

**PROTOTIPO ANALIZADOR DE PARÁMETROS DE INCUBADORA NEONATAL DE BAJO  
COSTO  
MONOGRAFIA**

**JUAN MANUEL QUIROGA BAUTISTA  
DIEGO ALEJANDRO BARRETO FRANCO**

**UNIVERSIDAD ECCI  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
COORDINACIÓN DE INGENIERIA BIOMÉDICA  
BOGOTÁ, D.C.  
2017**

**PROTOTIPO ANALIZADOR DE PARÁMETROS DE INCUBADORA NEONATAL DE BAJO  
COSTO  
MONOGRAFIA**

**JUAN MANUEL QUIROGA BAUTISTA  
DIEGO ALEJANDRO BARRETO FRANCO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE TECNOLOGO EN ELECTROMEDICINA**

**ANGEL VALENTIN MOLINA MOJICA  
Ing. Electrónico, MsC Ingeniería Biomédica**

**UNIVERSIDAD ECCI  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
COORDINACIÓN DE INGENIERIA BIOMÉDICA  
BOGOTÁ, D.C.  
2017**

## TABLA DE CONTENIDO

<i>Listado de figuras</i>	4
<i>Listado de tablas</i>	4
<i>1. Resumen</i>	5
<i>2. Introducción</i>	6
<i>2.1. Planteamiento del problema</i>	7
<i>2.2. Justificación</i>	7
<i>3. Objetivos</i>	8
3.1 Objetivo general	8
3.2 Objetivos específicos	8
<i>4. Marco teórico</i>	9
4.1 Incubadora	9
4.2 Temperatura	10
4.3 Humedad	11
4.4 Ruido	11
4.5 Características principales del INCU:	13
4.5.1 Sensor de temperatura y humedad DHT11: (humedad y temperatura)	13
Características:	14
4.5.2 Sensor de sonido KY-038	14
Características:	14
<i>5. Diseño metodológico</i>	16
5.1. Flujograma	16
5.1.2 Sensor DHT1	18
5.1.3 Sensor KY-038	18
5.1.4 Arduino	19
5.1.5 Matlab	19
<i>6. Análisis de costos</i>	20
<i>7. Resultados</i>	21
7.1 Análisis de resultados.	23
<i>8. Conclusiones y consideraciones del diseño:</i>	26
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	28

## Listado de figuras

ILUSTRACIÓN 1. INCUBADORA NEONATAL .....	9
ILUSTRACIÓN 2. ANALIZADOR DE INCUBADORA INCU .....	12
ILUSTRACIÓN 3. SENSOR TEMPERATURA Y HUMEDAD (DHT11) .....	13
ILUSTRACIÓN 4. SENSOR DE SONIDO KY-038.....	14
ILUSTRACIÓN 5. ARDUINO UNO .....	15
ILUSTRACIÓN 6. LCD 2X16 .....	16
ILUSTRACIÓN 7. FLUJOGRAMA DEL PROYECTO .....	16
ILUSTRACIÓN 8. INTERFAZ ANALIZADOR DE INCUBADORA NEONATAL .....	21
ILUSTRACIÓN 9. INTERFAZ GRÁFICA CON 20 NÚMEROS DE MUESTRAS .....	22
ILUSTRACIÓN 10. VALORES INFERIORES A LOS DE LA GRÁFICA DE HUMEDAD.....	23
ILUSTRACIÓN 11. TEMPERATURA VS HUMEDAD .....	24
ILUSTRACIÓN 12. CAMBIOS ABRUPTOS SENSOR DE RUIDO .....	24
ILUSTRACIÓN 13. ERROR AL INTENTAR CERRAR EL PROGRAMA SIN HABER TERMINADO DE ANALIZAR .....	25

## Listado de tablas

TABLA 1. RANGOS NORMALES DE TEMPERATURA CORPORAL EN EL RECIÉN NACIDO. ....	9
TABLA 2. VALORES PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA HIPOTERMIA.....	10
TABLA 3. TABLA RANGO DECIBELES CON EJEMPLOS.....	12
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIABLES OTORGADOS POR EL ICU DE LA COMPAÑÍA FLUKE.....	13
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DHT11 .....	14
TABLA 6. CARACTERÍSTICAS SENSOR DE SONIDO ARDUINO KY-038 .....	14
TABLA 7. COSTOS DE FABRICACIÓN .....	20

# **PROTOTIPO ANALIZADOR DE PARÁMETROS DE INCUBADORA NEONATAL DE BAJO COSTO**

## **1. Resumen**

En este proyecto se puede considerar la opción de evaluar el funcionamiento de una incubadora con un analizador de variables de bajo costo, el cual puede definir si los parámetros de temperatura, humedad y ruido son los óptimos para que el funcionamiento de una incubadora sea el indicado y recomendado por el personal médico del centro hospitalario. Ya que los analizadores que están en el mercado en el momento tienen un valor bastante elevado se puede optar por éste analizador de bajo costo para ciertos centros de salud que no pueden costearlo, así que se crea un instrumento de medición el cual; de manera confiable pueda decirnos si la incubadora está proporcionando los valores indicados, y que este entre los límites normales del equipo.

La importancia de mantener este tipo de equipo médico en buen estado, es la salvaguardar la vida de los neonatos que necesitan mantener una estabilidad térmica, ya que su piel aún es muy delgada y su temperatura tiende a disminuir gradualmente por conducción, convección radiación y evaporación. [1]

## **2. Introducción**

En los centros de servicios de salud sean clínicas u hospitales, en donde prestan el servicio para recién nacidos existen incubadoras que permiten mantener una temperatura adecuada al neonato en su etapa de adaptación al medio. Estos equipos son utilizados constantemente y para esto se debe tener al día todos los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo que pueda requerir el equipo; adicional a los mantenimientos las incubadoras necesitan de verificaciones en los mantenimientos los cuales incluyen pruebas de temperatura, sonido y humedad. Para asegurar la confiabilidad de dichos parámetros es necesario de un elemento que nos permita tener certeza de que se estén cumpliendo; es allí, donde entran los analizadores de incubadoras, estos dispositivos deben ser ligeros y portátiles están creados para verificar la operación correcta de la incubadora; este analizador registra simultáneamente parámetros importantes en el cuidado del neonato tales como control de temperatura, porcentaje de humedad y el nivel de sonido del medio [2]. Realizar este tipo de control en los parámetros resultan muy costosos para varias empresas y centros de salud, por ende, la creación de un analizador de bajo costo, pero confiable se hace indispensable; en este proyecto se busca tener la mejor confiabilidad de los datos con el menor costo posible para que los eventos adversos e incidentes por incubadoras no ocurran.

