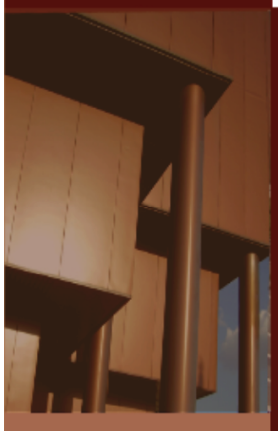
Proyecto Fin de Grado
Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica.

Relación entre temperatura y luz en un acuario, analizando datos adquiridos con Arduino y Matlab.

Autor: Jesús Casaucao Liger

Tutor: Alfredo Perez Vega-Leal



Dep. Ingeniería Electrónica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017

Relación entre temperatura y luz en un acuario, Analizando datos adquiridos con Arduino y Matlab.

Relación entre temperatura y luz en un acuario, Analizando datos adquiridos con Arduino y Matlab.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería.

Grado en Electrónica, Robótica y Mecatrónica

Trabajo Fin de Grado

CURSO ACADÉMICO [2016-2017]

TÍTULO: **Relación entre temperatura y luz en un acuario, Analizando datos adquiridos con Arduino y Matlab.**

AUTOR: **Jesús Casaucao Liger**

TUTOR: **Alfredo Pérez Vega-Leal**

DEPARTAMENTO: **Ingeniería Electrónica**

RESUMEN:

En este trabajo estudiaremos la relación entre la temperatura y la luz, para ello partiremos de la hipótesis de que el aumento de la luz incidente sobre el agua del acuario modifica su temperatura, aumentándola.

Para llevar a cabo este experimento utilizaremos dos sensores para obtener los datos. Una placa "Arduino UNO" para leer esos datos, y dado que el Arduino no permite analizar los datos obtenidos en tiempo real, vamos a utilizar un programa diseñado en Matlab para dicho propósito. Este programa es el bloque principal del trabajo y se encarga de la conexión con el Arduino, lectura de los datos y gráfica de los mismos en tiempo real. También lo usaremos para analizar estadísticamente los datos con el fin de poder ver la relación entre las dos magnitudes. Y comprobar que la hipótesis es correcta.

Tomaremos muestras cada hora, durante 12 horas. Cada muestra durará 5 minutos. La primera será antes de que la luz del acuario se encienda y posteriormente al encendido.

TÉRMINOS CLAVE:

Adquisición de datos, Calibración de instrumentos, Lectura de datos, Gráfica de datos, Análisis de datos, Temperatura, Luz, Correlación.

Relación entre temperatura y luz en un acuario, Analizando datos adquiridos con Arduino y Matlab.

Relación entre temperatura y luz en un acuario, Analizando datos adquiridos con Arduino y Matlab.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN……8-10

1.1 Justificación del Trabajo……8

1.2 Objetivos Propuestos……...8

1.3 Metodología……..9

1.4 Estructura……..…….9-10

2 JUSTIFICACIÓN……10-19

2.1 Importancia del trabajo para los acuarios……...……...10

2.1.1 El Acuario……..……10-13

2.2 Descripción de las variables bajo estudio……..13-19

2.2.1 La Temperatura……13-16

2.2.2 La Luz……16-19

2.3 El estudio como base del control de acuarios……19

3 HIPÓTESIS……..….20

4 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE……..20-29

4.1 Sensor de temperatura……20-24

4.1.1 PT100……..…21-22

4.1.2 LM35DZ……..…….……..22-24

4.2 Sensor de luz……..…..24-25

4.2.1 LDR……24-25

4.3 Arduino UNO……...….26

5 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE……..….27-29

5.1 Matlab……...27-28

5.2 Arduino V1.8……...……28-29

6 CONEXIONES Y MONTAJES……..……29-34

6.1 Instrumentación sensor de luminosidad……....29-31

6.2 Conexiones con Arduino……..31-33

6.3 Conexión puerto serie Arduino y Matlab……..33-34

Relación entre temperatura y luz en un acuario, Analizando datos adquiridos con Arduino y Matlab.

7 DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO DE MEDIDA……...……..34-47

7.1 Primera Parte……..…….35-41

7.1.1 Bucle de graficar en directo……..……...…..35-40

7.1.2 Final de la primera parte……..…..…...40-41

7.2 Segunda Parte……...…....41-42

7.3 Tercera Parte……...……..43

7.4 Cuarta Parte…….43-47

7.4.1 Estudio de la temperatura del agua……...……..44-45

7.4.2 Estudio de la temperatura del aire……....45

7.4.2 Estudio de la luminosidad……..46

7.4.3 Estudio de la correlación……...……..46-47

8 DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS…….……..47-50

8.1 Sin agua……...…47

8.2 Sin luz…….…48

8.3 Con un tercio de agua y luz…….....48

8.4 Con dos tercios de agua y luz……...48

8.5 Con un litro de agua y luz…….…....49

9 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS……...……49-64

9.1 Resultados sin agua…….……...…50

9.2 Resultados sin luz……..50-52

9.3 Resultado con 330ml de agua y luz……..……53-54

9.4 Resultado con 660ml de agua y luz…….…….55-56

9.5 Resultados con 1000ml de agua y luz……...……...57-64

9.5.1 Resultado primera parte…….…….57-58

9.5.2 Resultado segunda parte……..58-59

9.5.3 Resultado de la tercera parte…….……..59-61

9.5.4 Resultado cuarta parte……...……..……61

9.5.5 Resultado de la temperatura……..…….61-62

9.5.6 Resultado de la luz……...……..……63

9.5.7 Resultado de la correlación……...…..……..64

10 CONCLUSIÓN…….....……65-67

11 BIBLIOGRAFÍA……..68-69

Relación entre temperatura y luz en un acuario, Analizando datos adquiridos con Arduino y Matlab.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación del proyecto

En la actualidad el número de hogares con mascotas ha aumentado de forma considerable. Entre las múltiples opciones donde elegir, una de las más corrientes son los acuarios. Sin embargo, tener un acuario no es algo que se deba pensar a la ligera, pues para poder crear un hábitat adecuado para los peces hay que tener en cuenta numerosos condicionantes.

Entre los más importantes se encuentran la temperatura y la luz, y más especialmente la interacción entre ambas. Este será el tema de mi trabajo, en el que tratare de ofrecer pruebas empíricas de la relación entre las dos magnitudes bajo estudio.

1.2 Objetivos Propuestos

El objetivo general de este proyecto es, como se ha dicho anteriormente, refutar la hipótesis de que un aumento en la luz que incide en el agua de un acuario conlleva un aumento de la temperatura.

