOS
 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

| ID | FECHA | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
|-----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 121 | 23/01/2017 19:29 | 0,9214 | 0,8921 | 0,8897 | 0,9092 | 0,8885 | 0,9068 | 0,9239 | 0,9617 |
| 122 | 23/01/2017 19:30 | 0,9239 | 0,8897 | 0,8848 | 0,9117 | 0,8897 | 0,9056 | 0,9251 | 0,9605 |
| 123 | 23/01/2017 19:31 | 0,9275 | 0,886 | 0,886 | 0,9166 | 0,8897 | 0,9019 | 0,9275 | 0,9605 |
| 124 | 23/01/2017 19:32 | 0,9288 | 0,8897 | 0,8836 | 0,9153 | 0,8921 | 0,9043 | 0,9251 | 0,9617 |
| 125 | 23/01/2017 19:33 | 0,9288 | 0,8909 | 0,8885 | 0,9092 | 0,8909 | 0,9068 | 0,9275 | 0,9605 |
| 126 | 23/01/2017 19:34 | 0,9288 | 0,8897 | 0,886 | 0,9117 | 0,8921 | 0,8995 | 0,9263 | 0,9593 |
| 127 | 23/01/2017 19:36 | 0,9312 | 0,8897 | 0,886 | 0,9153 | 0,8897 | 0,9068 | 0,9288 | 0,9642 |
| 128 | 23/01/2017 19:36 | 0,9275 | 0,8897 | 0,8873 | 0,9092 | 0,8885 | 0,9068 | 0,9239 | 0,9593 |
| 129 | 23/01/2017 19:37 | 0,9288 | 0,8921 | 0,8873 | 0,9141 | 0,8897 | 0,9068 | 0,93 | 0,9593 |
| 130 | 23/01/2017 19:38 | 0,9251 | 0,8848 | 0,8873 | 0,9129 | 0,8885 | 0,9043 | 0,9288 | 0,9593 |
| 131 | 23/01/2017 19:39 | 0,9288 | 0,8885 | 0,886 | 0,9141 | 0,8909 | 0,908 | 0,9251 | 0,9605 |
| 132 | 23/01/2017 19:40 | 0,9275 | 0,8897 | 0,886 | 0,9129 | 0,8897 | 0,8995 | 0,9275 | 0,9556 |
| 133 | 23/01/2017 19:41 | 0,9288 | 0,8885 | 0,8824 | 0,9092 | 0,8897 | 0,9043 | 0,9214 | 0,9605 |
| 134 | 23/01/2017 19:42 | 0,9239 | 0,8897 | 0,8873 | 0,9153 | 0,8885 | 0,9043 | 0,9239 | 0,9593 |
| 135 | 23/01/2017 19:43 | 0,9275 | 0,886 | 0,8799 | 0,9092 | 0,8909 | 0,9056 | 0,9275 | 0,9568 |
| 137 | 23/01/2017 19:45 | 0,9288 | 0,8897 | 0,8873 | 0,9092 | 0,8897 | 0,9056 | 0,9251 | 0,9593 |
| 138 | 23/01/2017 19:47 | 0,93 | 0,8848 | 0,8873 | 0,9141 | 0,8897 | 0,8995 | 0,9275 | 0,9581 |
| 139 | 23/01/2017 19:48 | 0,9275 | 0,8909 | 0,886 | 0,9141 | 0,8897 | 0,9056 | 0,9239 | 0,9593 |
| 140 | 23/01/2017 19:49 | 0,9239 | 0,8921 | 0,8873 | 0,9129 | 0,8921 | 0,9056 | 0,9214 | 0,9556 |
| 141 | 23/01/2017 19:49 | 0,9214 | 0,8897 | 0,8848 | 0,9129 | 0,8848 | 0,9007 | 0,9275 | 0,9593 |
| 142 | 23/01/2017 19:50 | 0,9251 | 0,8897 | 0,8799 | 0,9117 | 0,8873 | 0,897 | 0,9263 | 0,9581 |
| 143 | 23/01/2017 19:52 | 0,9239 | 0,8897 | 0,8836 | 0,9105 | 0,8824 | 0,9031 | 0,919 | 0,9544 |
| 144 | 23/01/2017 19:53 | 0,9239 | 0,8885 | 0,886 | 0,9105 | 0,886 | 0,8995 | 0,9263 | 0,9556 |
| 145 | 23/01/2017 19:54 | 0,9275 | 0,8873 | 0,8811 | 0,9141 | 0,8848 | 0,8995 | 0,919 | 0,9544 |
| 146 | 23/01/2017 19:55 | 0,9202 | 0,8848 | 0,8836 | 0,9105 | 0,8873 | 0,9092 | 0,9251 | 0,9581 |
| 147 | 23/01/2017 19:56 | 0,9202 | 0,8799 | 0,8811 | 0,9105 | 0,8873 | 0,897 | 0,9227 | 0,9568 |
| 148 | 23/01/2017 19:57 | 0,9239 | 0,886 | 0,8848 | 0,9105 | 0,8873 | 0,9019 | 0,9239 | 0,9568 |
| 149 | 23/01/2017 19:58 | 0,9202 | 0,8848 | 0,8811 | 0,9092 | 0,8824 | 0,9019 | 0,9239 | 0,9568 |
| 150 | 23/01/2017 19:59 | 0,9239 | 0,8873 | 0,8836 | 0,9092 | 0,8885 | 0,8946 | 0,9202 | 0,9568 |
| 151 | 23/01/2017 20:00 | 0,9398 | 0,8885 | 0,8848 | 0,9166 | 0,9105 | 0,9141 | 0,9349 | 0,9788 |
| 152 | 23/01/2017 20:02 | 0,9398 | 0,8897 | 0,8885 | 0,9214 | 0,9129 | 0,9105 | 0,9349 | 0,9788 |
| 153 | 23/01/2017 20:03 | 0,9471 | 0,8958 | 0,8946 | 0,9239 | 0,9117 | 0,9263 | 0,9361 | 0,98 |
| 154 | 23/01/2017 20:04 | 0,9459 | 0,8995 | 0,8958 | 0,9239 | 0,9117 | 0,9153 | 0,9373 | 0,9776 |
| 155 | 23/01/2017 20:05 | 0,9434 | 0,8995 | 0,897 | 0,9251 | 0,9105 | 0,9153 | 0,9336 | 0,9825 |
| 156 | 23/01/2017 20:06 | 0,941 | 0,9007 | 0,8946 | 0,9214 | 0,9117 | 0,9105 | 0,93 | 0,98 |
| 157 | 23/01/2017 20:07 | 0,9459 | 0,8946 | 0,8982 | 0,9239 | 0,9129 | 0,9105 | 0,9349 | 0,9813 |
| 158 | 23/01/2017 20:08 | 0,9483 | 0,8958 | 0,9007 | 0,919 | 0,9141 | 0,9141 | 0,9349 | 0,9776 |
| 159 | 23/01/2017 20:09 | 0,9483 | 0,8921 | 0,8982 | 0,9227 | 0,9117 | 0,9141 | 0,9336 | 0,98 |
| 160 | 23/01/2017 20:10 | 0,9434 | 0,9007 | 0,897 | 0,9202 | 0,9092 | 0,9105 | 0,9336 | 0,98 |
| 161 | 23/01/2017 20:11 | 0,9483 | 0,8982 | 0,8982 | 0,919 | 0,9092 | 0,9166 | 0,9336 | 0,9825 |
| 162 | 23/01/2017 20:13 | 0,9507 | 0,8995 | 0,8982 | 0,9214 | 0,9092 | 0,9153 | 0,9361 | 0,9849 |
| 163 | 23/01/2017 20:14 | 0,9483 | 0,8946 | 0,8897 | 0,9239 | 0,9129 | 0,9129 | 0,93 | 0,9825 |
| 164 | 23/01/2017 20:15 | 0,9495 | 0,8958 | 0,8982 | 0,9227 | 0,9105 | 0,9153 | 0,9288 | 0,9837 |
| 165 | 23/01/2017 20:16 | 0,9544 | 0,8995 | 0,8995 | 0,9202 | 0,9129 | 0,9153 | 0,9349 | 0,9825 |
| 166 | 23/01/2017 20:17 | 0,9532 | 0,8995 | 0,8946 | 0,9263 | 0,9105 | 0,9105 | 0,9361 | 0,9837 |
| 167 | 23/01/2017 20:18 | 0,9507 | 0,8995 | 0,897 | 0,919 | 0,9092 | 0,9092 | 0,9373 | 0,9825 |

SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS
 AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ
 GRUPO CEMOS
 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