## **2.1. Planteamiento del problema**

Actualmente en el mercado no se cuenta con analizadores de incubadoras asequibles para cualquier entidad prestadora de salud. Debido al costo elevado para algunas instituciones de bajo nivel de complejidad, no se logra comprobar los valores que arrojan los equipos siendo este un problema al momento de realizar las pruebas de funcionamiento del equipo, no se puede garantizar la fiabilidad de los datos arrojados por el equipo. Adicional a esto son escasos los equipos que integren sistemas de medición multiparámetro con un reducido porcentaje de error. Se obtiene una cotización realizada al Hospital San Ignacio en el cual se contemplan los valores de las calibraciones en el Anexo I. **(ver anexos al final.)**

## **2.2. Justificación**

Se desarrollará un prototipo de analizador de incubadoras que consiste en un conjunto de sistemas capaces de registrar parámetros específicos como humedad relativa, temperatura y ruido; esto con el fin de brindar una mayor confiabilidad de los parámetros que registran las incubadoras en los centros médicos y así tener total seguridad de que éste equipo médico brinde las mejores condiciones para los neonatos, este proyecto busca minimizar riesgos para los recién nacidos garantizando que el entorno en el cual se encuentren esté en las mejores condiciones para su crecimiento y desarrollo debido a que su estado de salud en esa etapa de su vida es muy inestable y debe ser monitoreada continuamente, por esto es que los parámetros deben ser controlados minuciosamente.

Para el desarrollo del analizador se toma en cuenta el funcionamiento, características y parámetros de las incubadoras que se encuentran en los centros médicos, y así realizar comparaciones con los valores arrojados por éstas y verificar la precisión de los equipos. La aplicación de este proyecto en el ámbito médico ayudará a disminuir la probabilidad de ocurrencia de un evento adverso que perjudique al paciente y a la institución; por otro lado brindará seguridad al personal de la salud que manipule los equipos y a los usuarios. Este proyecto permite verificar que los parámetros del equipo se encuentren óptimos antes de ingresar al paciente indicando su óptimo funcionamiento

### **3. Objetivos**

#### ***3.1 Objetivo general***

Diseñar un prototipo analizador de incubadoras que permita verificar el estado del equipo, implementándolo con sistemas que garanticen el funcionamiento, parámetros dentro de sus rangos y económicamente asequible.

#### ***3.2 Objetivos específicos***

Desarrollar sistemas de bajo costo en el prototipo que permitan analizar de manera confiable los parámetros a controlar en las incubadoras neonatales (Humedad, Temperatura y Ruido).

- Implementar de manera gráfica la información procesada por el prototipo analizador de incubadoras con la posibilidad de visualizar en tiempo real cada toma de los datos obtenidas por los sensores y brindar el resultado para evaluar si es apto o no el equipo para su uso.
- Diseñar una plataforma didáctica que brinde la posibilidad de visualizar el registro de la adquisición de datos de todos los parámetros sensados de la incubadora neonatal.

## 4. Marco teórico

### 4.1 Incubadora

Es un equipo biomédico conformado por una cúpula cuya función es mantener la temperatura corporal del neonato en un medio ambiente controlado [3].

La cúpula también permite mantener aislado al paciente del medio ambiente sin perder contacto visual con él, con el fin de proporcionarle un medio que favorezca el desarrollo del neonato (prematuro, término o enfermo). Los neonatos tienen un déficit en el sistema respiratorio y no dispone de capacidad de adaptación a los cambios de temperatura, por esta razón se controla el porcentaje de humedad, oxígeno que inhala el neonato y temperatura, garantizando la oxigenación de los tejidos, cerebro y la temperatura corporal del paciente.



*ILUSTRACIÓN 1. INCUBADORA NEONATAL*

La incubadora posee orificios denominados mangas con protección para manipular al recién nacido sin abrir el habitáculo, de esta forma se garantizan las mejores condiciones en la atención al paciente y se protege al neonato de exposiciones a las infecciones del medio [4].

*TABLA 1. RANGOS NORMALES DE TEMPERATURA CORPORAL EN EL RECIÉN NACIDO.*

<b>Clasificación de temperatura neonato</b>	<b>Localización fisiológica en el neonato</b>	<b>Valores normales</b>
Temperatura corporal central normal	Temperatura axilar y rectal	36,5 - 37,5 °C.
Temperatura de piel	Temperatura abdominal	36,0 - 36,5 °C

*Fuente: [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/williamsoler/consenso\\_termoreg.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/williamsoler/consenso_termoreg.pdf)*

Uno de los grandes problemas que se quiere evitar en el proceso de desarrollo del paciente en la incubadora es específicamente la disminución de la temperatura corporal a niveles que generen hipotermia. Los valores para poder clasificar al neonato con esta patología son:

*TABLA 2. VALORES PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA HIPOTERMIA.*

<b>Tipo de hipotermia</b>	<b>Temperatura corporal</b>	<b>Temperatura de piel</b>
Hipotermia leve	36 - 36,4 ° C	35,5 - 35,9 ° C
Hipotermia moderada	32 - 35,9 ° C	31,5 - 35,4 ° C
Hipotermia grave	< 32 ° C.	< 31,5 ° C

*Fuente: [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/williamsoler/consenso\\_termoreg.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/williamsoler/consenso_termoreg.pdf)*

Los signos más comunes para identificar la hipotermia son [5]:

- Temperatura corporal baja
- Aumento en la concentración de oxígeno
- Respiraciones irregulares y/o apnea
- Taquipnea
- Intolerancia alimentaria
- Distensión abdominal,
- Aumento del residuo gástrico
- Irritabilidad
- Disminución de los reflejos.
- Hipotonía
- Llanto débil
- Succión débil
- Hipoglucemia
- Edema
- Dificultad para descansar

## **4.2 Temperatura**

Se puede definir como el grado de energía térmica, intensidad de calor o la cantidad de energía que puede ser transferida de un cuerpo a otro. Esta medida regularmente es evaluada en grados Celsius. [6]

Las escalas de medición se clasifican en: [6]:

### **a) Escala en grados centígrados o Celsius.**

Se caracteriza por tener un intervalo de temperatura de ebullición del agua en 100 partes o grados, el punto de fusión es 0°C y el de ebullición a 100°C.

### **b) Escala en grados Fahrenheit.**

Esta escala divide los rangos de temperatura entre el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua (180 grados), al punto de congelación le corresponde el valor de 32°F y al de ebullición de 212°F.

**c) Escala Kelvin.**

En esta escala el cero es el cero absoluto, es decir que la temperatura teórica en la cual no hay movimiento molecular el calor es cero, en esa escala el punto de fusión del hielo corresponde a 273.1°K y el punto de ebullición del agua corresponde a 373.1°K.

**d) Escala Ranking.**

Esta también es una escala absoluta, pero considerando las divisiones de la escala Fahrenheit, en esta escala 0°F corresponden a 459.6°R.

**e) Escala Reaumur.**

Esta escala de temperaturas fue creada en 1730 por René-Antoine Ferchault de Reaumur. Inicialmente, se usó vino diluido como líquido termométrico y para designar el punto de congelación del agua como 1000 y el punto de ebullición del agua como 1080. La escala no es tan usada excepto en la industria de bebidas y licores. Las temperaturas son denotadas por el termino °Ré y por el símbolo °Ré. [6]

### **4.3 Humedad**

Definida como la cantidad de vapor presente de cualquier líquido que se encuentra presente en la superficie o en el aire.

Existen tres clases para medir humedad, sea: relativa, absoluta y específica.