La consecución de ese objetivo principal pasa por conseguir primero otra seria de objetivos secundarios que juntos completarán este trabajo. Estos fines secundarios se concretarán a continuación.

1. Entender cómo funciona la lectura y escritura de Arduino, para poder adquirir datos de dos sensores diferentes y comunicarlos vía “COM” a Matlab.
2. Escoger apropiadamente los dos sensores y diseñar la instrumentación necesaria para tomar medidas.
3. Diseñar un programa en Matlab capaz de leer datos del puerto serie y preparar la medida, ajustando el tiempo de medida y el número de muestras por segundo.
4. Diseñar un Bucle en el mismo programa capaz de leer los datos en sus unidades correspondientes y graficarlos en tiempo real.
5. Terminar el programa para que muestre en una gráfica todas las muestras recogidas durante un día y analice estadísticamente esos resultados.
6. Extraer conclusiones de los resultados.

1.3 Metodología

Para conseguir los objetivos propuestos anteriormente seguiremos la metodología de investigación que se describe a continuación:

Para familiarizarnos con el entorno "Arduino" analizaremos la hoja de datos de la placa, con el fin de conocer las entradas y salidas analógicas y digitales. También ejecutaremos algunos ejemplos de funcionamiento básico para tener las nociones de programación necesarias.

En segundo lugar se ha indagado sobre sensores de temperatura y luminosidad, en este aspecto se ha descartado sensores que no eran aptos para el tipo de proyecto que estábamos realizando, ya sea por problemas de alimentación, de sensibilidad o que fueran sensores pensados para entornos industriales, cuya sensibilidad y su gran rango de medidas eran en sí un problema para nuestro proyecto.

Y por último se ha diseñado un Código en Matlab que cumple todos los objetivos restantes, para eso se ha ido diseñando el código desde lo más básico, la comunicación con el puerto serie. A partir de ahí viendo los resultados que obteníamos y por el método de ensayo y error, se ha sido capaz de desarrollar un código que cumple con lo que necesitamos y que nos ofrece todos los datos necesarios para sacar conclusiones.

Para el proyecto se ha tomado doce medidas de cinco minutos repartidas en función de la variación de luz. En total son diez horas de experimento, la mayoría de ellas con la luz encendida.

1.4 Estructura

Una vez que ya hemos visto a grandes rasgos en qué consiste este trabajo. Se va a explicar en este punto como está organizada esta memoria.

Tras este primer bloque introductorio vamos a ver otros cuatro más. Un primero que trate más a fondo el tema de la justificación del proyecto, bloque en que se contaran más detalles sobre las variables bajo estudio y su importancia en los acuarios.

Un segundo bloque que tratara de explicar de manera más cuidadosa y detallada la Hipótesis del proyecto.

En un tercer bloque se explicará elección de los sensores, la instrumentación y las características de los mismos, incluidos Arduino y Matlab. En un cuarto bloque se explica las conexiones.

Un quinto bloque donde se explicará de forma concisa el código del trabajo, piedra angular del proyecto.

En un sexto bloque se explicará el análisis al que se ha sometido a los datos y el porqué de ellos.

Un séptimo y un octavo bloque en los que se mostraran resultados y se expresarán las conclusiones obtenidas. Y por último un noveno bloque que recogerá toda la bibliografía usada en el proyecto.

2 JUSTIFICACIÓN

2.1 Importancia del trabajo para los acuarios.

Para empezar a entender la importancia que tiene el estudio de la relación entre temperatura y luz en un acuario, es imprescindible explicar algunos conceptos antes.

2.1.1 El Acuario.

Definición

<<Recipiente capaz de contener agua y albergar vida, como peces, invertebrados, plantas, etc>> (Wikipedia)

Esta definición engloba cualquier acuario de los que se pueden tener en casa. Sin embargo los peces son seres vivos muy diversos y se puede dividir la especie en dos grupos, por tanto para la realización de este proyecto es importante puntualizar entre acuarios de agua dulce y acuario de agua salada. Cada uno tendrá características diferentes.

2.1.1.1 El Acuario de agua dulce

Los peces de agua dulce suelen habitar ríos o lagos, etc. En estos hábitats la salinidad del agua es muy reducida. Es el tipo de acuario más clásico y las especies que coloquemos en él necesitan una temperatura de entre 24 y 28ºC.

Figura 1. Acuario de agua dulce.
Fuente: Instalartodo.com

La luz necesaria para un acuario de estas características se consigue con tubos fluorescentes, bombillas compactas o LEDs. Este tipo de peces no suele ser muy sensible a la luz. En el caso de querer introducir plantas en el acuario, la bombilla compacta ya no es una opción.

2.1.1.2 El Acuario de agua salada

Figura2. Acuario de agua salada
Fuente: Taringa.net

En acuarios de agua salada, una de las cosas más importantes es el nivel de sal en agua. Este tiene que encontrarse entre 1,020ηS y 1,023ηS.

En cuanto a la iluminación ideal, es bastante más complejo que el caso anterior. La mayoría de los peces de agua salada viven en las profundidades de océanos y mares, por consiguiente solo los halógenos, son buenos iluminadores de este tipo de acuarios. El halógeno recomendado produce luz azul y su espectro lumínico está entre los 380 y los 450 nm.

Para este tipo de peces también cambia la temperatura del acuario, por eso estos acuarios también son llamados de agua fría. Entre 15 y 22ºC se encuentra la temperatura ideal de estos peces.

2.1.1.3 Historia del Acuario

Pese al origen latino de la palabra, el nombre no proviene de la literatura romana, si bien es verdad que los romanos practicaban un arte similar, si hacemos caso de los datos proporcionados por Plinio el Viejo, citado por Bernd Para Hargrove (2011, p. 17) las primeras evidencias arqueológicas sobre recipientes con peces con fines recreativos provienen del antiguo Egipto.

Figura 3.Mosaico de Thysdrus.

Fuente: domus-romana.blogspot.com.es

Scott (1995, p. 6 y 7) mantiene que costumbres similares a la acuariología se daban en otras culturas y cita la reproducción selectiva en China de la carpa entre el 618 al 907 DC.

Dicha reproducción derivó en los hoy populares kois y carpas doradas. Asimismo, también Scott (1995, p. 7) menciona la existencia de sólidas evidencias sobre el gusto de los chinos durante la dinastía Song por los peces de colores en recipientes cerámicos grandes con fines recreativos.