| ID | FECHA | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
|-----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 168 | 23/01/2017 20:19 | 0,9483 | 0,9007 | 0,8995 | 0,919 | 0,9117 | 0,9153 | 0,9336 | 0,9849 |
| 169 | 23/01/2017 20:19 | 0,9483 | 0,9007 | 0,8982 | 0,9227 | 0,9129 | 0,9166 | 0,9349 | 0,9874 |
| 170 | 23/01/2017 20:20 | 0,952 | 0,8995 | 0,8995 | 0,9202 | 0,9129 | 0,9153 | 0,9361 | 0,9874 |
| 171 | 23/01/2017 20:20 | 0,9532 | 0,9007 | 0,897 | 0,9239 | 0,9105 | 0,9105 | 0,9349 | 0,9825 |
| 172 | 23/01/2017 20:21 | 0,9507 | 0,8995 | 0,8982 | 0,9263 | 0,9105 | 0,9153 | 0,9336 | 0,9849 |
| 173 | 23/01/2017 20:22 | 0,952 | 0,8995 | 0,8995 | 0,9251 | 0,9117 | 0,9153 | 0,9336 | 0,9862 |
| 174 | 23/01/2017 20:22 | 0,9532 | 0,8958 | 0,8958 | 0,9239 | 0,9117 | 0,9105 | 0,9361 | 0,9874 |
| 175 | 23/01/2017 20:23 | 0,9495 | 0,8982 | 0,8921 | 0,9202 | 0,9092 | 0,9105 | 0,9361 | 0,9874 |
| 176 | 23/01/2017 20:23 | 0,952 | 0,9019 | 0,8995 | 0,9239 | 0,9105 | 0,9166 | 0,9361 | 0,9849 |
| 177 | 23/01/2017 20:24 | 0,9544 | 0,9007 | 0,8982 | 0,9251 | 0,9105 | 0,9153 | 0,9361 | 0,9874 |
| 178 | 23/01/2017 20:25 | 0,952 | 0,8958 | 0,8982 | 0,9227 | 0,9117 | 0,9117 | 0,9373 | 0,9874 |
| 179 | 23/01/2017 20:27 | 0,9532 | 0,9019 | 0,9007 | 0,9239 | 0,9129 | 0,9141 | 0,9361 | 0,9874 |
| 180 | 23/01/2017 20:28 | 0,952 | 0,8995 | 0,8982 | 0,9263 | 0,9117 | 0,9166 | 0,9385 | 0,9886 |
| 181 | 23/01/2017 20:29 | 0,952 | 0,9019 | 0,8982 | 0,9251 | 0,9129 | 0,9166 | 0,9349 | 0,9874 |
| 182 | 23/01/2017 20:30 | 0,9507 | 0,8982 | 0,897 | 0,9202 | 0,9092 | 0,9105 | 0,9361 | 0,9886 |
| 183 | 23/01/2017 20:31 | 0,952 | 0,8995 | 0,8995 | 0,9239 | 0,9105 | 0,9166 | 0,9312 | 0,9886 |
| 184 | 23/01/2017 20:32 | 0,9532 | 0,9007 | 0,9007 | 0,9214 | 0,9129 | 0,9141 | 0,9349 | 0,9886 |
| 185 | 23/01/2017 20:33 | 0,9495 | 0,9007 | 0,8982 | 0,9227 | 0,9141 | 0,9105 | 0,9361 | 0,9886 |
| 186 | 23/01/2017 20:34 | 0,9495 | 0,8946 | 0,9019 | 0,9251 | 0,9105 | 0,9166 | 0,9361 | 0,9923 |
| 187 | 23/01/2017 20:35 | 0,9483 | 0,8995 | 0,908 | 0,9251 | 0,9105 | 0,9153 | 0,9336 | 0,9886 |
| 188 | 23/01/2017 20:37 | 0,952 | 0,8946 | 0,8982 | 0,9239 | 0,9117 | 0,9141 | 0,9288 | 0,9898 |
| 189 | 23/01/2017 20:38 | 0,952 | 0,8995 | 0,9019 | 0,9263 | 0,9105 | 0,9166 | 0,9349 | 0,9886 |
| 190 | 23/01/2017 20:39 | 0,9507 | 0,8982 | 0,8982 | 0,9288 | 0,9092 | 0,9129 | 0,9349 | 0,9886 |
| 191 | 23/01/2017 20:39 | 0,952 | 0,8958 | 0,8995 | 0,919 | 0,9117 | 0,9153 | 0,9361 | 0,9923 |
| 192 | 23/01/2017 20:40 | 0,9507 | 0,8995 | 0,8946 | 0,9239 | 0,9105 | 0,9166 | 0,9349 | 0,9898 |
| 193 | 23/01/2017 20:41 | 0,9495 | 0,8995 | 0,8982 | 0,9263 | 0,9129 | 0,9141 | 0,9336 | 0,9886 |
| 194 | 23/01/2017 20:43 | 0,952 | 0,8995 | 0,9019 | 0,9239 | 0,9105 | 0,9141 | 0,93 | 0,9898 |
| 195 | 23/01/2017 20:44 | 0,952 | 0,8995 | 0,8982 | 0,9239 | 0,9129 | 0,9153 | 0,9349 | 0,9886 |
| 196 | 23/01/2017 20:45 | 0,9532 | 0,9007 | 0,8982 | 0,9166 | 0,9105 | 0,9166 | 0,9312 | 0,991 |
| 197 | 23/01/2017 20:46 | 0,9532 | 0,9007 | 0,8982 | 0,9263 | 0,9129 | 0,9117 | 0,9336 | 0,9886 |
| 198 | 23/01/2017 20:47 | 0,9495 | 0,8982 | 0,8982 | 0,9227 | 0,9092 | 0,9105 | 0,93 | 0,991 |
| 199 | 23/01/2017 20:48 | 0,9495 | 0,8982 | 0,8995 | 0,9251 | 0,9105 | 0,9153 | 0,9349 | 0,9923 |
| 200 | 23/01/2017 20:48 | 0,9019 | 0,8921 | 0,9007 | 0,9263 | 0,9141 | 0,9141 | 0,9764 | 1,0435 |
| 201 | 23/01/2017 20:49 | 1,0008 | 0,9495 | 0,9959 | 0,9959 | 0,9361 | 0,9593 | 0,9849 | 1,046 |
| 202 | 23/01/2017 20:49 | 1,002 | 0,952 | 1,0203 | 0,9959 | 0,9312 | 0,9593 | 0,9788 | 1,0411 |
| 203 | 23/01/2017 20:50 | 0,9971 | 0,9495 | 1,0179 | 0,9971 | 0,9349 | 0,9617 | 0,9788 | 1,0472 |
| 204 | 23/01/2017 20:50 | 1,0032 | 0,9495 | 1,0167 | 0,9971 | 0,9349 | 0,9605 | 0,9837 | 1,0435 |
| 205 | 23/01/2017 20:51 | 1,0032 | 0,952 | 1,0191 | 0,9984 | 0,93 | 0,9617 | 0,9837 | 1,0472 |
| 206 | 23/01/2017 20:51 | 1,002 | 0,9483 | 1,0203 | 0,9996 | 0,9336 | 0,9593 | 0,9837 | 1,046 |
| 207 | 23/01/2017 20:52 | 1,0032 | 0,9495 | 1,0216 | 1,002 | 0,9349 | 0,9642 | 0,9825 | 1,046 |
| 208 | 23/01/2017 20:53 | 1,0032 | 0,9532 | 1,0228 | 1,0032 | 0,9336 | 0,9617 | 0,9776 | 1,0484 |
| 209 | 23/01/2017 20:53 | 1,002 | 0,9483 | 1,0228 | 0,9984 | 0,9349 | 0,9617 | 0,9825 | 1,0509 |
| 210 | 23/01/2017 20:54 | 1,002 | 0,952 | 1,0252 | 1,0045 | 0,9336 | 0,9617 | 0,9849 | 1,0472 |
| 211 | 23/01/2017 20:54 | 0,9996 | 0,9507 | 1,0264 | 0,9984 | 0,9336 | 0,9605 | 0,9825 | 1,0435 |
| 212 | 23/01/2017 20:55 | 1,0032 | 0,9507 | 1,0277 | 0,9996 | 0,9312 | 0,9617 | 0,9849 | 1,0472 |
| 213 | 23/01/2017 20:55 | 1,002 | 0,9495 | 1,0301 | 1,0008 | 0,9349 | 0,9605 | 0,9776 | 1,0484 |

| SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ | | | | | | | | | |
| GRUPO CEMOS | | | | | | | | | |
| UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER | | | | | | | | | |
| ID | FECHA | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
| 214 | 23/01/2017 20:56 | 1,0032 | 0,9605 | 1,0313 | 0,9984 | 0,9336 | 0,9605 | 0,9837 | 1,0496 |
| 215 | 23/01/2017 20:57 | 1,002 | 0,9495 | 1,0313 | 0,9996 | 0,9349 | 0,9556 | 0,9825 | 1,0484 |
| 216 | 23/01/2017 20:17 | 0,9996 | 0,9483 | 1,0338 | 0,9996 | 0,9349 | 0,9654 | 0,98 | 1,0435 |
| 217 | 23/01/2017 21:05 | 1,002 | 0,9507 | 1,0362 | 1,0032 | 0,9361 | 0,9617 | 0,98 | 1,0496 |
| 218 | 23/01/2017 21:07 | 1,0032 | 0,952 | 1,0142 | 0,9947 | 0,93 | 0,9617 | 0,9825 | 1,0509 |
| 219 | 23/01/2017 21:08 | 1,0032 | 0,9495 | 1,013 | 0,9935 | 0,9349 | 0,9556 | 0,9849 | 1,0484 |
| 220 | 23/01/2017 21:09 | 1,0032 | 0,9483 | 1,013 | 0,9923 | 0,9361 | 0,963 | 0,9825 | 1,0496 |
| 221 | 23/01/2017 21:10 | 1,0057 | 0,9507 | 1,0142 | 0,9935 | 0,9349 | 0,9617 | 0,9788 | 1,0496 |
| 222 | 23/01/2017 21:11 | 1,0045 | 0,952 | 1,0118 | 0,9935 | 0,9349 | 0,9642 | 0,9837 | 1,0496 |
| 223 | 23/01/2017 21:12 | 1,0045 | 0,9495 | 1,0142 | 0,9923 | 0,9361 | 0,9593 | 0,9837 | 1,0509 |
| 224 | 23/01/2017 21:13 | 1,002 | 0,9483 | 1,013 | 0,9898 | 0,9288 | 0,9581 | 0,9837 | 1,0484 |
| 225 | 23/01/2017 21:14 | 1,002 | 0,9507 | 1,0155 | 0,9935 | 0,9361 | 0,9617 | 0,9837 | 1,0496 |
| 226 | 23/01/2017 21:15 | 1,0081 | 0,952 | 1,0094 | 0,9935 | 0,9349 | 0,9617 | 0,9825 | 1,0496 |
| 227 | 23/01/2017 21:17 | 1,002 | 0,9483 | 1,013 | 0,9935 | 0,9349 | 0,9642 | 0,9849 | 1,0521 |
| 228 | 23/01/2017 21:18 | 1,0032 | 0,9507 | 1,013 | 0,9923 | 0,9349 | 0,9617 | 0,9862 | 1,0521 |
| 229 | 23/01/2017 21:19 | 1,0045 | 0,9495 | 1,0094 | 0,9935 | 0,93 | 0,9642 | 0,9874 | 1,0533 |
| 230 | 23/01/2017 21:20 | 1,0045 | 0,952 | 1,0167 | 0,9874 | 0,9361 | 0,9617 | 0,9849 | 1,0533 |
| 231 | 23/01/2017 21:21 | 1,002 | 0,9495 | 1,0155 | 0,9935 | 0,9349 | 0,9654 | 0,98 | 1,0533 |
| 232 | 23/01/2017 21:22 | 1,0045 | 0,9483 | 1,0094 | 0,9935 | 0,9361 | 0,9666 | 0,9849 | 1,0521 |
| 233 | 23/01/2017 21:23 | 1,0045 | 0,952 | 1,0118 | 0,9935 | 0,9373 | 0,9654 | 0,9874 | 1,0509 |
| 234 | 23/01/2017 21:24 | 1,0045 | 0,9483 | 1,013 | 0,9935 | 0,9312 | 0,963 | 0,9825 | 1,0533 |
| 235 | 23/01/2017 21:25 | 1,0032 | 0,9507 | 1,013 | 0,9935 | 0,9361 | 0,963 | 0,9849 | 1,0521 |
| 236 | 23/01/2017 21:26 | 1,002 | 0,9483 | 1,0142 | 0,9959 | 0,9336 | 0,963 | 0,9825 | 1,0521 |
| 237 | 23/01/2017 21:28 | 1,0045 | 0,9532 | 1,013 | 0,9947 | 0,9373 | 0,9593 | 0,98 | 1,0545 |
| 238 | 23/01/2017 21:29 | 1,0069 | 0,9483 | 1,0155 | 0,9959 | 0,9385 | 0,963 | 0,9825 | 1,0545 |
| 239 | 23/01/2017 21:30 | 1,0032 | 0,952 | 1,0142 | 0,9935 | 0,9349 | 0,963 | 0,9862 | 1,0545 |
| 240 | 23/01/2017 21:31 | 1,0045 | 0,9495 | 1,0142 | 0,9959 | 0,9336 | 0,9654 | 0,9849 | 1,0545 |
| 241 | 23/01/2017 21:32 | 1,0057 | 0,9483 | 1,0155 | 0,9959 | 0,9361 | 0,9605 | 0,9874 | 1,0533 |
| 242 | 23/01/2017 21:33 | 1,002 | 0,952 | 1,0142 | 1,0045 | 0,9373 | 0,9642 | 0,9862 | 1,0509 |
| 243 | 23/01/2017 21:34 | 1,0045 | 0,9483 | 1,0118 | 0,9898 | 0,9373 | 0,963 | 0,9862 | 1,0545 |
| 244 | 23/01/2017 21:35 | 1,0032 | 0,952 | 1,0142 | 0,9959 | 0,9361 | 0,9617 | 0,9862 | 1,0533 |
| 245 | 23/01/2017 21:36 | 1,0032 | 0,952 | 1,0155 | 0,9923 | 0,9349 | 0,9593 | 0,9849 | 1,0509 |
| 246 | 23/01/2017 21:38 | 1,0032 | 0,952 | 1,0142 | 0,9947 | 0,9288 | 0,963 | 0,9837 | 1,0545 |
| 247 | 23/01/2017 21:39 | 0,9996 | 0,9495 | 1,0228 | 0,9923 | 0,93 | 0,9581 | 0,9849 | 1,0533 |
| 248 | 23/01/2017 21:40 | 1,0057 | 0,952 | 1,0155 | 0,9923 | 0,9361 | 0,9642 | 0,9862 | 1,0545 |
| 249 | 23/01/2017 21:41 | 1,0045 | 0,9495 | 1,013 | 0,9923 | 0,9385 | 0,9581 | 0,9849 | 1,0545 |
| 250 | 23/01/2017 21:42 | 1,0032 | 0,952 | 1,0142 | 0,9947 | 0,9385 | 0,9642 | 0,9959 | 1,0545 |

B.2. Prueba N° 2

En la siguiente tabla se pueden apreciar los datos que se descargan de la página web y luego son vistos en Excel.