**Humedad Relativa**

En el medio ambiente existe una cantidad de agua en forma de vapor compuesta por el aire llamándose humedad y se suele medir como humedad relativa. Es decir, si la humedad es del 50% el aire contendría el 50% de vapor de agua. [7]

**Humedad Específica**

Es cantidad de humedad en peso, es decir los gramos de vapor de agua contenidos en 1 kg de aire seco, este parámetro se media en g/kg. [7]

**Humedad Absoluta**

Se caracteriza por ser el peso del vapor de agua por unidad de volumen es decir el peso en gramos del vapor de agua contenido en 1 metro cúbico de aire, expresándose en gm<sup>3</sup>. [7]

### **4.4 Ruido**

El ruido se puede definir como el sonido no deseado que se presenta en el ambiente o en cualquier lugar cerrado, que afecte la salud de la humanidad. Para saber la magnitud del ruido se utiliza los decibeles (dB), permitiendo identificar la intensidad del sonido.

El nivel del ruido que perturba un estado normal al oído se encuentra en los 80 dB y es dañino a los 130 dB, generando este dolor. [8]

Para tener una idea más global de los rangos de ruido en términos de decibeles se presenta la siguiente tabla.

*TABLA 3. TABLA RANGO DECIBELES CON EJEMPLOS*

140 dB	Umbral del dolor
130 dB	Avion despegando
120 dB	Motor de avión en marcha
110 dB	Concierto / Acto cívico
100 dB	Perforadora eléctrica
90 dB	Tráfico / Pelea de dos personas
80 dB	Tren
70 dB	Aspiradora
50 dB	Aglomeración de gente
40 dB	Conversación
20 dB	Biblioteca
10 dB	Respiración tranquila
0 dB	Umbral de audición

**Fuente:** <http://servicioseducativos.over-blog.org/article-los-decibeles-72411455.html>

Actualmente en el mercado se encuentra un único tipo de analizador de incubadora otorgado por la empresa FLUKE denominado INCU, este mide simultáneamente el sonido, la humedad relativa y cuatro temperaturas independientes. Esto permite a los técnicos realizar otras tareas mientras el dispositivo recoge y registra los datos. (Fluke)[9]



*ILUSTRACIÓN 2. ANALIZADOR DE INCUBADORA INCU*

#### 4.5 Características principales del INCU:

TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIABLES OTORGADOS POR EL ICU DE LA COMPAÑÍA FLUKE.

Variable	Rango de medición	Resolución	Exactitud
Nivel de sonido	30 dbA - 80 dbA	0.1 dbA	+5 dbA
Humedad Relativa	0% - 100%	0.1% RH	+5 %
Temperatura	5°C - 70 °C	0.1 °C	+ 0.5°C

Fuente: [http://www.stelectromedicina.es/pdf/fluke/INCU\\_v0807.pdf](http://www.stelectromedicina.es/pdf/fluke/INCU_v0807.pdf)

#### Temperatura

Los sensores que se emplearan para el diseño de nuestro analizador de incubadora incluyen:

- Sensor de temperatura y humedad
- DHT11
- KY-038

##### 4.5.1 Sensor de temperatura y humedad DHT11: (humedad y temperatura)

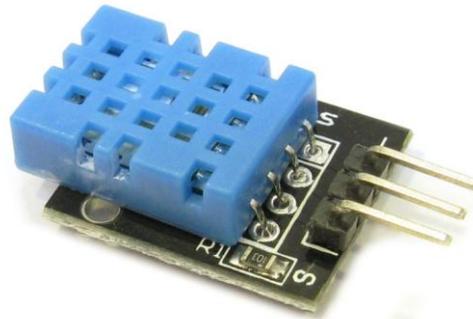


ILUSTRACIÓN 3. SENSOR TEMPERATURA Y HUMEDAD (DHT11)

Es un sensor de temperatura y humedad cuyo resultado de salida refleja datos digitales calibrados garantizando la estabilidad del sistema por un lapso de tiempo prolongado; este sensor es compatible con el sistema operativo del Arduino. [10]

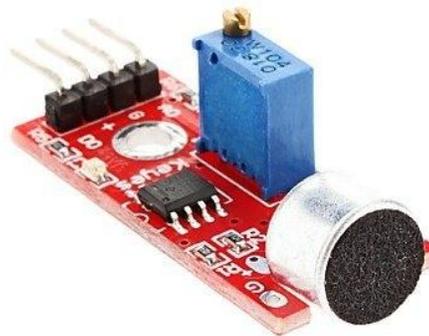
**Características:**

*TABLA 5. CARACTERÍSTICAS SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DHT11*

Variable	Rango de medición	Resolución	Exactitud
Temperatura	0 a 50°C	1 °C	+/- 2°C
Humedad	20% a 80%	1 % RH	+/- 5%

*Fuente: <http://robocraft.ru/files/datasheet/DHT11.pdf>*

**4. 5.2 Sensor de sonido KY-038**



*ILUSTRACIÓN 4. SENSOR DE SONIDO KY-038*

Es un sensor que mide los cambio de ruidos presentes en el ambiente, representándolos con cambios de voltaje de 0 voltios en presencia de algún tipo de ruido y de 5 voltios con la ausencia del mismo. Posee un trimer que permite caracterizar el sensor [11]

**Características:**

*TABLA 6. CARACTERÍSTICAS SENSOR DE SONIDO ARDUINO KY-038*

Voltaje de funcionamiento	Sensibilidad	Ajuste de sensibilidad
5 Voltios	- 46 ± 2,0, (0dB = 1V / Pa) a 1K Hz.	Por potenciómetro/software

*Fuente: <http://milyunpartes.com/otros-tipos/55-modulo-microfono-con-sensor-de-sonido-arduino-ky-038.html>*

## ARDUINO

Microcontrolador integrado por sistema (IDE) basado en una aplicación de informática de servicios integrales que facilita el desarrollo de la programación o desarrollo del software.

El hardware de este elemento posee con, un Microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Por otro lado, el software presenta un medio de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque que es ejecutado en la placa. Se programa en el ordenador para que la placa controle los componentes electrónicos, este es una tecnología nueva que a diferencia de otras tecnologías se caracteriza por ser de bajo costo. [12]



*ILUSTRACIÓN 5. ARDUINO UNO*

*Fuente: <http://arduino.cl/arduino-uno/>*

## MATLAB

Interfaz identificada como: MATrix LABORatory, "laboratorio de matrices", es una software matemático que brida sistemas integrados manejando el lenguaje de programación M, creación e implementación de matrices, datos y funciones matematizas, algoritmos, interfaces dinámicas a plataforma GUI, disponiendo también de herramientas más funcionales a nivel ingenieril como Simulink, GUIDE, toolboxes, entre otras. Una de las grandes utilidades de este sistema integrado es desarrollo de entornos dinámicos utilizado en centros de investigaciones universitarias y a nivel empresarial en programación digital o diseño de códigos VHDL. [13]

Al ser este programa un pionero en el análisis de datos; es el más adecuado para almacenar guardar y procesar los diferentes números de muestras que estarán enviando los dos diferentes sensores; además de ser compatible con la placa arduino Matlab nos ofrece una conexión serial con la placa. Se busca con Matlab enlazar la placa a un código que estará sujeto a una interfaz gráfica donde se visualice en tiempo real todos los datos enviados por los sensores y al final nos procese una estadística de los mismos arrojando un estado final del equipo.