El concepto de un recipiente transparente para su uso en interiores con el fin de observar distintos tipos de animales y plantas, surgió aproximadamente en el siglo XVIII. Brunner (2005, p. 9) constata la pasión de gentes acomodadas por coleccionar conchas y animales, especialmente marinos, para disfrute de propietarios e invitados.

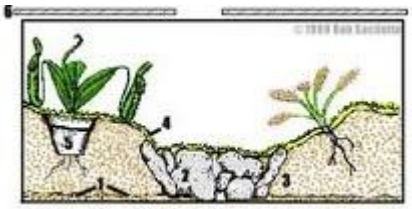


Figura 5. Acuario helechos siglo XIX

Fuente: http://pitcherplant.com

Durante la primera mitad del siglo XIX, en Gran Bretaña se puso de moda coleccionar helechos, especialmente tropicales. Por tanto tenían que ser transportados desde su lugar de origen en buenas condiciones de humedad. Esto sólo podía lograrse llevando las plantas en urnas estancas capaces de conservar tierra húmeda y agua en su interior.

El siguiente paso para llegar al acuario moderno consistiría en añadir más agua que tierra. Nathaniel Bagshaw Ward propuso en 1838 conseguir algo así y finalmente la zoóloga marina Anna Tynne fue la que logró mantener un acuario marino con corales

durante varios años gracias a la casualidad, el agua se renovaba gracias a la lluvia caída por la ventana. Una longevidad como esa constituyó un logro sin parangón para la época y atrajo la curiosidad de otros científicos.

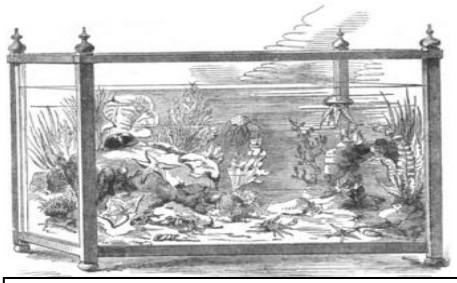


Figura 4. Acuario 1860. Fuente: Wikipedia

Los acuarios de agua salada vivieron su gran avance tras la Segunda Guerra Mundial, con el desarrollo del buceo con escafandra autónoma, momento en el que los fondos marinos tropicales pudieron ser contemplados por gran cantidad de personas, lo que volvió a disparar su demanda y la necesidad de indagaciones para el asesoramiento.

2.1.1.4 Conclusión de la importancia del trabajo.

Una vez que ya hemos explicado el acuario, los tipos de acuario y sus diferentes características, se puede entender mejor la importancia de mantener los niveles de temperatura y luz. De ahí el porqué de este proyecto, no solo porque conseguimos medir en tiempo real sino porque también podemos estimar la media, la moda, la desviación típica y la correlación de ambas variables durante un día, ganando así mucha información sobre el comportamiento de nuestro acuario.

2.2 Descripción de las variables bajo estudio.

2.2.1 La temperatura

Definición:

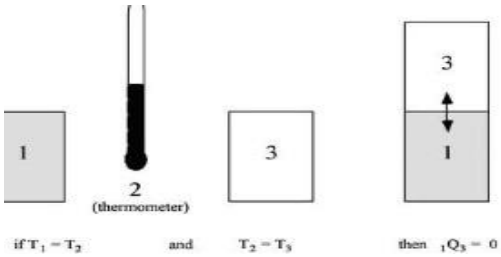
<<La **temperatura** es una magnitud referida a las nociones comunes de calor medible mediante un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. La temperatura es una propiedad intensiva, es decir, que no depende del tamaño del sistema, ni de la cantidad de sustancia ni del material del que este compuesto.>> (Wikipedia)

2.2.1.2 Ley cero de la termodinámica

Se dice que dos cuerpos están en equilibrio térmico cuando, al ponerse en contacto, sus variables de estado no cambian. En torno a esta simple idea se establece la ley cero.

Se dice que dos cuerpos tienen la misma temperatura cuando están en equilibrio térmico, es decir que no hay transferencia de calor entre ellos, ni por convección, conducción ni radiación.

La ley cero de la termodinámica también establece que, cuando dos cuerpos (A y B) están en equilibrio térmico con un tercero (C), estos (AyB) equilibrio térmico entre sí.



Para que la definición tenga sentido hace falta que esas variaciones sean medibles, para eso se utilizan los sistemas inventados por Anders Celsius y Lord Kelvin.

Figura 6; Ley cero de la termodinámica

Fuente: http://www.cie.unam.mx

2.2.1.3 Unidades de medida

A la hora de hablar de unidades de medida de temperatura es importante recalcar que existen dos formas de medida de temperatura; Relativa y absoluta.

Absolutas:

Son las que parten del cero absoluto, que es la temperatura teórica más baja posible y corresponde al punto en el que los átomos y las moléculas tienen la mínima energía posible.
Dentro de este tipo de unidades está el Kelvin, representado por la letra “K”. Fue creada por William Thompson y establece el cero absoluto en -273,15ºC. Se estableció en 1954.
Otra medida absoluta es el Rankine, que sitúa el cero absoluto en -459,67ºF.

Relativas:

Son aquellas que se comparan con un proceso físico-químico que siempre ocurre a la misma temperatura
Los grados Celsius, que son la unidad de medida de temperatura más usada, entran en este tipo de unidades de medidas. Se representa con el símbolo “ºC”. Esta unidad de medida se define escogiendo la congelación del agua a 0ºC y la

ebullición a 100ºC. Dividiendo esa diferencia de temperatura en 100 partes, cada parte corresponde a 1ºC.

La segunda unidad más usada son los grados Fahrenheit, que se representan con el símbolo "ºF". Se definen tomando como puntos inicial la congelación del cloruro amónico en agua, y como punto final la ebullición del mismo compuesto. Así se determina que el punto de congelación es 32 ºF y el punto de ebullición 212 ºF. La diferencia entre los dos puntos es de 180 ºF, que dividida en 180 partes iguales determina el valor de un grado Fahrenheit.