Datos prueba N° 2

| SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ | | | | | | | | | |
| GRUPO CEMOS | | | | | | | | | |
| UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER | | | | | | | | | |
| ID | FECHA | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
| 1 | 24/01/2017 15:14 | 0,9368 | 0,9336 | 0,9398 | 0,9312 | 0,9332 | 0,9376 | 0,9338 | 0,9367 |
| 2 | 24/01/2017 15:14 | 0,9495 | 0,9666 | 0,9544 | 0,9703 | 0,9544 | 0,9507 | 0,9776 | 0,9849 |
| 3 | 24/01/2017 15:16 | 0,9507 | 0,963 | 0,9556 | 0,9776 | 0,9568 | 0,9532 | 0,9813 | 0,9837 |
| 4 | 24/01/2017 15:17 | 0,9495 | 0,9666 | 0,9556 | 0,9776 | 0,9532 | 0,9544 | 0,9813 | 0,9874 |
| 5 | 24/01/2017 15:18 | 0,9483 | 0,9678 | 0,9568 | 0,9752 | 0,9532 | 0,9568 | 0,9813 | 0,9898 |
| 6 | 24/01/2017 15:19 | 0,9532 | 0,9666 | 0,9593 | 0,9813 | 0,9556 | 0,9593 | 0,9788 | 0,9874 |
| 7 | 24/01/2017 15:20 | 0,9495 | 0,9678 | 0,9581 | 0,9776 | 0,9581 | 0,9605 | 0,9825 | 0,9862 |
| 8 | 24/01/2017 15:21 | 0,9544 | 0,9678 | 0,9593 | 0,9898 | 0,9593 | 0,9617 | 0,9837 | 0,9898 |
| 9 | 24/01/2017 15:22 | 0,9507 | 0,9703 | 0,9581 | 0,9813 | 0,9605 | 0,963 | 0,9825 | 0,9886 |
| 10 | 24/01/2017 15:23 | 0,9532 | 0,9691 | 0,9605 | 0,98 | 0,9617 | 0,9642 | 0,9849 | 0,991 |
| 11 | 24/01/2017 15:24 | 0,9532 | 0,9691 | 0,9581 | 0,9813 | 0,9568 | 0,9666 | 0,9813 | 0,9886 |
| 12 | 24/01/2017 15:25 | 0,9544 | 0,9678 | 0,9593 | 0,9813 | 0,9593 | 0,9593 | 0,9776 | 0,9886 |
| 13 | 24/01/2017 15:27 | 0,952 | 0,9715 | 0,9532 | 0,9825 | 0,9556 | 0,9642 | 0,9776 | 0,9874 |
| 14 | 24/01/2017 15:28 | 0,952 | 0,9691 | 0,9593 | 0,9862 | 0,9593 | 0,963 | 0,9813 | 0,9898 |
| 15 | 24/01/2017 15:29 | 0,9507 | 0,9691 | 0,9605 | 0,9837 | 0,9593 | 0,9642 | 0,9813 | 0,991 |
| 16 | 24/01/2017 15:30 | 0,9544 | 0,9678 | 0,9593 | 0,9837 | 0,9581 | 0,9593 | 0,9788 | 0,9923 |
| 17 | 24/01/2017 15:31 | 0,9495 | 0,9715 | 0,9593 | 0,9837 | 0,9617 | 0,9642 | 0,9837 | 0,991 |
| 18 | 24/01/2017 15:32 | 0,9532 | 0,9691 | 0,9593 | 0,9825 | 0,9581 | 0,9654 | 0,9776 | 0,9886 |
| 19 | 24/01/2017 15:33 | 0,9532 | 0,9703 | 0,9605 | 0,9837 | 0,9532 | 0,9666 | 0,9837 | 0,9923 |
| 20 | 24/01/2017 15:34 | 0,9568 | 0,9727 | 0,9593 | 0,9837 | 0,9605 | 0,9654 | 0,9837 | 0,9947 |
| 21 | 24/01/2017 15:35 | 0,9544 | 0,9715 | 0,9605 | 0,9825 | 0,9581 | 0,9642 | 0,9788 | 0,9935 |
| 22 | 24/01/2017 15:37 | 0,9568 | 0,9739 | 0,9605 | 0,9837 | 0,9617 | 0,9642 | 0,9849 | 0,9898 |
| 23 | 24/01/2017 15:38 | 0,9568 | 0,9691 | 0,9605 | 0,9837 | 0,9581 | 0,9678 | 0,9825 | 0,9886 |
| 24 | 24/01/2017 15:39 | 0,9544 | 0,9727 | 0,9617 | 0,9874 | 0,9617 | 0,9678 | 0,98 | 0,9935 |
| 25 | 24/01/2017 15:40 | 0,9483 | 0,9691 | 0,9605 | 0,98 | 0,9605 | 0,9678 | 0,9813 | 0,9923 |
| 26 | 24/01/2017 15:41 | 0,9544 | 0,9703 | 0,9605 | 0,9849 | 0,9581 | 0,9678 | 0,9825 | 0,9935 |
| 27 | 24/01/2017 15:42 | 0,9568 | 0,9715 | 0,9544 | 0,9862 | 0,9605 | 0,9678 | 0,9837 | 0,9935 |
| 28 | 24/01/2017 15:43 | 0,9556 | 0,9678 | 0,963 | 0,9837 | 0,9556 | 0,9666 | 0,9825 | 0,991 |
| 29 | 24/01/2017 15:44 | 0,9544 | 0,9678 | 0,9617 | 0,9862 | 0,9556 | 0,9666 | 0,9849 | 0,9935 |
| 30 | 24/01/2017 15:45 | 0,9544 | 0,9678 | 0,9605 | 0,98 | 0,9617 | 0,9666 | 0,9825 | 0,991 |
| 31 | 24/01/2017 15:47 | 0,9532 | 0,9715 | 0,9605 | 0,9849 | 0,9581 | 0,9642 | 0,9813 | 0,9898 |
| 32 | 24/01/2017 15:48 | 0,9532 | 0,9703 | 0,9605 | 0,9837 | 0,9605 | 0,9654 | 0,98 | 0,9935 |
| 33 | 24/01/2017 15:49 | 0,9532 | 0,9727 | 0,9556 | 0,9849 | 0,9581 | 0,9654 | 0,9837 | 0,9923 |
| 34 | 24/01/2017 15:50 | 0,952 | 0,9703 | 0,9605 | 0,9862 | 0,9617 | 0,9678 | 0,9776 | 0,9935 |
| 35 | 24/01/2017 15:51 | 0,9544 | 0,9739 | 0,9617 | 0,9862 | 0,963 | 0,9691 | 0,9837 | 0,9959 |
| 36 | 24/01/2017 15:52 | 0,9568 | 0,9739 | 0,9593 | 0,9874 | 0,9642 | 0,963 | 0,98 | 0,9959 |
| 37 | 24/01/2017 15:53 | 0,9556 | 0,9739 | 0,9642 | 0,9874 | 0,9642 | 0,9678 | 0,9849 | 0,9959 |
| 38 | 24/01/2017 15:54 | 0,9581 | 0,9764 | 0,9642 | 0,9862 | 0,9617 | 0,9691 | 0,9849 | 0,9971 |
| 39 | 24/01/2017 15:55 | 0,9581 | 0,9703 | 0,9642 | 0,9874 | 0,9642 | 0,9715 | 0,9874 | 0,9935 |
| 40 | 24/01/2017 15:57 | 0,9568 | 0,9776 | 0,9654 | 0,9862 | 0,9593 | 0,9703 | 0,9862 | 0,9971 |
| 41 | 24/01/2017 15:58 | 0,9568 | 0,9739 | 0,9642 | 0,9874 | 0,9642 | 0,9703 | 0,9837 | 0,9971 |
| 42 | 24/01/2017 15:59 | 0,9593 | 0,9764 | 0,963 | 0,9874 | 0,9617 | 0,9678 | 0,9862 | 0,9971 |
| 43 | 24/01/2017 16:00 | 0,9581 | 0,9776 | 0,9581 | 0,9898 | 0,9642 | 0,9678 | 0,9849 | 0,9996 |

SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS
 AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ
 GRUPO CEMOS
 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