## LCD 16x2

Estas pantallas LCD permiten demostrar ítem o caracteres alfanuméricos que representan información de algún sistema específico medibles. Es elemento no es costoso a nivel comercial y es de fácil acceso, la pantalla generalmente está distribuida de dos a cuatro filas mostrando hasta 40 caracteres. Este dispositivo tiene como comando inicial microcontroladores como el Hitachi 44780 el modelo más usados. [14]



ILUSTRACIÓN 6.LCD 2X16

## 5. Diseño metodológico

A continuación, se mostrará en un flujograma el proceso de cómo se realizará el prototipo de analizador de incubadora, y de los sensores

### 5.1. Flujograma

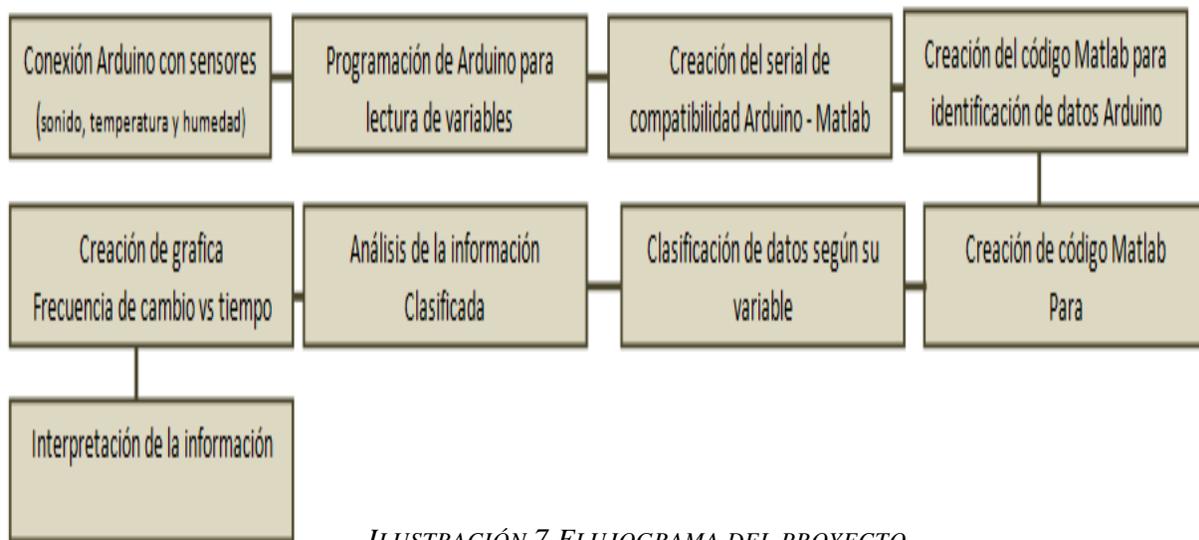


ILUSTRACIÓN 7.FLUJOGRAMA DEL PROYECTO

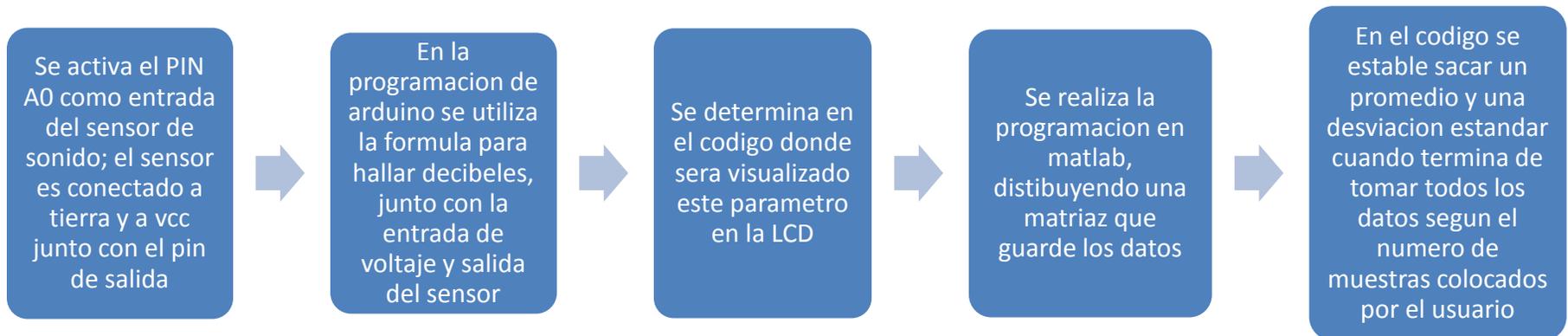
- Inicialmente partiremos de la captura de la información de una incubadora neonatal, esto lo haremos por medio de un hardware de código abierto llamado Arduino, este será conectado a un sensor con referencia DHT11 que nos va a permitir medir humedad y temperatura y a un circuito sonómetro que nos permitirá hacer la captura del nivel de sonido dentro de la misma.
- Para poder leer este sensor es necesario cargar unas librerías específicas que serán descargadas de la página oficial de Arduino
- El circuito del sensor de sonido no requiere de librería específica ya que este será leído como una entrada de datos análogos.
- Sin embargo, es importante realizar un código que realice la transformación de los datos que ingresan como voltaje y se pretenden mostrar como decibeles. Aplicando la fórmula para hallar decibeles
- Una vez seleccionadas las librerías se dispone a realizar la identificación de los sensores para posterior a esto programar la lectura y almacenamiento de la información.

- Como parte del hardware se realizará la visualización de datos por medio de una LCD, para este nuevo elemento vamos a necesitar incluir una librería, y realizar la especificación en el código de las conexiones necesarias.
- Se realiza la comunicación serial entre Arduino y Matlab.
- Se crea el código en Matlab para la adquisición de datos provenientes de los sensores conectados al Arduino.
- Los datos son tomados, clasificados y guardados en variables previamente nombradas.
- Con cada una de estas variables se realizará un gráfico en tiempo real en donde nos muestre el comportamiento de cada parámetro (humedad, temperatura y ruido)
- Al finalizar la toma de datos y el registro se hace un estudio estadístico, promediando la variabilidad de cada uno de los datos, dando un diagnóstico del funcionamiento de la incubadora.