	Kelvin	Grado Celsius	Grado Fahrenheit	Rankine
Kelvin	$K = K$	$K = C + 273,15$	$K = (F + 459,67)\frac{5}{9}$	$K = Ra\frac{5}{9}$
Grado Celsius	$C = K - 273,15$	$C = C$	C = (F - 32) $\frac{5}{9}$	C = (Ra - 491,67) $\frac{5}{9}$
Grado Fahrenheit	$F = K\frac{9}{5}$ - 459,67	F = C $\frac{9}{5}$ + 32	$F = F$	$F = Ra - 459,67$
Rankine	$Ra = K\frac{9}{5}$	Ra = (C + 273,15) $\frac{9}{5}$	$Ra = F + 459,67$	$Ra = Ra$

Figura 7; Tabla comparativa de unidades de medida de temperatura. Fuente: Wikipedia

2.2.1.4 Sensación Térmica

Hay que distinguir entre sensación Térmica y Temperatura. La sensación térmica es la forma en que la piel recibe la temperatura de los objetos que toca, pero esta no es la temperatura real de los objetos. De hecho es una temperatura medida, tomando como referencia la temperatura del cuerpo, aproximadamente 36ºC.

Si la temperatura del entorno es idéntica o parecida a la del cuerpo humano, se produce una sensación de bienestar.

Si la temperatura del entorno es menor que la del cuerpo humano, se produce una sensación de frio. Y si es al contrario se produce una sensación de calor.

La temperatura del exterior depende de varios factores y no únicamente a la temperatura del aire seco.

Esta puede variar por convección, si la temperatura del cuerpo es mayor que la del aire, el aire del alrededor se calienta y asciende siendo sustituido por aire frio que a su vez se calienta y al contrario.

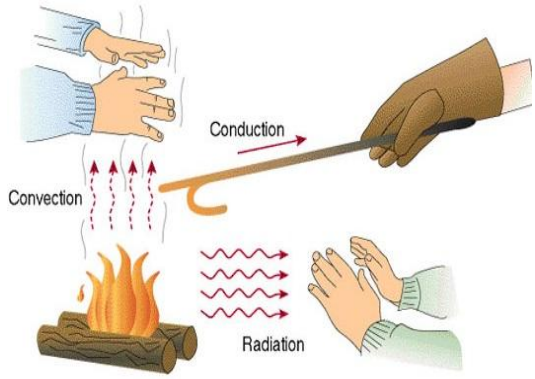


Figura 8; Convección, conducción y radiación.

Fuente: elcalor.files.wordpress.com

Por transmisión, la piel en contacto directo con otro objeto. Si la temperatura del objeto es menor la sensación es fría y viceversa.

Por radiación, la piel intercambia calor por radiación con el entorno: si la temperatura radiante media del entorno es más fría que la de la piel, se enfría, si es al contrario, se calienta.

2.2.2 La luz

Definición:

La luz es una forma de energía. La energía se mide en JOULES (J) en el sistema internacional, sin embargo la luz no tiene por qué expresarse en Joules y la razón es muy simple. No toda luz emitida por una fuente produce sensación luminosa, ni toda la energía que se consume en una bombilla se transforma en luz. Todas esas discordancias hay que evaluarlas de alguna manera y para ello hay que definir una serie de magnitudes nuevas; Flujo luminoso, intensidad luminosa, iluminancia, luminancia y eficiencia luminosa.

2.2.2.2 Flujo Luminoso

Se llama flujo luminoso a la parte de la potencia de una fuente de luz que se convierte en luz visible.

Figura 9; comparación bombillas.

Fuente: recursos.citcea.upc.edu

Para que se entienda mejor se explicara con un ejemplo;

Consideraremos que tenemos dos bombillas, una de 25W y otra de 60W, los vatios nos dan información sobre la potencia de la bombilla y sin embargo está claro que la de 60W iluminará más. Esto es precisamente

porque el flujo luminoso es una parte de la potencia de la bombilla y guarda con ella una relación de proporcionalidad. Podríamos medirlo en vatios, pero parece más sencillo definir una nueva magnitud de medida el lumen. Esto es lo que mediremos en el proyecto.

Se demuestra empíricamente que a una longitud de onda de 550nm y un 1W de potencia le corresponde 683 lúmenes.

<<Se define el flujo luminoso como la potencia (W) emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Su símbolo es Φ y su unidad es el lumen (lm). A la relación entre watts y lúmenes se le llama equivalente luminoso de la energía y equivale a:>> (recursos.citcea.upc.edu)

1 watt-luz a 555 nm = 683 lm

Flujo luminoso	Símbolo: Φ	
	Unidad: lumen (lm)	

Tabla 1; Características del flujo luminoso Fuente: recursos.citcea.upc.edu

2.2.2.3 Intensidad luminosa

El flujo luminoso nos da una idea de la cantidad de luz emitida por una fuente en todas las direcciones del espacio, sin embargo si nos fijamos en un proyector, por ejemplo, la luz solo se dirige en una sola dirección. Para conocer como se distribuye el flujo nos hace falta conocer una nueva magnitud; La intensidad luminosa.

<<Se conoce como intensidad luminosa al flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. Su símbolo es I y su unidad la candela (cd).>> (recursos.citcea.upc.edu)

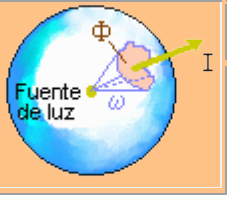
Intensidad luminosa $I = \frac{\Phi}{\omega}$	Símbolo: I	
	Unidad: candela (cd)	

Tabla 2; Características de la intensidad luminosa Fuente: recursos.citcea.upc.edu

2.2.2.4 Iluminancia

Para explicar el concepto de iluminancia nos basaremos en un sencillo ejemplo. Si con ayuda de una linterna se prueba a iluminar superficies a distinta distancia se puede ver como el círculo proyectado con la luz crece cuando la distancia es mayor. Esta es un sencillo ejemplo de iluminancia.

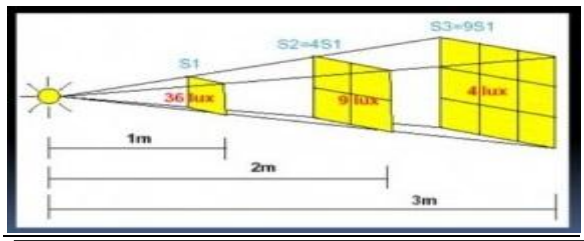


Figura 10; iluminancia Fuente:www.iluxion.com

<<Se define iluminancia como el flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es un lm/m^2.>> (recursos.citcea.upc.edu)

Iluminancia $E=\frac{\Phi}{S}$	Símbolo: E Unidad: lux (lx)	$lux=\frac{lumen}{m^2}$

Tabla 3; Características de la iluminancia

Fuente: recursos.citcea.upc.edu

El efecto de la proyección de la linterna se conoce como ley inversa de los cuadrados y relaciona la intensidad luminosa y la distancia a la fuente.