| ID | FECHA | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
|----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 44 | 24/01/2017 16:01 | 0,9568 | 0,9764 | 0,9654 | 0,9874 | 0,9593 | 0,9715 | 0,9862 | 0,9935 |
| 45 | 24/01/2017 16:02 | 0,9532 | 0,9776 | 0,9666 | 0,9898 | 0,963 | 0,9691 | 0,9849 | 0,9996 |
| 46 | 24/01/2017 16:03 | 0,9593 | 0,9764 | 0,9752 | 0,9898 | 0,9654 | 0,9678 | 0,9874 | 0,9996 |
| 47 | 24/01/2017 16:04 | 0,9581 | 0,9776 | 0,9654 | 0,991 | 0,9666 | 0,9739 | 0,9862 | 0,9984 |
| 48 | 24/01/2017 16:05 | 0,9593 | 0,9752 | 0,963 | 0,9923 | 0,9654 | 0,9715 | 0,9874 | 0,9996 |
| 49 | 24/01/2017 16:07 | 0,9593 | 0,9764 | 0,9654 | 0,991 | 0,9642 | 0,9691 | 0,9874 | 0,9996 |
| 50 | 24/01/2017 16:08 | 0,9593 | 0,9788 | 0,9666 | 0,9886 | 0,963 | 0,9691 | 0,9862 | 0,9984 |
| 51 | 24/01/2017 16:09 | 0,9581 | 0,9788 | 0,9666 | 0,9886 | 0,9642 | 0,9678 | 0,9874 | 0,9996 |
| 52 | 24/01/2017 16:10 | 0,9593 | 0,9788 | 0,9678 | 0,9923 | 0,9666 | 0,9703 | 0,9825 | 0,9996 |
| 53 | 24/01/2017 16:11 | 0,9593 | 0,9739 | 0,9691 | 0,9935 | 0,9666 | 0,9727 | 0,9874 | 0,9984 |
| 54 | 24/01/2017 16:12 | 0,9617 | 0,98 | 0,9703 | 0,9874 | 0,9666 | 0,9715 | 0,9862 | 1,0008 |
| 55 | 24/01/2017 16:13 | 0,9593 | 0,98 | 0,9666 | 0,9923 | 0,9642 | 0,9739 | 0,9898 | 1,002 |
| 56 | 24/01/2017 16:14 | 0,9593 | 0,9776 | 0,9703 | 0,9935 | 0,9654 | 0,9703 | 0,9837 | 0,9996 |
| 57 | 24/01/2017 16:15 | 0,9581 | 0,9776 | 0,9666 | 0,9886 | 0,9654 | 0,9691 | 0,9837 | 0,9947 |
| 58 | 24/01/2017 16:17 | 0,9605 | 0,9813 | 0,9666 | 0,9923 | 0,9666 | 0,9715 | 0,9862 | 1,0008 |
| 59 | 24/01/2017 16:18 | 0,9581 | 0,9813 | 0,9666 | 0,9898 | 0,9666 | 0,9739 | 0,9862 | 0,9984 |
| 60 | 24/01/2017 16:19 | 0,9581 | 0,9788 | 0,9666 | 0,991 | 0,9666 | 0,9727 | 0,9874 | 1,0008 |
| 61 | 24/01/2017 16:20 | 0,9605 | 0,9788 | 0,9678 | 0,9923 | 0,9666 | 0,9691 | 0,9874 | 1,002 |
| 62 | 24/01/2017 16:21 | 0,9605 | 0,98 | 0,9678 | 0,9898 | 0,9678 | 0,9715 | 0,9874 | 1,0008 |
| 63 | 24/01/2017 16:22 | 0,9581 | 0,98 | 0,9678 | 0,9923 | 0,9654 | 0,9739 | 0,9886 | 1,002 |
| 64 | 24/01/2017 16:23 | 0,9617 | 0,9788 | 0,9715 | 0,9935 | 0,9678 | 0,9703 | 0,9862 | 1,0008 |
| 65 | 24/01/2017 16:24 | 0,9593 | 0,9813 | 0,9678 | 0,9935 | 0,9666 | 0,9691 | 0,9874 | 1,0008 |
| 66 | 24/01/2017 16:25 | 0,9605 | 0,9788 | 0,9678 | 0,9923 | 0,9654 | 0,9739 | 0,9874 | 0,9996 |
| 67 | 24/01/2017 16:27 | 0,9605 | 0,9825 | 0,9666 | 0,9923 | 0,9678 | 0,9678 | 0,9862 | 1,0008 |
| 68 | 24/01/2017 16:28 | 0,9593 | 0,98 | 0,9654 | 0,9935 | 0,9654 | 0,9727 | 0,9862 | 0,9984 |
| 69 | 24/01/2017 16:29 | 0,9581 | 0,9776 | 0,9654 | 0,991 | 0,963 | 0,9727 | 0,9874 | 0,9996 |
| 70 | 24/01/2017 16:30 | 0,9581 | 0,9776 | 0,9666 | 0,991 | 0,9654 | 0,9703 | 0,9874 | 0,9996 |
| 71 | 24/01/2017 16:31 | 0,9605 | 0,9776 | 0,9642 | 0,991 | 0,963 | 0,9678 | 0,9874 | 1,002 |
| 72 | 24/01/2017 16:32 | 0,9605 | 0,9739 | 0,9666 | 0,9886 | 0,9605 | 0,9739 | 0,9862 | 0,9996 |
| 73 | 24/01/2017 16:33 | 0,9593 | 0,9776 | 0,9654 | 0,991 | 0,963 | 0,9715 | 0,9825 | 0,9996 |
| 74 | 24/01/2017 16:34 | 0,9593 | 0,9788 | 0,9666 | 0,9898 | 0,9654 | 0,9703 | 0,9874 | 0,9984 |
| 75 | 24/01/2017 16:35 | 0,9581 | 0,9764 | 0,963 | 0,9923 | 0,9654 | 0,9678 | 0,9862 | 0,9984 |
| 76 | 24/01/2017 16:37 | 0,9532 | 0,9764 | 0,963 | 0,9874 | 0,9642 | 0,9691 | 0,9874 | 0,9971 |
| 77 | 24/01/2017 16:38 | 0,9605 | 0,98 | 0,9642 | 0,991 | 0,9605 | 0,9715 | 0,9862 | 0,9984 |
| 78 | 24/01/2017 16:38 | 0,9556 | 0,9776 | 0,9666 | 0,9886 | 0,9642 | 0,9727 | 0,9862 | 0,9996 |
| 79 | 24/01/2017 16:39 | 0,9593 | 0,9813 | 0,9654 | 0,9898 | 0,9642 | 0,9703 | 0,9874 | 0,9971 |
| 80 | 24/01/2017 16:40 | 0,9581 | 0,9788 | 0,9654 | 0,991 | 0,9654 | 0,9727 | 0,9874 | 0,9947 |
| 81 | 24/01/2017 16:41 | 0,9568 | 0,9788 | 0,9666 | 0,9886 | 0,9642 | 0,9727 | 0,9849 | 0,9984 |
| 82 | 24/01/2017 16:42 | 0,9593 | 0,9813 | 0,9666 | 0,9886 | 0,9642 | 0,9703 | 0,9849 | 0,9996 |
| 83 | 24/01/2017 16:43 | 0,9593 | 0,9788 | 0,9654 | 0,9935 | 0,9654 | 0,9703 | 0,9837 | 0,9947 |
| 84 | 24/01/2017 16:44 | 0,9556 | 0,9764 | 0,9642 | 0,9898 | 0,9593 | 0,9678 | 0,9862 | 0,9971 |
| 85 | 24/01/2017 16:45 | 0,9507 | 0,9862 | 0,9642 | 0,9898 | 0,9654 | 0,9703 | 0,9862 | 0,9996 |
| 86 | 24/01/2017 16:46 | 0,9581 | 0,9752 | 0,9642 | 0,9886 | 0,963 | 0,9703 | 0,9874 | 0,9984 |
| 87 | 24/01/2017 16:48 | 0,9568 | 0,9764 | 0,9666 | 0,9935 | 0,963 | 0,9703 | 0,9862 | 0,9996 |
| 88 | 24/01/2017 16:49 | 0,9593 | 0,9776 | 0,9642 | 0,9898 | 0,963 | 0,9703 | 0,9862 | 0,9971 |
| 89 | 24/01/2017 16:50 | 0,9581 | 0,9739 | 0,9642 | 0,9898 | 0,9642 | 0,9691 | 0,9862 | 0,9984 |

SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS
 AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ
 GRUPO CEMOS
 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

| ID | FECHA | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
|-----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 90 | 24/01/2017 16:51 | 0,9581 | 0,9678 | 0,9593 | 0,9898 | 0,9617 | 0,9691 | 0,9837 | 0,9935 |
| 91 | 24/01/2017 16:52 | 0,9507 | 0,9727 | 0,963 | 0,9837 | 0,9617 | 0,9678 | 0,9849 | 0,9971 |
| 92 | 24/01/2017 16:53 | 0,9568 | 0,9739 | 0,963 | 0,9874 | 0,9605 | 0,9678 | 0,9837 | 0,9947 |
| 93 | 24/01/2017 16:54 | 0,9568 | 0,9752 | 0,963 | 0,9874 | 0,963 | 0,9691 | 0,9825 | 0,9935 |
| 94 | 24/01/2017 16:55 | 0,9556 | 0,9727 | 0,9593 | 0,9874 | 0,963 | 0,963 | 0,9825 | 0,9935 |
| 95 | 24/01/2017 16:56 | 0,9556 | 0,9739 | 0,9593 | 0,9874 | 0,9605 | 0,9642 | 0,9825 | 0,9935 |
| 96 | 24/01/2017 16:58 | 0,9544 | 0,9739 | 0,9593 | 0,9874 | 0,9617 | 0,9666 | 0,9813 | 0,9923 |
| 97 | 24/01/2017 16:59 | 0,9556 | 0,9715 | 0,9605 | 0,9874 | 0,9617 | 0,9678 | 0,9788 | 0,9886 |
| 98 | 24/01/2017 17:00 | 0,9556 | 0,9715 | 0,9593 | 0,98 | 0,9605 | 0,9642 | 0,9813 | 0,9935 |
| 99 | 24/01/2017 17:01 | 0,9593 | 0,9703 | 0,963 | 0,9837 | 0,9605 | 0,9642 | 0,9825 | 0,9947 |
| 100 | 24/01/2017 17:02 | 0,9556 | 0,9727 | 0,9593 | 0,98 | 0,9654 | 0,9678 | 0,9825 | 0,9935 |
| 101 | 24/01/2017 17:03 | 0,9532 | 0,9825 | 0,963 | 0,9874 | 0,963 | 0,9678 | 0,9837 | 0,9947 |
| 102 | 24/01/2017 17:04 | 0,9544 | 0,9739 | 0,963 | 0,9825 | 0,963 | 0,9654 | 0,9837 | 0,9923 |
| 103 | 24/01/2017 17:05 | 0,9556 | 0,9727 | 0,9642 | 0,9862 | 0,9617 | 0,9691 | 0,9849 | 0,9971 |
| 104 | 24/01/2017 17:06 | 0,9556 | 0,9727 | 0,963 | 0,9898 | 0,9642 | 0,9642 | 0,9837 | 0,9971 |
| 105 | 24/01/2017 17:08 | 0,9581 | 0,9776 | 0,963 | 0,9874 | 0,963 | 0,963 | 0,9825 | 0,9959 |
| 106 | 24/01/2017 17:09 | 0,9654 | 0,9739 | 0,963 | 0,9874 | 0,9605 | 0,963 | 0,9862 | 0,9959 |
| 107 | 24/01/2017 17:10 | 0,9532 | 0,9739 | 0,9642 | 0,9898 | 0,963 | 0,9715 | 0,9862 | 0,9959 |
| 108 | 24/01/2017 17:10 | 0,9507 | 0,9752 | 0,9642 | 0,9874 | 0,9581 | 0,9691 | 0,9849 | 0,9996 |
| 109 | 24/01/2017 17:11 | 0,9544 | 0,9776 | 0,963 | 0,9874 | 0,9642 | 0,9691 | 0,9849 | 0,9971 |
| 110 | 24/01/2017 17:12 | 0,9556 | 0,9727 | 0,963 | 0,9874 | 0,9581 | 0,9691 | 0,9837 | 0,9996 |
| 111 | 24/01/2017 17:14 | 0,9581 | 0,9776 | 0,9642 | 0,9898 | 0,9593 | 0,9715 | 0,98 | 0,9984 |
| 112 | 24/01/2017 17:15 | 0,9581 | 0,9752 | 0,9654 | 0,9874 | 0,9739 | 0,9715 | 0,9849 | 0,9984 |
| 113 | 24/01/2017 17:16 | 0,9483 | 0,9776 | 0,963 | 0,9837 | 0,9617 | 0,9678 | 0,9837 | 0,9959 |
| 114 | 24/01/2017 17:17 | 0,9556 | 0,9752 | 0,9617 | 0,9874 | 0,9581 | 0,9678 | 0,98 | 0,9923 |
| 115 | 24/01/2017 17:18 | 0,9532 | 0,9752 | 0,963 | 0,9874 | 0,9642 | 0,9654 | 0,9837 | 0,9971 |
| 116 | 24/01/2017 17:19 | 0,9556 | 0,9727 | 0,9642 | 0,9874 | 0,9617 | 0,9678 | 0,9837 | 0,9935 |
| 117 | 24/01/2017 17:20 | 0,9556 | 0,9752 | 0,963 | 0,9874 | 0,9617 | 0,9678 | 0,9849 | 0,9947 |
| 118 | 24/01/2017 17:21 | 0,9532 | 0,9739 | 0,963 | 0,9874 | 0,963 | 0,9678 | 0,9837 | 0,9947 |
| 119 | 24/01/2017 17:22 | 0,9544 | 0,9764 | 0,9617 | 0,9862 | 0,963 | 0,9691 | 0,9837 | 0,9935 |
| 120 | 24/01/2017 17:24 | 0,9568 | 0,9752 | 0,9605 | 0,9959 | 0,9617 | 0,9678 | 0,98 | 0,9959 |
| 121 | 24/01/2017 17:25 | 0,9544 | 0,9739 | 0,9593 | 0,9886 | 0,9605 | 0,9678 | 0,9849 | 0,9935 |
| 122 | 24/01/2017 17:26 | 0,9568 | 0,9703 | 0,9605 | 0,9874 | 0,9605 | 0,9666 | 0,9849 | 0,9971 |
| 123 | 24/01/2017 17:27 | 0,9556 | 0,9752 | 0,963 | 0,9874 | 0,9605 | 0,9678 | 0,9837 | 0,9959 |
| 124 | 24/01/2017 17:28 | 0,9568 | 0,9764 | 0,9642 | 0,9874 | 0,9581 | 0,9678 | 0,9825 | 0,9959 |
| 125 | 24/01/2017 17:29 | 0,9581 | 0,9764 | 0,963 | 0,9874 | 0,9556 | 0,9666 | 0,9825 | 0,9935 |
| 126 | 24/01/2017 17:30 | 0,9568 | 0,9752 | 0,9617 | 0,9971 | 0,9617 | 0,9642 | 0,9849 | 0,9959 |
| 127 | 24/01/2017 17:31 | 0,9556 | 0,9739 | 0,9581 | 0,9874 | 0,9581 | 0,9691 | 0,9837 | 0,9947 |
| 128 | 24/01/2017 17:32 | 0,9544 | 0,9752 | 0,9593 | 0,9874 | 0,9593 | 0,9642 | 0,9849 | 0,9959 |
| 129 | 24/01/2017 17:34 | 0,9532 | 0,9764 | 0,963 | 0,9849 | 0,9617 | 0,9678 | 0,9862 | 0,9923 |
| 130 | 24/01/2017 17:35 | 0,9556 | 0,9727 | 0,963 | 0,9874 | 0,9617 | 0,9678 | 0,9776 | 0,9971 |
| 131 | 24/01/2017 17:36 | 0,9556 | 0,9752 | 0,9593 | 0,9862 | 0,9581 | 0,9666 | 0,9825 | 0,9935 |
| 132 | 24/01/2017 17:37 | 0,9556 | 0,9739 | 0,963 | 0,9886 | 0,9617 | 0,9678 | 0,9837 | 0,9923 |
| 133 | 24/01/2017 17:38 | 0,9568 | 0,9752 | 0,963 | 0,9874 | 0,9617 | 0,9691 | 0,9837 | 0,9959 |
| 134 | 24/01/2017 17:39 | 0,9556 | 0,9752 | 0,9605 | 0,9874 | 0,9581 | 0,9691 | 0,9849 | 0,9923 |
| 135 | 24/01/2017 17:40 | 0,9568 | 0,9752 | 0,9581 | 0,9886 | 0,9532 | 0,9691 | 0,9862 | 0,9947 |

SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS
 AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ
 GRUPO CEMOS
 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

| ID | FECHA | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
|-----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 136 | 24/01/2017 17:41 | 0,9556 | 0,9752 | 0,9605 | 0,991 | 0,9593 | 0,9691 | 0,9862 | 0,9959 |
| 137 | 24/01/2017 17:42 | 0,9581 | 0,9727 | 0,963 | 0,9862 | 0,9581 | 0,9678 | 0,9849 | 0,9923 |
| 138 | 24/01/2017 17:43 | 0,9556 | 0,9691 | 0,963 | 0,9874 | 0,9605 | 0,9666 | 0,9849 | 0,9935 |
| 139 | 24/01/2017 17:45 | 0,9654 | 0,9703 | 0,9617 | 0,9849 | 0,9605 | 0,9666 | 0,9825 | 0,9935 |
| 140 | 24/01/2017 17:46 | 0,9556 | 0,9739 | 0,9617 | 0,9898 | 0,9617 | 0,9703 | 0,9837 | 0,9959 |
| 141 | 24/01/2017 17:47 | 0,9544 | 0,9752 | 0,9617 | 0,9874 | 0,9581 | 0,9666 | 0,9825 | 0,9923 |
| 142 | 24/01/2017 17:48 | 0,9556 | 0,9739 | 0,9581 | 0,9898 | 0,9605 | 0,9691 | 0,9825 | 0,9947 |
| 143 | 24/01/2017 17:49 | 0,9568 | 0,9764 | 0,9605 | 0,9862 | 0,9593 | 0,9642 | 0,9837 | 0,9971 |
| 144 | 24/01/2017 17:50 | 0,9581 | 0,9764 | 0,9617 | 0,9874 | 0,963 | 0,9678 | 0,9849 | 0,9984 |
| 145 | 24/01/2017 17:51 | 0,9556 | 0,9727 | 0,9617 | 0,9849 | 0,9605 | 0,9703 | 0,9825 | 0,9971 |
| 146 | 24/01/2017 17:52 | 0,9532 | 0,9752 | 0,963 | 0,9886 | 0,9617 | 0,9666 | 0,9825 | 0,9959 |
| 147 | 24/01/2017 17:53 | 0,9507 | 0,9752 | 0,9617 | 0,9862 | 0,9593 | 0,9691 | 0,9849 | 0,9971 |
| 148 | 24/01/2017 17:55 | 0,9544 | 0,9752 | 0,9654 | 0,9862 | 0,9617 | 0,9642 | 0,98 | 0,9959 |
| 149 | 24/01/2017 17:56 | 0,9532 | 0,9739 | 0,9642 | 0,9874 | 0,9605 | 0,9691 | 0,9849 | 0,9959 |
| 150 | 24/01/2017 17:57 | 0,9544 | 0,9764 | 0,9593 | 0,9886 | 0,9605 | 0,9715 | 0,9849 | 0,9971 |
| 151 | 24/01/2017 17:58 | 0,9556 | 0,9739 | 0,9642 | 0,9874 | 0,9581 | 0,9691 | 0,9874 | 0,9959 |
| 152 | 24/01/2017 17:59 | 0,9556 | 0,9752 | 0,9642 | 0,9874 | 0,9605 | 0,9678 | 0,9874 | 0,9971 |
| 153 | 24/01/2017 18:00 | 0,9568 | 0,9752 | 0,963 | 0,9874 | 0,9617 | 0,9691 | 0,9862 | 0,9984 |
| 154 | 24/01/2017 18:01 | 0,9568 | 0,9727 | 0,9642 | 0,9874 | 0,9617 | 0,9678 | 0,9849 | 0,9971 |
| 155 | 24/01/2017 18:02 | 0,9581 | 0,9752 | 0,963 | 0,9898 | 0,9593 | 0,9678 | 0,9837 | 0,9923 |
| 156 | 24/01/2017 18:03 | 0,9581 | 0,9752 | 0,9642 | 0,9874 | 0,9593 | 0,9691 | 0,9837 | 0,9971 |
| 157 | 24/01/2017 18:05 | 0,9568 | 0,9727 | 0,9642 | 0,9874 | 0,9605 | 0,9691 | 0,9837 | 0,9971 |
| 158 | 24/01/2017 18:06 | 0,9568 | 0,9703 | 0,963 | 0,9898 | 0,9581 | 0,9691 | 0,9825 | 0,9959 |
| 159 | 24/01/2017 18:07 | 0,9532 | 0,9752 | 0,963 | 0,9874 | 0,9593 | 0,9678 | 0,9837 | 0,9971 |
| 160 | 24/01/2017 18:08 | 0,9568 | 0,9764 | 0,9642 | 0,9837 | 0,9593 | 0,9666 | 0,9862 | 0,9971 |
| 161 | 24/01/2017 18:09 | 0,9568 | 0,9752 | 0,9581 | 0,9862 | 0,9556 | 0,9691 | 0,9862 | 0,9959 |
| 162 | 24/01/2017 18:10 | 0,9568 | 0,9764 | 0,9642 | 0,9886 | 0,963 | 0,9666 | 0,9825 | 0,9971 |
| 163 | 24/01/2017 18:11 | 0,9581 | 0,9752 | 0,963 | 0,9886 | 0,9617 | 0,9678 | 0,9837 | 0,9971 |
| 164 | 24/01/2017 18:12 | 0,9568 | 0,9752 | 0,963 | 0,9886 | 0,9617 | 0,9691 | 0,9862 | 0,9971 |
| 165 | 24/01/2017 18:13 | 0,9532 | 0,9788 | 0,963 | 0,9898 | 0,9617 | 0,9691 | 0,98 | 0,9971 |
| 166 | 24/01/2017 18:14 | 0,9544 | 0,9752 | 0,9642 | 0,9886 | 0,9642 | 0,9678 | 0,9935 | 1,0032 |
| 167 | 24/01/2017 18:16 | 0,9581 | 0,9764 | 0,9654 | 0,9886 | 0,963 | 0,9703 | 0,9849 | 0,9971 |
| 168 | 24/01/2017 18:17 | 0,9581 | 0,9752 | 0,9654 | 0,9898 | 0,9617 | 0,9703 | 0,9874 | 0,9971 |
| 169 | 24/01/2017 18:18 | 0,9617 | 0,9764 | 0,9642 | 0,9898 | 0,9617 | 0,9715 | 0,9862 | 0,9984 |
| 170 | 24/01/2017 18:19 | 0,9581 | 0,9764 | 0,9605 | 0,9886 | 0,963 | 0,9691 | 0,98 | 0,9971 |
| 171 | 24/01/2017 18:20 | 0,9544 | 0,9776 | 0,9654 | 0,9886 | 0,9593 | 0,9691 | 0,9837 | 1,0008 |
| 172 | 24/01/2017 18:21 | 0,9593 | 0,9776 | 0,9593 | 0,9886 | 0,9617 | 0,9678 | 0,9825 | 1,0008 |
| 173 | 24/01/2017 18:22 | 0,9593 | 0,9727 | 0,9654 | 0,9971 | 0,9617 | 0,9727 | 0,9862 | 0,9984 |
| 174 | 24/01/2017 18:23 | 0,9568 | 0,9764 | 0,9666 | 0,991 | 0,9617 | 0,9703 | 0,9825 | 0,9996 |
| 175 | 24/01/2017 18:24 | 0,9581 | 0,9776 | 0,963 | 0,9898 | 0,963 | 0,9739 | 0,9874 | 0,9996 |
| 176 | 24/01/2017 18:26 | 0,9617 | 0,9776 | 0,9691 | 0,9898 | 0,9654 | 0,9727 | 0,9886 | 0,9984 |
| 177 | 24/01/2017 18:27 | 0,9532 | 0,9776 | 0,9642 | 0,991 | 0,9617 | 0,9727 | 0,9886 | 0,9984 |
| 178 | 24/01/2017 18:28 | 0,9581 | 0,9788 | 0,9605 | 0,9923 | 0,9642 | 0,9727 | 0,9874 | 1,0032 |
| 179 | 24/01/2017 18:29 | 0,9593 | 0,9813 | 0,9703 | 0,9923 | 0,9666 | 0,9739 | 0,9984 | 1,002 |
| 180 | 24/01/2017 18:30 | 0,9605 | 0,9813 | 0,9654 | 0,9886 | 0,9654 | 0,9739 | 0,9874 | 1,0008 |
| 181 | 24/01/2017 18:31 | 0,9532 | 0,9923 | 0,9678 | 0,9947 | 0,9654 | 0,9727 | 0,9874 | 1,0008 |

| SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ | | | | | | | | | |
| GRUPO CEMOS | | | | | | | | | |
| UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER | | | | | | | | | |
| ID | FECHA | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
| 182 | 24/01/2017 18:32 | 0,9605 | 0,9813 | 0,9703 | 0,9923 | 0,9666 | 0,9764 | 0,991 | 1,0045 |
| 183 | 24/01/2017 18:33 | 0,9617 | 0,9813 | 0,9715 | 0,9947 | 0,963 | 0,9764 | 0,9898 | 1,002 |
| 184 | 24/01/2017 18:34 | 0,9593 | 0,9825 | 0,9715 | 0,9923 | 0,9691 | 0,9764 | 0,9935 | 1,0069 |

B.3. Prueba N° 3

En la siguiente tabla se pueden apreciar los datos que se descargan de la página web y luego son vistos en Excel.