### 5.1.2 Sensor DHT1



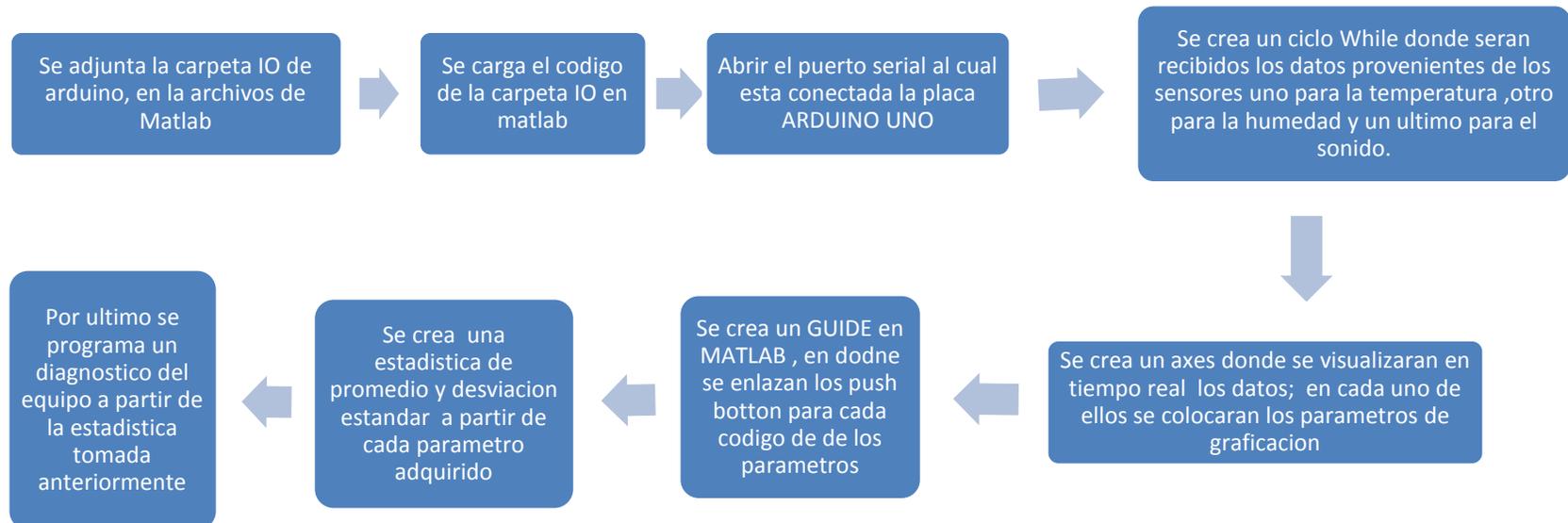
### 5.1.3 Sensor KY-038



### 5.1.4 Arduino



### 5.1.5 Matlab



## 6. Análisis de costos

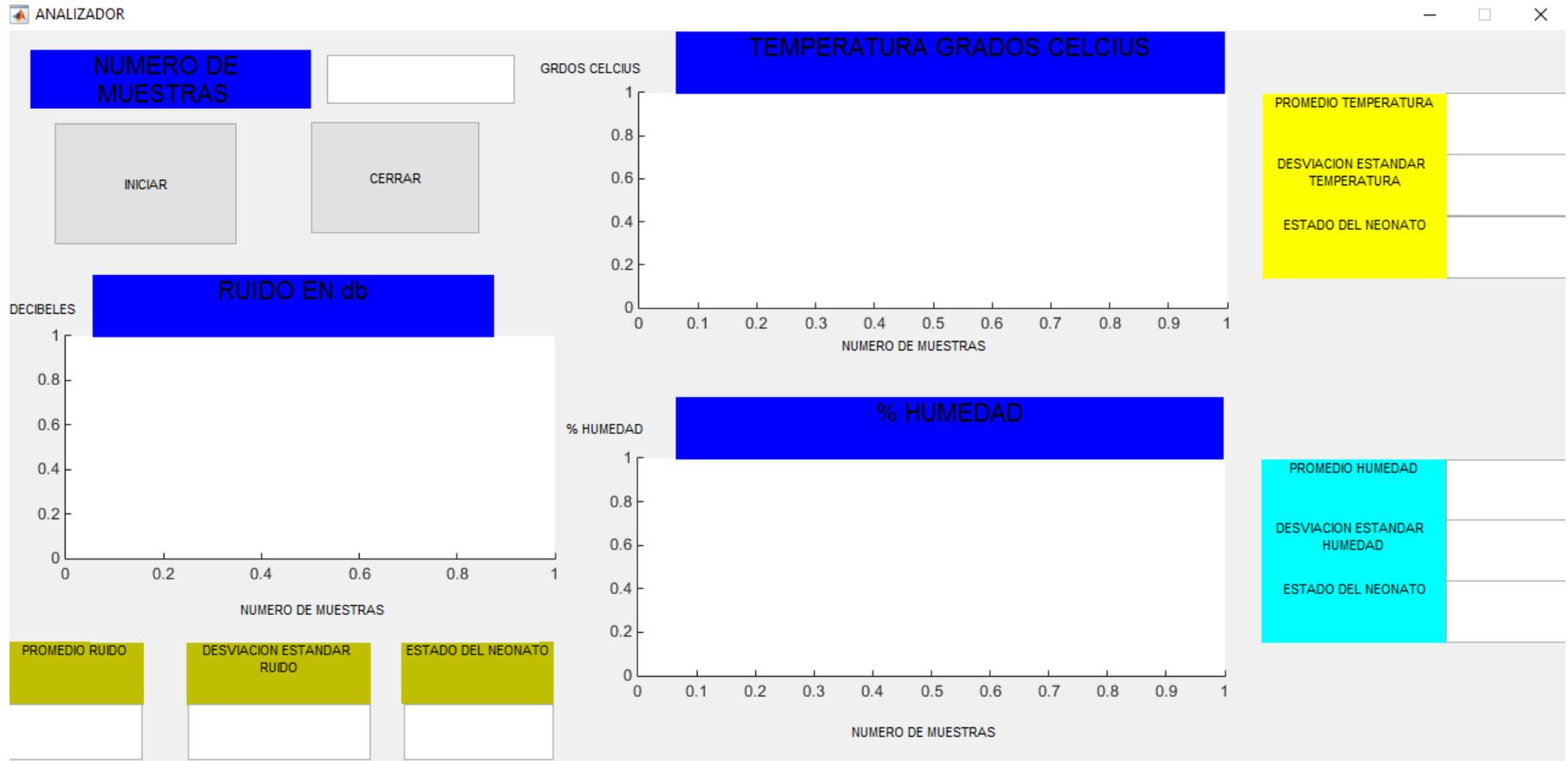
Lo componentes que fueron utilizados para la fabricación del prototipo del analizador se expone en la siguiente tabla:

*TABLA 7. COSTOS DE FABRICACIÓN*

<b>Elemento</b>	<b>Costo en pesos colombianos</b>
Placa arduino	\$50.000
Sensor DHT11 (Temperatura y Humedad )	\$15.000
Sensor de sonido KY-038	\$ 13.000
LCD 2X 16	\$ 8.500
Potenciómetro 5k $\Omega$	\$ 800
Jumpers	\$ 5.000
Baquelita virgen	\$ 5.000
Elementos para quemar baquelita	\$ 10.000
<b>Costo total de fabricación</b>	<b>\$ 107.300</b>