2.2.2.5 Luminancia

<<Se llama luminancia a la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad es la cd/m^2. También es posible encontrar otras unidades como el stilb (1 sb = 1 cd/cm^2) o el nit (1 nt = 1 cd/m^2).>> (recursos.citcea.upc.edu)

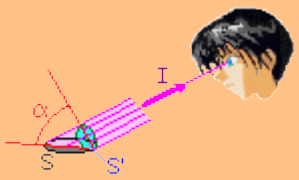
Luminancia $L=\frac{I}{S_{aparente}}=\frac{I}{S\cdot\cos\alpha}$	Símbolo: L Unidad: cd/m	

Tabla 4; Características de la luminancia Fuente: recursos.citcea.upc.edu

2.2.2.5 Rendimiento luminoso

Como dijimos cuando explicamos el Flujo luminoso, no toda la potencia se transformaba en luz, si no que parte de la potencia se pierde en forma de calor (El calor que esperamos medir en este proyecto) y parte en radiación no visible.

Por tanto el rendimiento luminoso no será más que el cociente entre el flujo luminoso y la potencia consumida.

Rendimiento luminoso	Símbolo: η	
$\eta = \frac{\Phi}{W}$		$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}}$

Tabla 4; Rendimiento luminoso.

Fuente: recursos.citcea.upc.edu

Por tanto el rendimiento luminoso nos dará la correspondencia en lúmenes de un vatio de potencia de la fuente utilizada.

2.2.2.6 Eficiencia luminosa

A pesar de que el rendimiento luminoso nos informa del porcentaje de energía eléctrica que se transforma en luz en una bombilla, hay que saber que no toda esa energía es luz visible y medible. Ya que en ese porcentaje se emite luz a muy diversas longitudes de onda, la mayoría de ellas no visible.

Para conocer el porcentaje de eficiencia luminosa hay que buscarla en los catálogos de bombillas.

2.3 El estudio como base para el control de acuarios.

En este último apartado vamos a presentar otra aplicación de este trabajo. Es muy sencilla, gracias a este trabajo conseguiremos medir, como afecta la luz y el calor, producido por la iluminación a la temperatura del acuario. Con esa información podríamos realizar un control de seguimiento y rechazo a las perturbaciones en la temperatura, provocadas por la luz.

Con ello conseguiríamos una regulación de temperatura mucho más rápida que la que se usa actualmente en acuarios, Usando ventiladores o células Peltier controladas.

3 HIPÓTESIS

Junto a las variables de estudio, anteriormente definidas, se ha utilizado una premisa central sobre la que el trabajo cobra sentido. Otros estudios anteriores sobre la relación entre temperatura y luz se han centrado en ver cómo afecta esta relación al crecimiento de algunos tipos de plantas.

(Efecto de la temperatura y de la luz sobre la germinación de Nicotiana longiflora Cavaniles y Oenothera indecora Camb ,Faccini, D. y E. Puricelli) Este es uno de ellos, cuya hipótesis fue que a temperaturas constantes la planta germinaba más rápidamente si aumentaba la luz. Su conclusión daba validez a la hipótesis.

La hipótesis y los objetos bajo estudio del presente trabajo son algo diferentes del anteriormente descrito. En este trabajo nos basamos en el principio de flujo luminoso y rendimiento luminoso, es decir, que no toda la potencia de una fuente de luz es flujo luminoso, si no que una parte se trasfiere en forma de calor. Partiendo de esa premisa se redactará la hipótesis de este trabajo como;

Si aplicamos una fuente de luz constante sobre un volumen de agua, en este caso un acuario, la temperatura del agua aumentará y el estudio de la correlación nos mostrará una relación lineal.

4 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

En este apartado se va a explicar de manera concisa el motivo de la elección de los sensores utilizados y sus características.

4.1 Sensor de temperatura.

Para este trabajo era muy importante elegir correctamente los sensores con los que tomar los datos que necesitamos. En el caso del sensor de temperatura empezamos eligiendo una sonda PT100, muy utilizada para medir temperaturas, Sin embargo como veremos a continuación su rango de medida es muy extenso lo que provoca que una variación de dos a seis grados fuera prácticamente insignificante. Ese es el rango en el que nos moveremos en este trabajo.

Por ese motivo se decidió descartar el PT100 y escoger el LM35DZ, un sensor con un rango de medidas mucho más pequeño, donde sí se aprecia la variación necesaria.

A continuación se mostrarán las características de cada sensor.

4.1.1 PT100 dos hilos

La sonda PT100 es un sensor de temperatura, que consiste en un cable de platino el cual a 0ºC tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

El incremento de la resistencia es creciente pero no lineal, de echo su comportamiento queda definido por la siguiente tabla.

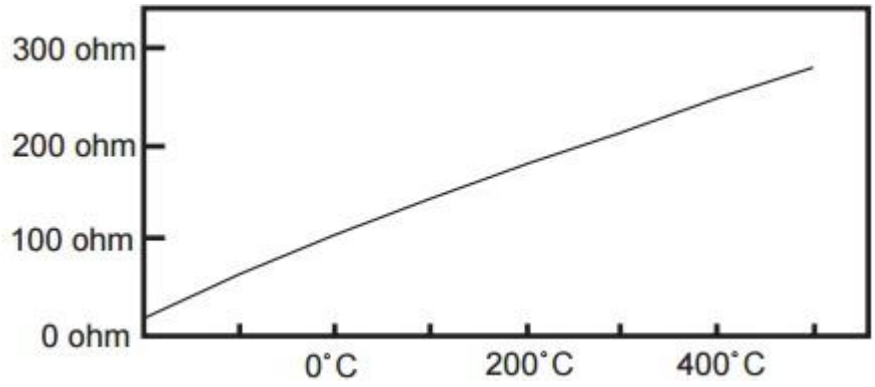


Figura 11; gráfica resistencia PT100

Fuente: http://www.arian.cl

Existen tres modos de conexión para la PT100, el que se probó en el trabajo fue con conexión de dos hilos. Es el método más sencillo de conexión pero también el más evitable. En este caso las dos resistencias de los cables se suman produciendo un error inevitable.