Datos prueba N° 3

| SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ | | | | | | | | | |
| GRUPO CEMOS | | | | | | | | | |
| UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER | | | | | | | | | |
| ID | FECHA | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
| 1 | 24/01/2017 20:52 | 0,9739 | 0,963 | 0,9434 | 0,9727 | 0,941 | 0,9483 | 0,9776 | 0,99 |
| 2 | 24/01/2017 20:53 | 0,9739 | 0,9678 | 0,9434 | 0,9788 | 0,9507 | 0,9556 | 0,9859 | 0,9976 |
| 3 | 24/01/2017 20:55 | 0,9788 | 0,9715 | 0,9507 | 0,9886 | 0,9544 | 0,9581 | 0,9859 | 0,9976 |
| 4 | 24/01/2017 20:56 | 0,98 | 0,9691 | 0,952 | 0,9788 | 0,9556 | 0,9617 | 0,9888 | 0,9998 |
| 5 | 24/01/2017 20:57 | 0,98 | 0,9739 | 0,9483 | 0,9825 | 0,9568 | 0,9617 | 0,9888 | 0,9998 |
| 6 | 24/01/2017 20:58 | 0,9776 | 0,9703 | 0,9532 | 0,9837 | 0,9556 | 0,9605 | 0,9898 | 1,0008 |
| 7 | 24/01/2017 20:59 | 0,9776 | 0,9739 | 0,9544 | 0,9776 | 0,9593 | 0,9642 | 0,9898 | 1,0008 |
| 8 | 24/01/2017 21:00 | 0,9837 | 0,9739 | 0,9568 | 0,9849 | 0,9556 | 0,963 | 0,991 | 1,0012 |
| 9 | 24/01/2017 21:01 | 0,9825 | 0,9691 | 0,9544 | 0,9837 | 0,9581 | 0,9642 | 0,991 | 1,0012 |
| 10 | 24/01/2017 21:02 | 0,9849 | 0,9739 | 0,9544 | 0,9849 | 0,9568 | 0,9654 | 0,9925 | 1,0018 |
| 11 | 24/01/2017 21:03 | 0,9813 | 0,9776 | 0,9556 | 0,9849 | 0,9568 | 0,9642 | 0,9918 | 1,0022 |
| 12 | 24/01/2017 21:05 | 0,9813 | 0,9752 | 0,9556 | 0,9849 | 0,9617 | 0,963 | 0,9925 | 1,0018 |
| 13 | 24/01/2017 21:06 | 0,9825 | 0,9739 | 0,9556 | 0,9862 | 0,9593 | 0,9654 | 0,9988 | 1,0027 |
| 14 | 24/01/2017 21:07 | 0,9813 | 0,9739 | 0,9568 | 0,9874 | 0,9568 | 0,9642 | 0,9988 | 1,0036 |
| 15 | 24/01/2017 21:08 | 0,9788 | 0,9727 | 0,9507 | 0,9862 | 0,9581 | 0,9654 | 0,9975 | 1,0047 |
| 16 | 24/01/2017 21:09 | 0,9788 | 0,9752 | 0,9556 | 0,9849 | 0,9544 | 0,9654 | 0,9998 | 1,0047 |
| 17 | 24/01/2017 21:10 | 0,9813 | 0,9739 | 0,9532 | 0,9874 | 0,9593 | 0,9654 | 1,0005 | 1,0056 |
| 18 | 24/01/2017 21:11 | 0,9813 | 0,9739 | 0,9568 | 0,9862 | 0,9532 | 0,9642 | 1,0005 | 1,0056 |
| 19 | 24/01/2017 21:12 | 0,9825 | 0,9703 | 0,9544 | 0,9825 | 0,9544 | 0,9654 | 1,0005 | 1,0056 |
| 20 | 24/01/2017 21:13 | 0,9813 | 0,9739 | 0,9581 | 0,9874 | 0,9581 | 0,9642 | 1,0013 | 1,0074 |
| 21 | 24/01/2017 21:14 | 0,9813 | 0,9739 | 0,9556 | 0,9849 | 0,9593 | 0,9666 | 1,0013 | 1,0074 |
| 22 | 24/01/2017 21:16 | 0,9825 | 0,9776 | 0,9568 | 0,9874 | 0,9593 | 0,9678 | 1,0037 | 1,0089 |
| 23 | 24/01/2017 21:17 | 0,9825 | 0,9764 | 0,9581 | 0,9825 | 0,9581 | 0,9654 | 1,0037 | 1,0086 |

SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS
 AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ
 GRUPO CEMOS
 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

| | | | | | | | | | |
|----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 24 | 24/01/2017 21:18 | 0,9813 | 0,9752 | 0,9568 | 0,9874 | 0,9581 | 0,9666 | 1,0013 | 1,0089 |
| 25 | 24/01/2017 21:19 | 0,9825 | 0,9727 | 0,9532 | 0,98 | 0,9593 | 0,9605 | 1,0079 | 1,0106 |
| 26 | 24/01/2017 21:20 | 0,98 | 0,9739 | 0,9568 | 0,9849 | 0,9581 | 0,9666 | 1,0061 | 1,0094 |
| 27 | 24/01/2017 21:21 | 0,9837 | 0,9776 | 0,9581 | 0,9862 | 0,9605 | 0,9654 | 1,0058 | 1,0094 |
| 28 | 24/01/2017 21:22 | 0,9813 | 0,9776 | 0,9581 | 0,9825 | 0,9593 | 0,963 | 1,0017 | 1,0106 |
| 29 | 24/01/2017 21:23 | 0,9825 | 0,9788 | 0,9544 | 0,9874 | 0,9593 | 0,963 | 1,0017 | 1,0094 |
| 30 | 24/01/2017 21:24 | 0,9825 | 0,9727 | 0,9544 | 0,9862 | 0,9617 | 0,9654 | 1,0014 | 1,0087 |
| 31 | 24/01/2017 21:26 | 0,9813 | 0,9776 | 0,9593 | 0,9874 | 0,9556 | 0,9654 | 1,0018 | 1,0082 |
| 32 | 24/01/2017 21:27 | 0,9825 | 0,9776 | 0,9581 | 0,9874 | 0,9605 | 0,9678 | 1,0019 | 1,0094 |
| 33 | 24/01/2017 21:28 | 0,98 | 0,9764 | 0,9605 | 0,9837 | 0,9593 | 0,9666 | 1,0016 | 1,0097 |
| 34 | 24/01/2017 21:29 | 0,9825 | 0,9764 | 0,9581 | 0,9874 | 0,9642 | 0,9666 | 1,0017 | 1,0104 |
| 35 | 24/01/2017 21:30 | 0,9813 | 0,9776 | 0,9593 | 0,9874 | 0,9605 | 0,9678 | 1,0019 | 1,0104 |
| 36 | 24/01/2017 21:31 | 0,9776 | 0,9776 | 0,9544 | 0,9898 | 0,9605 | 0,9691 | 1,0013 | 1,0107 |
| 37 | 24/01/2017 21:32 | 0,9788 | 0,9788 | 0,9593 | 0,9837 | 0,9581 | 0,9654 | 1,0015 | 1,0117 |
| 38 | 24/01/2017 21:33 | 0,9813 | 0,9727 | 0,9593 | 0,9862 | 0,9581 | 0,9666 | 1,0013 | 1,0109 |
| 39 | 24/01/2017 21:34 | 0,98 | 0,9788 | 0,9581 | 0,9825 | 0,9581 | 0,9678 | 1,0016 | 1,0111 |
| 40 | 24/01/2017 21:36 | 0,9837 | 0,98 | 0,9593 | 0,9874 | 0,9593 | 0,9654 | 1,0013 | 1,011 |
| 41 | 24/01/2017 21:37 | 0,9813 | 0,9776 | 0,9593 | 0,991 | 0,9605 | 0,9654 | 1,0018 | 1,0109 |
| 42 | 24/01/2017 21:38 | 0,9835 | 0,98 | 0,9593 | 0,9874 | 0,9532 | 0,9666 | 1,0014 | 1,011 |
| 43 | 24/01/2017 21:39 | 0,98 | 0,9788 | 0,9605 | 0,9886 | 0,9593 | 0,9678 | 1,0014 | 1,0112 |
| 44 | 24/01/2017 21:40 | 0,9825 | 0,9752 | 0,9593 | 0,9874 | 0,9593 | 0,9654 | 1,0019 | 1,0112 |
| 45 | 24/01/2017 21:41 | 0,9825 | 0,9788 | 0,9617 | 0,9862 | 0,9605 | 0,9678 | 1,0018 | 1,0121 |
| 46 | 24/01/2017 21:42 | 0,9813 | 0,98 | 0,9617 | 0,9886 | 0,9593 | 0,9666 | 1,0022 | 1,0084 |
| 47 | 24/01/2017 21:43 | 0,98 | 0,9752 | 0,9605 | 0,9886 | 0,9605 | 0,963 | 1,0022 | 1,0113 |
| 48 | 24/01/2017 21:44 | 0,98 | 0,9776 | 0,9593 | 0,9874 | 0,9556 | 0,9654 | 1,0018 | 1,0112 |
| 49 | 24/01/2017 21:45 | 0,9813 | 0,9825 | 0,963 | 0,9886 | 0,9593 | 0,9678 | 1,0022 | 1,0114 |
| 50 | 24/01/2017 21:47 | 0,9825 | 0,9752 | 0,9605 | 0,9886 | 0,9617 | 0,963 | 1,0018 | 1,0119 |
| 51 | 24/01/2017 21:48 | 0,9825 | 0,9813 | 0,9581 | 0,991 | 0,9593 | 0,9654 | 1,0029 | 1,0121 |
| 52 | 24/01/2017 21:49 | 0,9837 | 0,98 | 0,9605 | 0,9923 | 0,9617 | 0,9642 | 1,0024 | 1,0119 |
| 53 | 24/01/2017 21:50 | 0,98 | 0,9788 | 0,9593 | 0,9874 | 0,9593 | 0,9654 | 1,0029 | 1,0122 |
| 54 | 24/01/2017 21:51 | 0,9776 | 0,9837 | 0,9556 | 0,9898 | 0,9593 | 0,9776 | 1,0027 | 1,0126 |
| 55 | 24/01/2017 21:52 | 0,9776 | 0,98 | 0,9617 | 0,9898 | 0,9605 | 0,9666 | 1,0032 | 1,0096 |
| 56 | 24/01/2017 21:53 | 0,9788 | 0,9813 | 0,9556 | 0,9898 | 0,9581 | 0,9666 | 1,0027 | 1,0109 |
| 57 | 24/01/2017 21:54 | 0,9752 | 0,9776 | 0,9593 | 0,9862 | 0,9593 | 0,9654 | 1,0032 | 1,0206 |
| 58 | 24/01/2017 21:55 | 0,9776 | 0,9776 | 0,9593 | 0,9874 | 0,9544 | 0,9666 | 1,0025 | 1,0118 |
| 59 | 24/01/2017 21:57 | 0,9788 | 0,9788 | 0,963 | 0,9898 | 0,9544 | 0,963 | 1,0032 | 1,0109 |
| 60 | 24/01/2017 21:58 | 0,9776 | 0,9813 | 0,9605 | 0,9874 | 0,9593 | 0,9666 | 1,0028 | 1,0189 |
| 61 | 24/01/2017 21:59 | 0,9813 | 0,9849 | 0,9593 | 0,9886 | 0,9581 | 0,9666 | 1,0028 | 1,0179 |
| 62 | 24/01/2017 22:00 | 0,9813 | 0,9788 | 0,9605 | 0,991 | 0,9581 | 0,9678 | 1,0028 | 1,0191 |
| 63 | 24/01/2017 22:01 | 0,9813 | 0,9825 | 0,9617 | 0,9874 | 0,9593 | 0,963 | 1,0035 | 1,011 |
| 64 | 24/01/2017 22:02 | 0,9788 | 0,9825 | 0,9581 | 0,9923 | 0,9593 | 0,9678 | 1,0026 | 1,0101 |
| 65 | 24/01/2017 22:03 | 0,98 | 0,9776 | 0,963 | 0,9898 | 0,9593 | 0,9678 | 1,0037 | 1,0103 |
| 66 | 24/01/2017 22:04 | 0,9825 | 0,9788 | 0,9581 | 0,9886 | 0,9617 | 0,9678 | 1,0035 | 1,0129 |
| 67 | 24/01/2017 22:05 | 0,98 | 0,9825 | 0,9617 | 0,9898 | 0,9605 | 0,9678 | 1,0035 | 1,0125 |
| 68 | 24/01/2017 22:07 | 0,9813 | 0,9849 | 0,9642 | 0,991 | 0,9617 | 0,9691 | 1,0032 | 1,0136 |
| 69 | 24/01/2017 22:08 | 0,98 | 0,9849 | 0,9642 | 0,9923 | 0,9617 | 0,9678 | 1,0035 | 1,0181 |
| 70 | 24/01/2017 22:09 | 0,9752 | 0,9849 | 0,9581 | 0,9874 | 0,9605 | 0,963 | 1,0035 | 1,021 |

SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS
 AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ
 GRUPO CEMOS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

| | | | | | | | | | |
|-----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 71 | 24/01/2017 22:10 | 0,98 | 0,9837 | 0,963 | 0,9898 | 0,9617 | 0,9666 | 1,0023 | 1,0121 |
| 72 | 24/01/2017 22:11 | 0,9813 | 0,9884 | 0,9654 | 0,9955 | 0,9593 | 0,9678 | 1,0023 | 1,0119 |
| 73 | 24/01/2017 22:12 | 0,9776 | 0,9862 | 0,963 | 0,9886 | 0,9727 | 0,9712 | 1,0027 | 1,021 |
| 74 | 24/01/2017 22:13 | 0,98 | 0,9862 | 0,9642 | 0,9898 | 0,9581 | 0,9722 | 1,0032 | 1,0115 |
| 75 | 24/01/2017 22:14 | 0,9788 | 0,9862 | 0,9678 | 0,9947 | 0,9581 | 0,9746 | 1,0032 | 1,0135 |
| 76 | 24/01/2017 22:15 | 0,9813 | 0,9886 | 0,9703 | 0,9898 | 0,963 | 0,9746 | 1,0027 | 1,0135 |
| 77 | 24/01/2017 22:16 | 0,9752 | 0,9862 | 0,9642 | 0,9898 | 0,963 | 0,9734 | 1,0027 | 1,0187 |
| 78 | 24/01/2017 22:18 | 0,9788 | 0,9837 | 0,9642 | 0,9959 | 0,9642 | 0,9771 | 1,0027 | 1,0123 |
| 79 | 24/01/2017 22:19 | 0,9813 | 0,9914 | 0,9678 | 0,9953 | 0,9666 | 0,9771 | 1,0027 | 1,0148 |
| 80 | 24/01/2017 22:20 | 0,9825 | 0,9918 | 0,9715 | 0,9979 | 0,9642 | 0,9791 | 1,0032 | 1,0138 |
| 81 | 24/01/2017 22:21 | 0,9776 | 0,9916 | 0,9678 | 0,9947 | 0,9605 | 0,9791 | 1,0032 | 1,0128 |
| 82 | 24/01/2017 22:22 | 0,9776 | 0,9974 | 0,9666 | 0,9959 | 0,9593 | 0,9783 | 1,0045 | 1,0136 |
| 83 | 24/01/2017 22:23 | 0,9788 | 0,9886 | 0,9691 | 0,9971 | 0,9642 | 0,9751 | 1,0045 | 1,0132 |
| 84 | 24/01/2017 22:24 | 0,9813 | 0,991 | 0,9691 | 0,9996 | 0,9654 | 0,9785 | 1,0057 | 1,0137 |
| 85 | 24/01/2017 22:25 | 0,9813 | 0,9923 | 0,9691 | 0,9996 | 0,9654 | 0,9795 | 1,0081 | 1,0139 |
| 86 | 24/01/2017 22:26 | 0,9813 | 0,9935 | 0,9703 | 0,9984 | 0,9666 | 0,9783 | 1,0057 | 1,0149 |
| 87 | 24/01/2017 22:27 | 0,9837 | 0,9923 | 0,9678 | 0,9971 | 0,9666 | 0,982 | 1,0069 | 1,0145 |
| 88 | 24/01/2017 22:28 | 0,9825 | 0,9935 | 0,9691 | 0,9971 | 0,963 | 0,9795 | 1,002 | 1,016 |
| 89 | 24/01/2017 22:29 | 0,9825 | 0,9935 | 0,9715 | 0,9984 | 0,9666 | 0,9795 | 1,0081 | 1,016 |
| 90 | 24/01/2017 22:31 | 0,9837 | 0,9935 | 0,9691 | 0,9947 | 0,963 | 0,982 | 1,0032 | 1,0196 |
| 91 | 24/01/2017 22:32 | 0,9825 | 0,9947 | 0,9703 | 0,9984 | 0,9642 | 0,982 | 1,0081 | 1,0172 |
| 92 | 24/01/2017 22:33 | 0,9825 | 0,9971 | 0,9715 | 0,9984 | 0,963 | 0,982 | 1,0094 | 1,0209 |
| 93 | 24/01/2017 22:34 | 0,9813 | 0,9947 | 0,9727 | 1,0008 | 0,9666 | 0,9844 | 1,0069 | 1,0196 |
| 94 | 24/01/2017 22:35 | 0,9825 | 0,9935 | 0,9678 | 0,9984 | 0,9678 | 0,9832 | 1,0094 | 1,016 |
| 95 | 24/01/2017 22:36 | 0,9813 | 0,9935 | 0,9678 | 1,0008 | 0,9666 | 0,9832 | 1,0094 | 1,0196 |
| 96 | 24/01/2017 22:37 | 0,9825 | 0,9935 | 0,9727 | 0,9971 | 0,9654 | 0,982 | 1,0094 | 1,0195 |
| 97 | 24/01/2017 22:38 | 0,9825 | 0,9947 | 0,9727 | 0,9996 | 0,9666 | 0,982 | 1,0081 | 1,0199 |
| 98 | 24/01/2017 22:39 | 0,9825 | 0,9923 | 0,9727 | 1,002 | 0,9678 | 0,9807 | 1,0094 | 1,0146 |
| 99 | 24/01/2017 22:41 | 0,9813 | 0,9959 | 0,9691 | 1,002 | 0,9666 | 0,9807 | 1,0106 | 1,0184 |
| 100 | 24/01/2017 22:42 | 0,9813 | 0,9923 | 0,9739 | 1,0008 | 0,9642 | 0,9844 | 1,0106 | 1,0172 |
| 101 | 24/01/2017 22:43 | 0,9813 | 0,9947 | 0,9752 | 1,0008 | 0,963 | 0,993 | 1,0081 | 1,0172 |
| 102 | 24/01/2017 22:44 | 0,9825 | 0,9959 | 0,9727 | 1,002 | 0,9678 | 0,9856 | 1,0069 | 1,0209 |
| 103 | 24/01/2017 22:45 | 0,9825 | 0,9971 | 0,9691 | 0,9984 | 0,9666 | 0,9856 | 1,0106 | 1,0221 |
| 104 | 24/01/2017 22:46 | 0,9856 | 0,9959 | 0,9739 | 1,002 | 0,9666 | 0,9844 | 1,0081 | 1,0209 |
| 105 | 24/01/2017 22:47 | 0,9876 | 0,9984 | 0,9752 | 1,0032 | 0,9666 | 0,9868 | 1,0118 | 1,0196 |
| 106 | 24/01/2017 22:48 | 0,9825 | 0,9971 | 0,9752 | 1,0008 | 0,9666 | 0,9844 | 1,0081 | 1,0209 |
| 107 | 24/01/2017 22:49 | 0,9837 | 0,9971 | 0,9739 | 0,9984 | 0,9666 | 0,9856 | 1,0106 | 1,0209 |
| 108 | 24/01/2017 22:51 | 0,9853 | 0,9971 | 0,9739 | 1,002 | 0,9666 | 0,9868 | 1,0118 | 1,0209 |
| 109 | 24/01/2017 22:52 | 0,9835 | 0,9959 | 0,9739 | 1,002 | 0,9666 | 0,9856 | 1,013 | 1,0221 |
| 110 | 24/01/2017 22:53 | 0,9876 | 0,9935 | 0,9739 | 1,0032 | 0,9703 | 0,9868 | 1,0106 | 1,0209 |
| 111 | 24/01/2017 22:54 | 0,9825 | 0,9984 | 0,9752 | 1,0032 | 0,9678 | 0,9868 | 1,0118 | 1,0221 |
| 112 | 24/01/2017 22:55 | 0,9838 | 0,9935 | 0,9752 | 1,002 | 0,9654 | 0,9868 | 1,0106 | 1,0196 |
| 113 | 24/01/2017 22:56 | 0,9873 | 0,9971 | 0,9776 | 1,002 | 0,9678 | 0,9881 | 1,0118 | 1,0221 |
| 114 | 24/01/2017 22:57 | 0,9853 | 0,9996 | 0,9739 | 1,0032 | 0,9691 | 0,9881 | 1,0106 | 1,0221 |
| 115 | 24/01/2017 22:58 | 0,9865 | 0,9984 | 0,9764 | 0,9996 | 0,9666 | 0,9868 | 1,0118 | 1,0284 |
| 116 | 24/01/2017 22:59 | 0,9849 | 0,9947 | 0,9727 | 1,0032 | 0,9678 | 0,9868 | 1,0118 | 1,0209 |
| 117 | 24/01/2017 23:00 | 0,9834 | 0,9984 | 0,9727 | 1,0032 | 0,9703 | 0,9832 | 1,0106 | 1,0209 |

SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS
 AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ
 GRUPO CEMOS
 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

| | | | | | | | | | |
|-----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 118 | 24/01/2017 23:02 | 0,9823 | 0,9971 | 0,9703 | 1,002 | 0,9666 | 0,9881 | 1,0106 | 1,0246 |
| 119 | 24/01/2017 23:03 | 0,9858 | 0,9971 | 0,9727 | 1,0008 | 0,9703 | 0,9893 | 1,0106 | 1,0296 |
| 120 | 24/01/2017 23:04 | 0,9837 | 0,9971 | 0,9764 | 1,002 | 0,9678 | 0,9868 | 1,0118 | 1,0209 |
| 121 | 24/01/2017 23:05 | 0,9825 | 0,9984 | 0,9739 | 1,0057 | 0,9642 | 0,9881 | 1,0106 | 1,0209 |
| 122 | 24/01/2017 23:06 | 0,9875 | 0,9984 | 0,9703 | 1,0008 | 0,9678 | 0,9893 | 1,0106 | 1,0209 |
| 123 | 24/01/2017 23:07 | 0,9856 | 0,9971 | 0,9752 | 1,0057 | 0,9691 | 0,9881 | 1,0106 | 1,025 |
| 124 | 24/01/2017 23:08 | 0,9875 | 1,0008 | 0,9752 | 1,002 | 0,9678 | 0,9868 | 1,0118 | 1,0246 |
| 125 | 24/01/2017 23:09 | 0,9856 | 0,9984 | 0,9764 | 1,002 | 0,9691 | 0,9893 | 1,012 | 1,0225 |
| 126 | 24/01/2017 23:10 | 0,9875 | 0,9984 | 0,9764 | 1,0032 | 0,9666 | 0,9881 | 1,0122 | 1,0284 |
| 127 | 24/01/2017 23:12 | 0,9856 | 0,9971 | 0,9752 | 1,002 | 0,9678 | 0,9881 | 1,0122 | 1,0296 |
| 128 | 24/01/2017 23:13 | 0,9888 | 0,9971 | 0,9752 | 1,0045 | 0,9703 | 0,9856 | 1,0137 | 1,0259 |
| 129 | 24/01/2017 23:14 | 0,9888 | 0,9996 | 0,9752 | 1,0069 | 0,9678 | 0,9905 | 1,0137 | 1,0272 |
| 130 | 24/01/2017 23:15 | 0,988 | 1,0008 | 0,9752 | 1,002 | 0,9666 | 0,9905 | 1,012 | 1,0259 |
| 131 | 24/01/2017 23:16 | 0,9888 | 0,9971 | 0,9739 | 1,002 | 0,9642 | 0,9881 | 1,0137 | 1,0296 |
| 132 | 24/01/2017 23:17 | 0,9888 | 0,9996 | 0,9752 | 1,0032 | 0,9642 | 0,9807 | 1,0137 | 1,0272 |
| 133 | 24/01/2017 23:18 | 0,9879 | 1,0008 | 0,9739 | 1,0008 | 0,9642 | 0,9893 | 1,0137 | 1,0259 |
| 134 | 24/01/2017 23:19 | 0,9888 | 0,9971 | 0,9752 | 1,0045 | 0,9691 | 0,9868 | 1,012 | 1,0296 |
| 135 | 24/01/2017 23:20 | 0,989 | 0,9971 | 0,9739 | 1,002 | 0,9678 | 0,9881 | 1,012 | 1,0296 |
| 136 | 24/01/2017 23:22 | 0,989 | 0,9984 | 0,9764 | 0,9996 | 0,9666 | 0,9881 | 1,0137 | 1,0246 |
| 137 | 24/01/2017 23:23 | 0,9913 | 0,9959 | 0,9727 | 1,0045 | 0,9739 | 0,9893 | 1,0145 | 1,0284 |
| 138 | 24/01/2017 23:24 | 0,9888 | 0,9996 | 0,9739 | 1,002 | 0,9678 | 0,9893 | 1,012 | 1,0272 |
| 139 | 24/01/2017 23:25 | 0,9883 | 0,9971 | 0,9727 | 1,0045 | 0,9666 | 0,9905 | 1,0145 | 1,0284 |
| 140 | 24/01/2017 23:26 | 0,9888 | 0,9971 | 0,9727 | 1,0057 | 0,9642 | 0,9868 | 1,0145 | 1,0272 |
| 141 | 24/01/2017 23:27 | 0,9896 | 0,9996 | 0,9752 | 1,0032 | 0,9666 | 0,9893 | 1,012 | 1,0284 |
| 142 | 24/01/2017 23:28 | 0,9892 | 0,9965 | 0,9739 | 1,002 | 0,9678 | 0,9905 | 1,012 | 1,0284 |
| 143 | 24/01/2017 23:29 | 0,9892 | 0,9984 | 0,9727 | 1,002 | 0,9691 | 0,9893 | 1,0145 | 1,0295 |
| 144 | 24/01/2017 23:30 | 0,9896 | 0,9971 | 0,9764 | 1,002 | 0,9691 | 0,9893 | 1,0132 | 1,0276 |
| 145 | 24/01/2017 23:31 | 0,9898 | 0,9996 | 0,9727 | 1,0045 | 0,9678 | 0,9881 | 1,0145 | 1,0295 |
| 146 | 24/01/2017 23:32 | 0,9892 | 0,9971 | 0,9691 | 1,002 | 0,9715 | 0,9893 | 1,0132 | 1,0276 |
| 147 | 24/01/2017 23:33 | 0,9898 | 0,9989 | 0,9739 | 1,002 | 0,9666 | 0,9905 | 1,0132 | 1,0273 |
| 148 | 24/01/2017 23:34 | 0,9898 | 0,9971 | 0,9703 | 1,002 | 0,963 | 0,9893 | 1,012 | 1,0259 |
| 149 | 24/01/2017 23:35 | 0,991 | 0,9984 | 0,9715 | 1,002 | 0,9654 | 0,9856 | 1,012 | 1,0259 |
| 150 | 24/01/2017 23:36 | 0,9898 | 0,9984 | 0,9727 | 1,0032 | 0,9691 | 0,9832 | 1,0132 | 1,0273 |
| 151 | 24/01/2017 23:38 | 0,99 | 0,9971 | 0,9727 | 1,002 | 0,9654 | 0,9881 | 1,0135 | 1,0273 |
| 152 | 24/01/2017 23:39 | 0,9898 | 0,9984 | 0,9691 | 1,002 | 0,9678 | 0,9905 | 1,0128 | 1,0262 |
| 153 | 24/01/2017 23:40 | 0,991 | 0,9985 | 0,9678 | 1,002 | 0,9654 | 0,9905 | 1,0128 | 1,0262 |
| 154 | 24/01/2017 23:41 | 0,9898 | 0,9981 | 0,9727 | 1,002 | 0,9678 | 0,9917 | 1,0135 | 1,0273 |
| 155 | 24/01/2017 23:42 | 0,9898 | 0,9987 | 0,9739 | 1,0032 | 0,9678 | 0,9893 | 1,0135 | 1,0273 |
| 156 | 24/01/2017 23:43 | 0,991 | 0,9989 | 0,9727 | 1,0032 | 0,9666 | 0,9893 | 1,0128 | 1,0268 |
| 157 | 24/01/2017 23:44 | 0,9898 | 0,9989 | 0,9752 | 1,002 | 0,9666 | 0,9893 | 1,0137 | 1,0281 |
| 158 | 24/01/2017 23:45 | 0,9913 | 0,9995 | 0,9764 | 1,0032 | 0,9678 | 0,9893 | 1,0142 | 1,0281 |
| 159 | 24/01/2017 23:46 | 0,9913 | 0,9991 | 0,9739 | 1,002 | 0,9666 | 0,9893 | 1,0142 | 1,0273 |
| 160 | 24/01/2017 23:48 | 0,992 | 0,9997 | 0,9764 | 1,0032 | 0,9642 | 0,9917 | 1,0142 | 1,0268 |
| 161 | 24/01/2017 23:49 | 0,9924 | 0,9984 | 0,9715 | 1,0032 | 0,9678 | 0,9881 | 1,0138 | 1,0273 |
| 162 | 24/01/2017 23:50 | 0,992 | 0,9991 | 0,9752 | 1,002 | 0,9752 | 0,9881 | 1,0142 | 1,0268 |
| 163 | 24/01/2017 23:51 | 0,9926 | 0,999 | 0,9727 | 0,9984 | 0,9642 | 0,9917 | 1,0128 | 1,0268 |
| 164 | 24/01/2017 23:52 | 0,9927 | 1,002 | 0,9752 | 1,0008 | 0,9642 | 0,9917 | 1,0137 | 1,0273 |

SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO INALAMBRICO DE BACTERIAS
 AUTORES: CAROLINA DIAZ RINCON, RAFAEL TORRES JIMENEZ
 GRUPO CEMOS
 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

| | | | | | | | | | |
|-----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 165 | 24/01/2017 23:53 | 0,9924 | 0,9999 | 0,9727 | 1,0008 | 0,9654 | 0,9905 | 1,0137 | 1,0257 |
| 166 | 24/01/2017 23:54 | 0,9924 | 0,9998 | 0,9727 | 1,0008 | 0,9605 | 0,9893 | 1,0132 | 1,0273 |
| 167 | 24/01/2017 23:55 | 0,9926 | 1,003 | 0,9691 | 1,0008 | 0,9666 | 0,993 | 1,0149 | 1,0273 |
| 168 | 24/01/2017 23:56 | 0,9939 | 0,9998 | 0,9727 | 0,9984 | 0,9666 | 0,9893 | 1,0149 | 1,0295 |
| 169 | 24/01/2017 23:57 | 0,993 | 1,001 | 0,9691 | 1,0032 | 0,9666 | 0,9905 | 1,013 | 1,0281 |
| 170 | 24/01/2017 23:59 | 0,9932 | 0,9997 | 0,9678 | 1,0032 | 0,9654 | 0,9881 | 1,0149 | 1,0281 |
| 171 | 25/01/2017 0:00 | 0,9932 | 0,9999 | 0,9715 | 1,013 | 0,9654 | 0,9893 | 1,0149 | 1,0273 |
| 172 | 25/01/2017 0:01 | 0,9938 | 0,9999 | 0,9727 | 1,002 | 0,9715 | 0,9893 | 1,014 | 1,0273 |
| 173 | 25/01/2017 0:02 | 0,9939 | 0,9998 | 0,9691 | 1,002 | 0,9666 | 0,9881 | 1,0135 | 1,0273 |
| 174 | 25/01/2017 0:03 | 0,9923 | 0,9998 | 0,9691 | 1,0008 | 0,9654 | 0,9856 | 1,0145 | 1,0281 |
| 175 | 25/01/2017 0:04 | 0,9954 | 1,001 | 0,9715 | 1,0008 | 0,9666 | 0,9905 | 1,0157 | 1,0295 |
| 176 | 25/01/2017 0:05 | 0,9927 | 0,9997 | 0,9703 | 1,0008 | 0,9666 | 0,9893 | 1,0157 | 1,0295 |
| 177 | 25/01/2017 0:06 | 0,9952 | 0,9999 | 0,9715 | 1,002 | 0,9666 | 0,9917 | 1,014 | 1,0281 |
| 178 | 25/01/2017 0:07 | 0,9952 | 1,002 | 0,9691 | 0,9984 | 0,9654 | 0,9881 | 1,014 | 1,0281 |
| 179 | 25/01/2017 0:09 | 0,9952 | 1,001 | 0,9715 | 1,0008 | 0,9642 | 0,9905 | 1,0163 | 1,0313 |
| 180 | 25/01/2017 0:10 | 0,9952 | 1,002 | 0,9715 | 0,9971 | 0,9654 | 0,9893 | 1,0163 | 1,0313 |