Fuente: Autores

## 7. Resultados



*ILUSTRACIÓN 8. INTERFAZ ANALIZADOR DE INCUBADORA NEONATAL*

Fuente: Autores

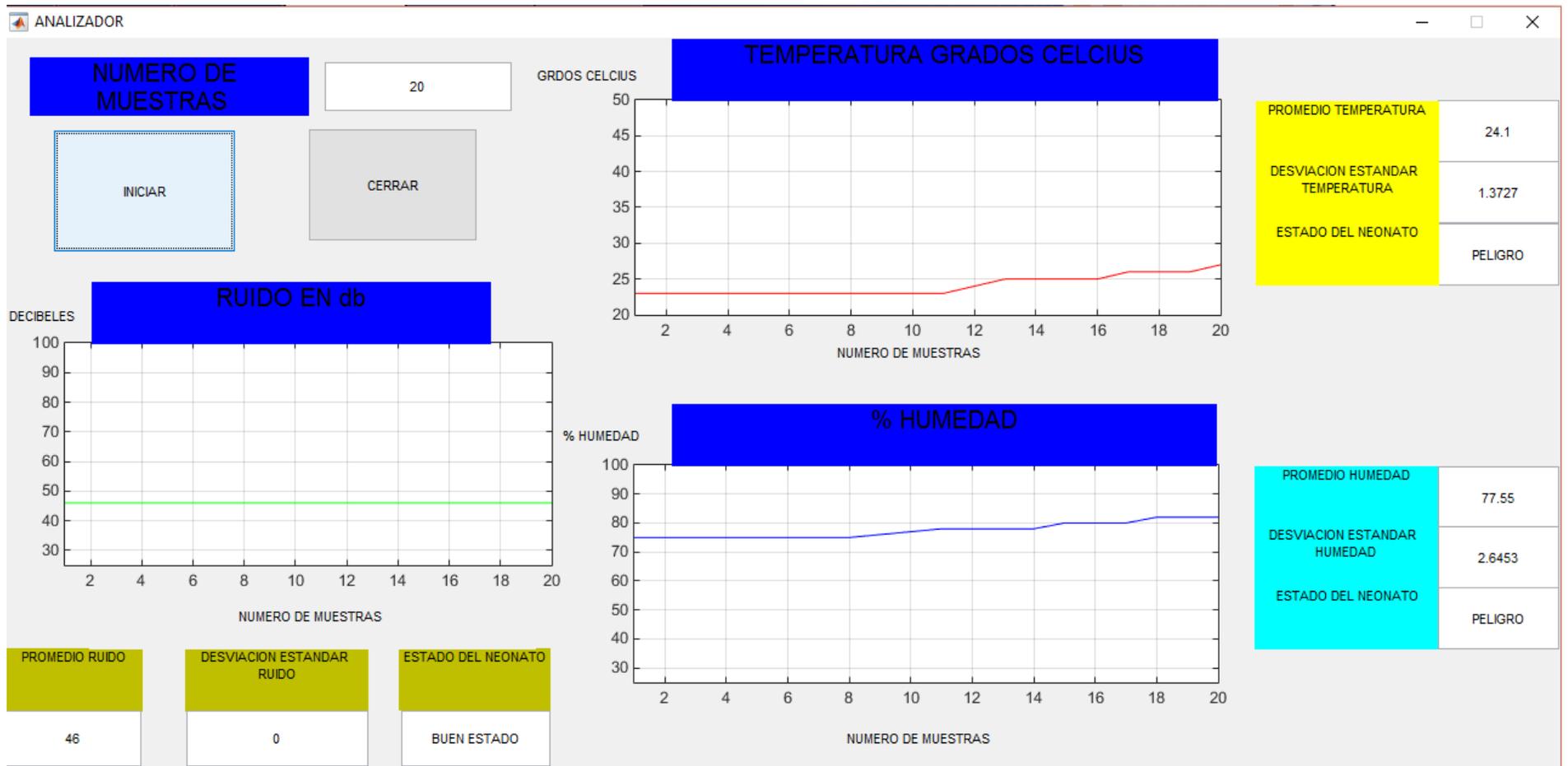


ILUSTRACIÓN 9. INTERFAZ GRÁFICA CON 20 NÚMEROS DE MUESTRAS

Fuente: Autores

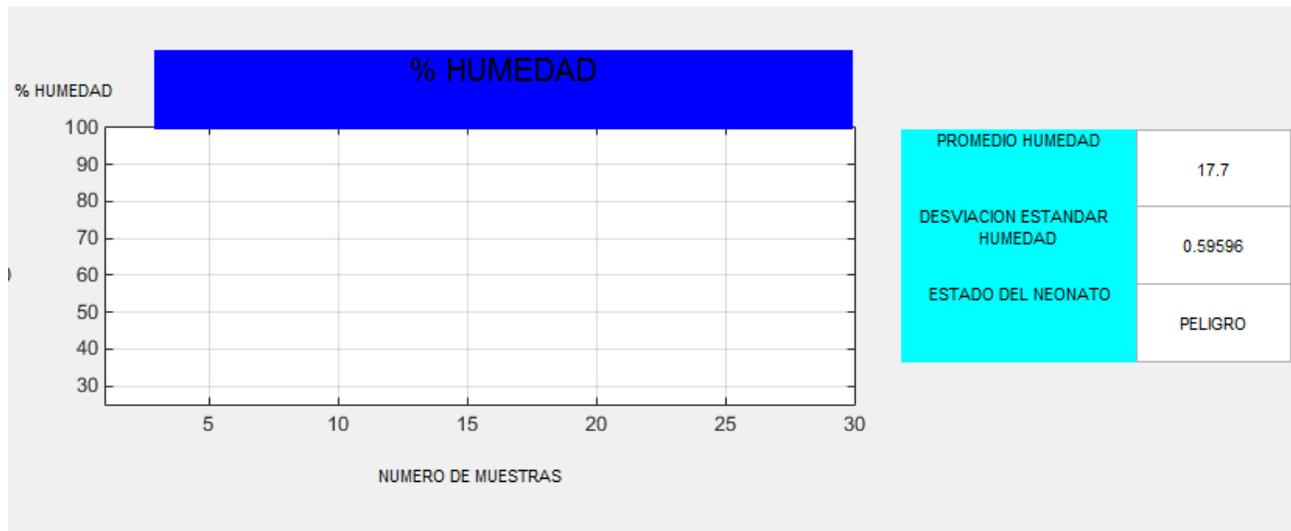
### 7.1 Análisis de resultados.

- Si la temperatura es inferior a los 20°C, no se visualiza en la gráfica, pues está diseñada para mostrar la toma de datos en un rango de 20°C hasta 50°C.

Al ser el porcentaje de humedad inferior a 30%, la gráfica no alcanza a mostrar estos datos, también no lo hará si supera al 100% de humedad ya que sobrepasa el rango del sensor.

El rango de visualización de la gráfica de ruido en decibeles está entre no menor a 30 db, y no superior a 100 db. Cabe aclarar que aunque no se muestre en la gráfica, el programa sigue guardando y analizando los datos, arrojando la estadística y su estado final del equipo.