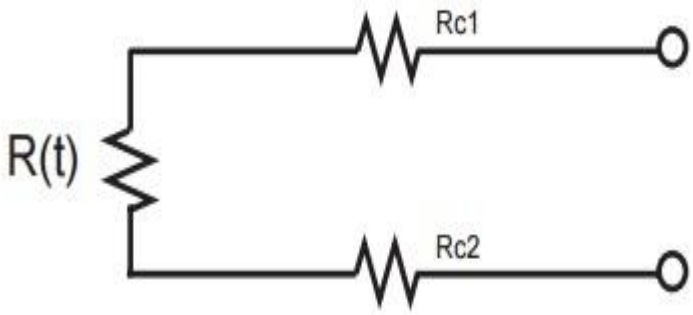


Figura 12; esquema PT100 2 hilos

Fuente: http://www.arian.cl

El lector mide R+Rc1+Rc2, en lugar de solo R. Este fallo es el que nos llevó a descartar este dispositivo. Ya que si por ejemplo la temperatura es de 90ºC cuya R(t)=134.7 y las resistencia de los cables Rc1 =1.3 y Rc2=1.2, la medida resultante sería R=134.7+1.3+1.2= 137.2 ohm, que es la medida de 97ºC.

La principal ventaja del PT100 es su gran rango de medida y que puede medir temperaturas por debajo de 0ºC, sin embargo al ser el conexionado disponible de dos hilos, esta ventaja se convierte en su peor defecto y ese es el motivo por el que se sustituyó este dispositivo por el LM35DZ. Se llega a la conclusión de que hubiera sido un buen dispositivo para medir diferencias de más de diez grados.

4.1.2 LM35DZ

Al descartar la sonda PT100 se encontró un nuevo sensor que aunaba todos los requisitos para poder ser utilizada en el trabajo. Este sensor es el LM35DZ, cuyas características se explicará, a continuación.

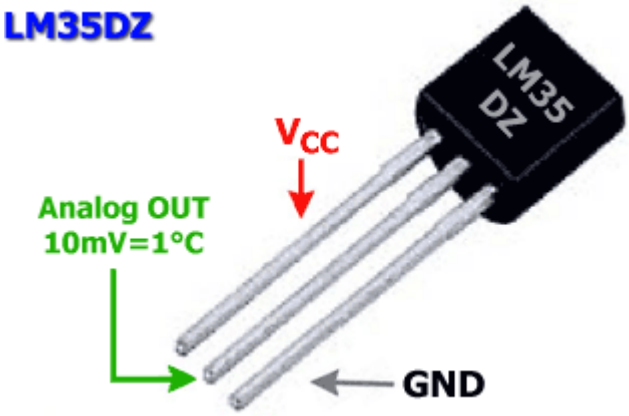


Figura 13; LM35DZ Fuente: http://www.ti.com

El LM35DZ es un sensor de temperatura de Texas Instrument muy usado en aplicaciones de Arduino. Los LM35 son una serie de dispositivos medidores de temperatura con circuito integrado que disponen de una salida en tensión proporcional a los grados centígrados. Estos dispositivos tienen una gran ventaja sobre otros sensores de temperatura y es que no necesitan instrumentación extra para medir correctamente la temperatura.

Con un rango de medida desde -55ºC hasta 150ºC lo hacen perfecto para nuestra aplicación. Como única desventaja comentar que tiene un error intrínseco en la medida de +-0.5ºC. Algo que sin duda afectará de una forma tolerable al proyecto.

Como hemos dicho este dispositivo no necesita más instrumentación externa pues ya está calibrado con un factor de escala lineal de 10mV/ºC. También destaca su baja impedancia a la salida de tan solo 0.1 ohm por 1mA cargado y su corriente de alimentación que puede variar entre los 4V y los 30V.

Dependiendo del rango de medida en el que nos interesa trabajar el LM35DZ puede configurarse de dos formas diferentes:

- Sensor de temperatura básico.

  Rango de medida de 2ºC a 150ºC.

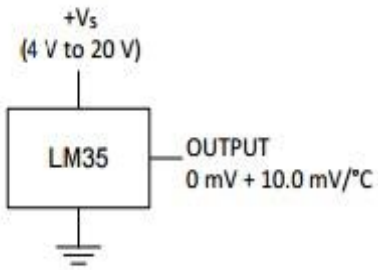


Figura 14; Esquema básico LM35

Fuente: http://www.ti.com

- Sensor de temperatura para todo el rango.

  Rango de medida -55ºC a 150ºC

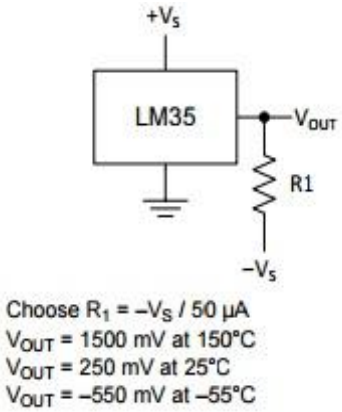


Figura 15; Esquema rango completo LM35

Fuente: http://www.ti.com

También es importante aclarar el bloque funcional que se encuentra en el interior del encapsulado y que provoca que la salida que obtengamos este ya calibrada a 10mV/ºC.

Se mostrará en la siguiente página;

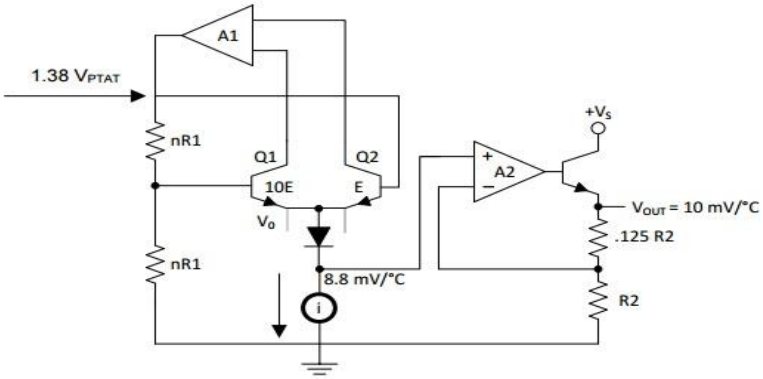


Figura 16;bloque funcional lm35dz Fuente: http://www.ti.com

En el diagrama que se muestra hay dos transistores en el centro del dibujo. Uno tiene diez veces el área del emisor del otro. Esto significa que tiene una décima parte de la densidad de corriente, ya que la misma corriente está pasando por ambos transistores. Esto causa un voltaje a través de la resistencia R1 que es proporcional a la temperatura absoluta, y es casi lineal.

El amplificador en la parte superior asegura que la tensión en la base del transistor izquierdo (Q1) es proporcional a la temperatura absoluta (PTAT) comparando la salida de los dos transistores.

La etapa del amplificador y el transistor a la derecha, convierte la temperatura medida, que es del orden de 8,8mv/ºC, a la escala que nosotros queremos obtener 10mv/ºC.

El pequeño círculo de la "i" es un circuito de fuente de corriente constante. Las resistencias se calibran en la fábrica para producir un sensor de temperatura muy preciso.

4.2 Sensor de Luz

Para el sensor de luz hemos escogido un fotorresistor (LDR) pues es un dispositivo usado en la carrera y cuya respuesta y características eran propicias para este estudio.

4.2.1 LDR (Light Dependent Resistor)

Una fotorresistencia es un dispositivo electrónico cuya resistencia disminuye a medida que aumenta la luz incidente. Los valores de una fotorresistencia cuando está totalmente iluminada y cuando está totalmente a oscuras varía.

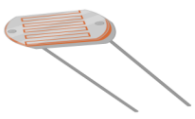


Figura 17;LDR

Fuente: http://www.Kennavar.vma.is

Son muy usadas en aplicaciones de detección de luz, tanto en aplicaciones analógicas como digitales.

En cuanto a sus características eléctricas se mostrarán en la siguiente tabla.

Parámetros	Condiciones	Min	Típico	Max	Unidades
Resistencia con luz	1000LUX 10LUX	- -	400 9	- -	Ohm K Ohm
Resistencia en oscuridad	-	-	1	-	M Ohm
Capacidad en oscuridad	-	-	3.5	-	pF
Tiempo de subida	1000LUX 10LUX	- -	2.8 18	- -	ms ms
Tiempo de bajada	1000LUX 10LUX	- -	48 120	- -	ms ms
Pico de tensión AC/DC	-	-	-	320	V max
Corriente	-	-	-	75	mA max

Tabla 5; Características eléctrica del LDR Fuente: kennavar.vma.is

Hay que saber que la sensibilidad de un LDR es la relación entre la luz incidente en el dispositivo y la señal de salida resultante, esta relación es la siguiente;

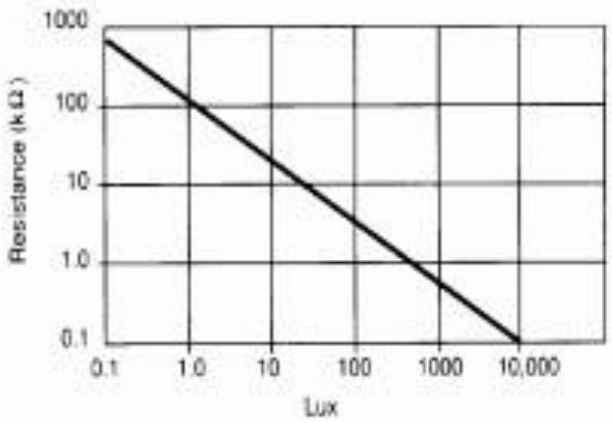


Figura 18; Sensibilidad de unLDR Fuente: http://www.Kennavar.vma.is

4.3 Arduino UNO.

Para poder leer los datos medidos por los sensores hemos usado una placa muy usual en aplicaciones tecnológicas, como es Arduino y más concretamente Arduino UNO.

Con el fin de familiarizarnos con el entorno y con el dispositivo de trabajo se va a comentar las características más importantes de este dispositivo.

Definición:

<<Arduino UNO es una placa electrónica basada en el microcontrolador Atmega328P. Contiene todo lo necesario para trabajar con un microcontrolador. Cuenta con 14 pines digitales de entrada/salida, de los cuales seis son salida del PWM, seis entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16Mhz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reinicio.>>

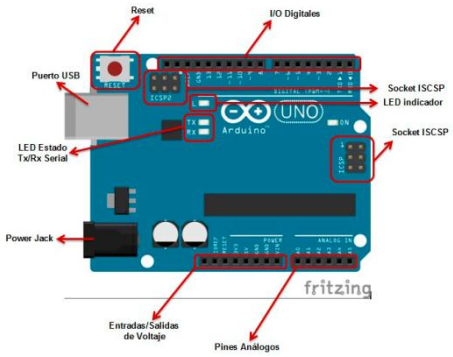


Figura 19; Arduino UNO

Fuente: http://www.minimizedmusicrecords.es

De todas estas herramientas solo se han usado las entradas y salidas, ya que en este trabajo solo usaremos el Arduino para leer los datos de los sensores y comunicárselos por puerto serie al programa de Matlab.

Aun así creo que es importante mencionar y especificar algunas de sus características:

Microcontrolador	Atmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Corriente DC por pin I/O	20mA
Corriente CC para pin 3.3V	50mA
Memoria Flash	32 Kb, 0.5Kb usados para el arranque
SRAM	2Kb
EEPROM	1Kb

Tabla 6; Características del ATmega328P Fuente; www.arduino.cc

5 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

En este bloque se va a comentar los programas informáticos usados para la realización y programación del código necesario en este trabajo. El programa principal y más usado en el trabajo quizás sea también el programa más empleado en la carrera y no es otro que el Matlab. En segundo lugar se expondrá el software de programación de micro-controladores "Arduino V1.8".

5.1 Matlab.

Millones de personas de todo el mundo utilizan Matlab para analizar y diseñar sistemas, Entre esas personas están incluidas todas las personas que hayan estudiado este grado, pues Matlab es el programa más usado en aprendizaje de ingenieros en España.

Definición:

<<MATLAB® es el software más sencillo y productivo para ingenieros y científicos. Ya tenga que analizar datos, desarrollar algoritmos o crear modelos, MATLAB ofrece un entorno que invita a la exploración y el descubrimiento. Combina un lenguaje de alto nivel con un entorno de escritorio adaptado a los flujos de trabajo iterativos de la ingeniería y la ciencia.>> (es.mathworks.com)

Entre las muchas características que hacen de Matlab un entorno perfecto para ingenieros se encuentran las siguientes;

- Lenguaje de alto nivel: Te permite ejecutar los cálculos más complejos.
- Permite crear gráficos para visualizar datos y herramientas para personalizar dichos gráficos.
- Toolboxes complementarios que te permiten una gran variedad de aplicaciones de ingeniería.
- Opciones de despliegue sin coste en concepto de derechos de licencia para compartir programas de MATLAB con los usuarios finales.