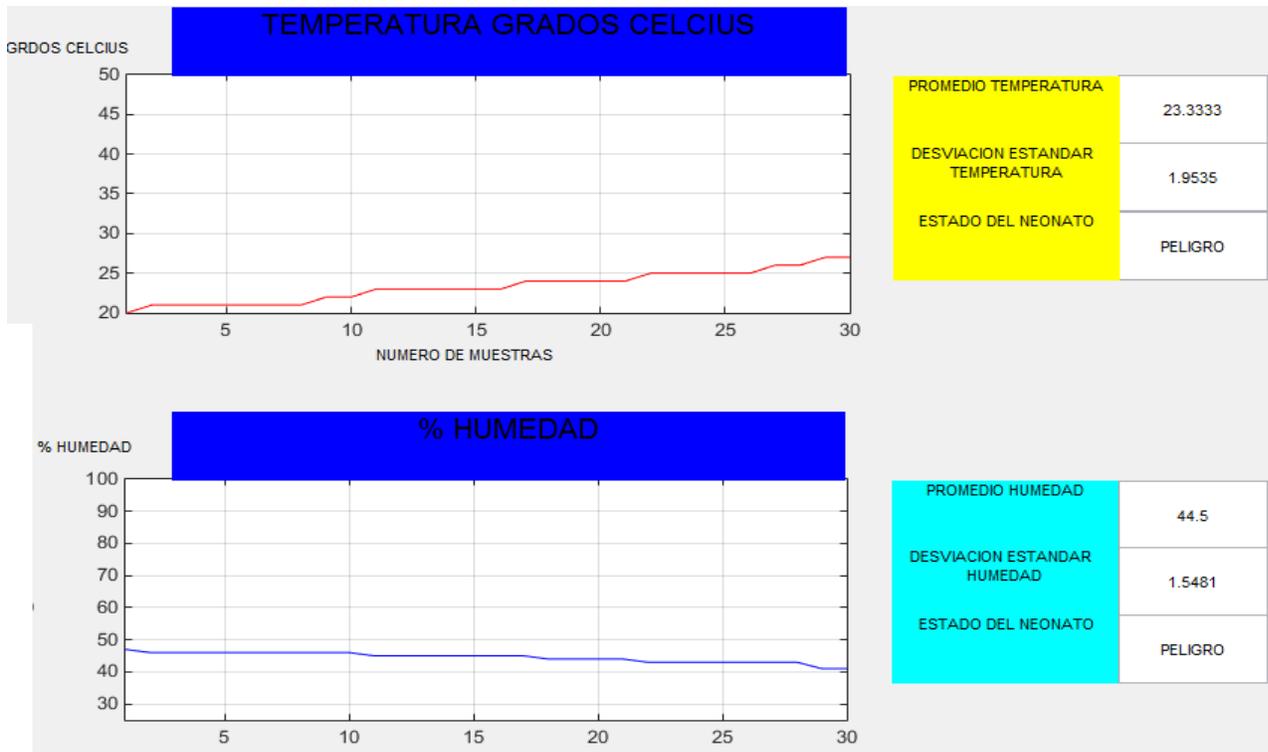
Como ejemplo de ello se muestra la siguiente figura.



*ILUSTRACIÓN 10. VALORES INFERIORES A LOS DE LA GRÁFICA DE HUMEDAD.*

Fuente: Autores

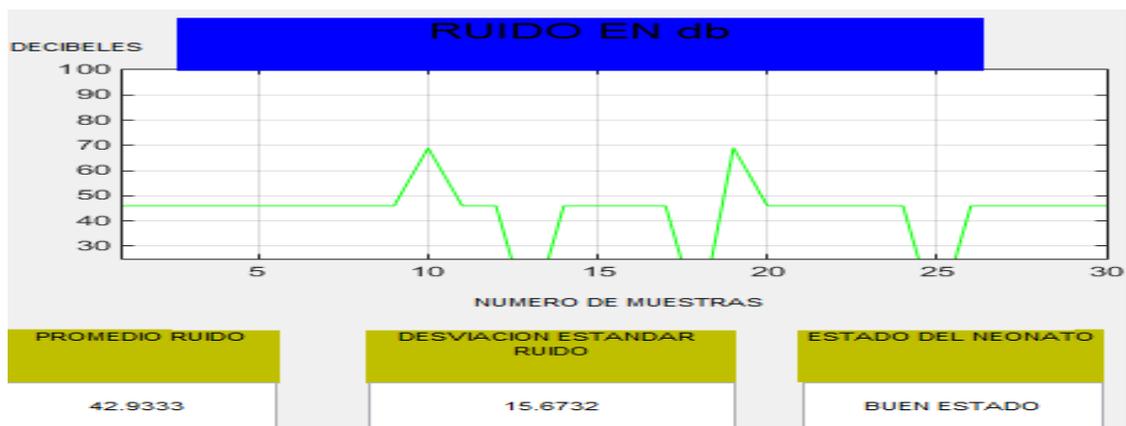
- Teniendo en cuenta los parámetros que debe cumplir las incubadoras neonatales; la interfaz nos arroja un estado de peligro o de buen estado del equipo. A partir de un promedio y de una desviación estándar de cada parámetro por separado.
- La temperatura son inversamente proporcional a la humedad como se puede ver en la figura.



*ILUSTRACIÓN 11. TEMPERATURA VS HUMEDAD*

Fuente: Autores

- Cuando el sensor de sonido detecta algún cambio de sonido, lo representa abruptamente en la gráfica de la interfaz, debido a que esta medida es de tipo logarítmico dando cambios bruscos de los valores medidos; como se puede ver en la siguiente figura:

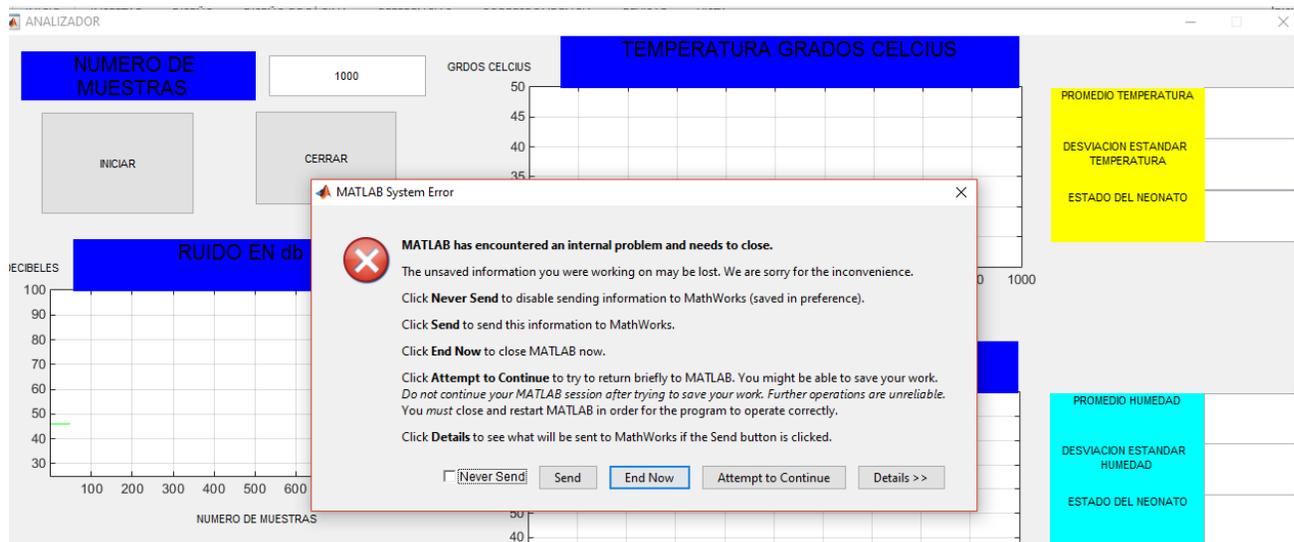


*ILUSTRACIÓN 12. CAMBIOS ABRUPTOS SENSOR DE RUIDO*

Fuente: Autores

Aunque el promedio y la desviación estándar entren en los rangos establecidos para dar un diagnóstico de buen estado, con la gráfica aseguramos que se presentan muchos cambios de sonido indicando en mal funcionamiento de los ventiladores provistos en la incubadora neonatal.

- El programa no podrá cerrarse cuando se da la opción de iniciar, en dado caso saldrá un error de ejecución por parte de Matlab. Se debe dejar que el programa termine de analizar todo el número de muestras colocadas por el usuario antes de cerrar o volver a iniciar el mismo. El tipo de error se muestra en la siguiente figura:



*ILUSTRACIÓN 13. ERROR AL INTENTAR CERRAR EL PROGRAMA SIN HABER TERMINADO DE ANALIZAR*

Fuente: Autores

- Cada vez que termine de realizar un análisis se puede volver a colocar un numero diferente de muestras o el mismo para volver a repetir este proceso sin tener que cerrar y volver abrir toda la interfaz

## 8. Conclusiones y consideraciones del diseño:

- Se deben ajustar los rangos en la estadística del programa para cada parámetro; con el fin de darle un estado final del equipo con veracidad; estos son:
  - ✓ Temperatura: 34°C – 36°C = buen estado (fuera de este rango se visualiza un alerta de PELIGRO)
  - ✓ Humedad: %50 - % 70% = buen estado (fuera de este rango se visualiza un alerta de PELIGRO)
  - ✓ Ruido: ≤50db = buen estado (fuera de este rango se visualiza un alerta de PELIGRO)
- La frecuencia de muestreo para cada toma de datos, se programó con un tiempo de 500 ms (milisegundos); esto permite que los sensores tengan un rango bastante amplio, para detectar cualquier cambio en los parámetros a analizar.
- Para lograr utilizar el sensor de sonido en arduino se debe aplicar la fórmula en el código y esta es:

$$I(dB) = 10 \log_{10} \left[ \frac{I}{I_0} \right]$$

Dónde:

*I=son los 5 voltios de entrada*

*I<sub>0</sub>=Representa (1023) dato que arroja el sensor como salida*

- Al utilizar el sensor de sonido de arduino debemos caracterizarlo con el trimer, que posee el sensor, se realizaron las pruebas comparando los resultados con una aplicación de ruido con escala de decibeles.
- La placa donde son colocados los componentes del analizador es ligera y con dimensiones no superiores a la placa arduino junto con la LCD; esto permite un desplazamiento fácil y seguro del analizador evitando golpes al ser transportada a cualquier lugar.
- Los sensores deben estar conectados o uno o a varios jumpers, que les permita una extensión a los diferentes puntos de la incubadora neonatal.
- El prototipo de analizador de incubadora se logra diseñar y fabricar a un precio no superior a los \$150.000 (ciento cincuenta mil pesos colombianos).  
Esto lo hace bastante económico comparado con los analizadores encontrados en el mercado actual. Que sobrepasan los \$9'000.000(nueve millones de pesos colombianos)
- Los parámetros de temperatura, humedad y ruido son visualizados en tiempo real en la interfaz creada para el analizador; cada una con su grafica independiente. Esto permite asegurar el funcionamiento del equipo en cuando a la trasmisión de toma de datos provenientes de los sensores además de esto el personal asistencial tendrá una idea clara y concisa de los resultados suministrados por el analizador.

- La interfaz es didáctica, sencilla y fácil de usar por cualquier usuario que desee analizar estos parámetros, además el personal asistencial podrá suministrar el número de muestras, que considere pertinente sean analizadas por el equipo.
- La estadística programada en la interfaz del analizador nos arroja un estado de buen estado o de peligro, según se cumplan o no los rangos para cada parámetro de las incubadoras neonatales.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Ana Quiroga, g. c. (11 de 01 de 2010). *guía de práctica clínica de termoregulación en el recién nacido*. Argentina: sociedad iberoamericana de neonatología. obtenido de sociedad iberoamericana de neonatología:[http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/williamsoler/consenso\\_termoreg.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/williamsoler/consenso_termoreg.pdf)
- [2] Antioquia, u. d. (2009). *metrologia bioingenieria*. obtenido de analizador de incubadoras: <https://sites.google.com/site/metrologiabioingenieria/home/videos/analizador-de-incubadoras>
- [3] Castillo, x. u. (2012). *incubadora neonatal y cuna térmica*. San Salvador: universidad don bosco. obtenido de universidad don bosco: <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/biomedica-tecnologico/equipo-medico-de-tratamiento/2012/ii/guia-6.pdf>
- [4] Escuela de salud duocuc. (2009). *incubadora y fototerapia*. Santiago de Chile: escuela de salud duocuc. obtenido de incubadora y fototerapia: [http://biblioteca.duoc.cl/bdigital/documentos\\_digitales/600/610/39657.pdf](http://biblioteca.duoc.cl/bdigital/documentos_digitales/600/610/39657.pdf)
- [5] Fluke biomedical. (incubator analyzer). *fluke biomedical suggest*. obtenido de incu: <http://www.flukebiomedical.com/biomedical/usen/incubator-analyzer/incu-incubator-analyzer.htm?pid=56329>
- [6] Academia de bioinstrumentación maría de lourdes cortés ibarra/rigoberto garibay sánchez:<http://www.biblioteca.upibi.ipn.mx/archivos/material%20didactico/apuntes%20para%20la%20asignatura%20de%20instrumentaci%c3%b3n%20y%20control/cap2.pdf>
- [7] Ciencias naturales: <http://www.areaciencias.com/meteorologia/humedad.html>
- [8] America servicios educativos. Carola Pozo Cortez : <http://servicioseducativos.overblog.org/article-los-decibeles-72411455.html>
- [9] Fluke, b. (s.f.). *incu\_v0807*. obtenido de incu analizador de incubadora datos técnicos: [http://www.stelectromedicina.es/pdf/fluke/incu\\_v0807.pdf](http://www.stelectromedicina.es/pdf/fluke/incu_v0807.pdf)
- [10] Sunrom technologies. (2012). *dth11 humidity and temperature sensor*. India: sunrom technologies.
- [11] Sensor de sonido ky-038 para arduino | ardushop  
[ardushop  
ardushop.eshttps://www.ardushop.es/tienda/sensores/sensor-sonido-arduino/](https://www.ardushop.es/tienda/sensores/sensor-sonido-arduino/)
- [12] Arduino: hyperlink "<https://www.arduino.cc/>" \h <https://www.arduino.cc/>
- [13] Matworks: hyperlink "<http://es.mathworks.com/products/matlab/>"
- [14] Todoelectrodo: <http://todoelectrodo.blogspot.com.co/2013/02/lcd-16x2.html>