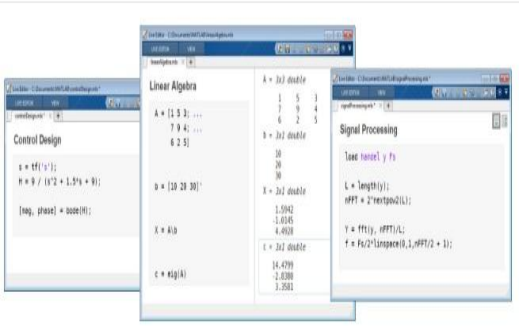


Figura 20; Imágenes de Matlab

Fuente: http://es.mathworks.com

El lenguaje de programación de Matlab está basado en matrices, pues esta es la mejor forma de expresar las matemáticas computacionales. Además Matlab es completamente fiable pues es conocido por sus impecables cálculos, para ello un equipo de 350 ingenieros controla continuamente la calidad de esos resultados.

Además de todo eso gran parte del éxito de Matlab radica en que está diseñado para ingenieros y científicos. Sus herramientas integradas permiten la exploración simultánea de datos y programas, lo que permite evaluar ideas en menos tiempo.

Además Matlab pone al servicio del usuario un gran catálogo de ayudas y documentación escritas por ingenieros para mejorar su productividad. El usuario además encuentra a su disposición un servicio de soporte técnico que responde las dudas en tiempo real.

5.2 Arduino V1.8

Al igual que Matlab el software de `programación de placas Arduino con su mismo nombre, es uno de los software más utilizado en aplicaciones tecnológicas, esto es gracias en gran parte al usa tan extendido de la tecnología Arduino, solo programable a través de este software.

Definición:

> <<El software de Arduino es un IDE fácil de usar , pero suficientemente flexible para que usuarios avanzados puedan aprovecharlo también, está basado en el entorno de programación Processing>> (Arduino.cl)

De esa definición por tanto podemos extraer que es un software sencillo a primera vista pero del que se puede sacar un gran partido. El software es una herramienta de código abierto, basada en el lenguaje C/C++ y que puede ser ampliado con librerías para ese mismo lenguaje.

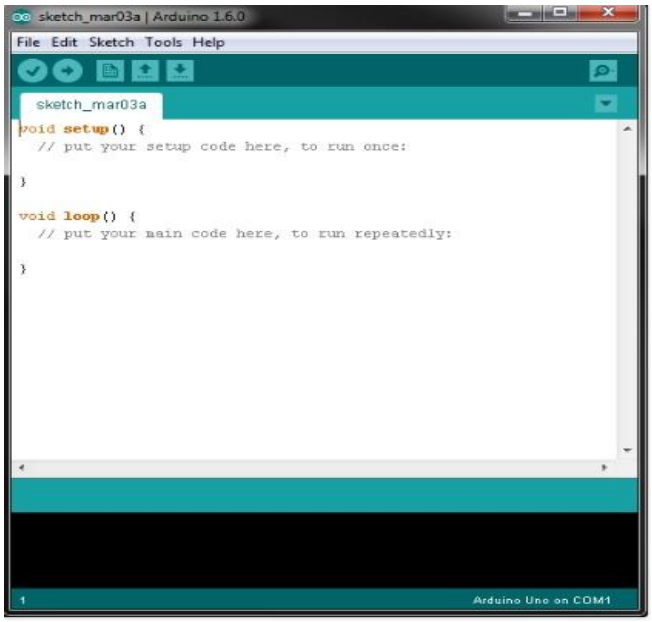


Figura 20; Imágenes de Matlab Fuente: http://es.mathworks.com

El software de Arduino consiste básicamente en un editor de código, un compilador, un depurador y una interfaz gráfica. Como se puede ver en la imagen la interfaz del programa Arduino, nos ofrece dos funciones digamos principales. Una de ellas el void setup, que solo se ejecuta una vez y la otra el void loop que se ejecutará constantemente en forma de bucle.

Una de las principales claves del éxito de Arduino es que la comunidad apoya este proyecto y que a día de hoy la compañía pública nuevo contenido, divulga y responde dudas. En internet se pueden encontrar numerosos ejemplos para casi todas las aplicaciones tanto oficial como extraoficialmente, esto también es de gran ayuda para los usuarios que empiezan a manejarse en este entorno

6 CONEXIONES Y MONTAJES

6.1 Instrumentación sensor de luz

La instrumentación del sensor de luminosidad (LDR) es muy sencilla, como ya se ha dicho anteriormente. Consiste en un divisor de tensión en el que la salida nos da la tensión medida por el LDR que se transforma en lúmenes por la siguiente relación.

La relación corresponde a 54.35lum/W. Teniendo en cuenta que la bombilla utilizada es de bajo consumo de 11W y esa es la relación correspondiente.

El esquema del divisor de tensión para tomar esa medida es el siguiente:

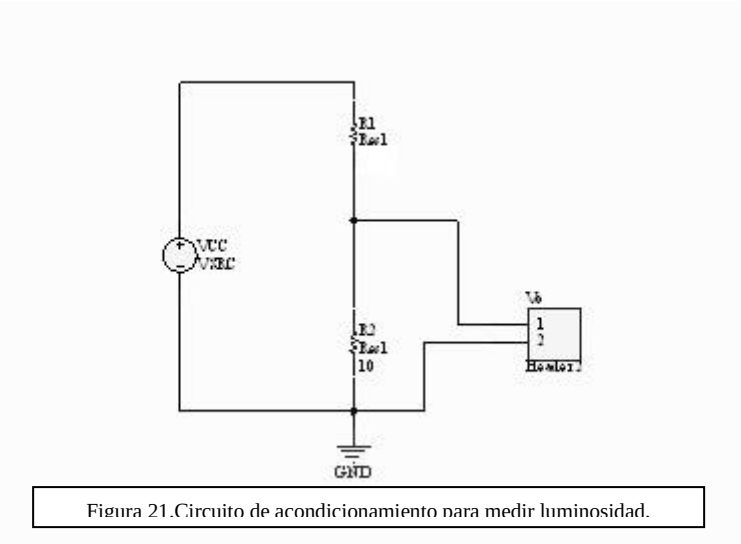


Figura 21.Circuito de acondicionamiento para medir luminosidad.

Este es el circuito de acondicionamiento para el sensor LDR con el que podremos medir la luminosidad del acuario según su capacidad resistiva, cuanto más luz menos resistencia.

Para hacer el esquemático se ha remplazado una resistencia con valor de 400 Ohm que es aproximadamente el valor del LDR con 10000 lux. Se ha realizado el cálculo de la resistencia R1, se ha conseguido un valor que vale para cualquier variación del LDR desde los 10 a los 600 lúmenes necesarios.

Para calcular R1 se ha tenido en cuenta que la Vcc=5V, Vo<5V y que la intensidad de R1 era igual que la que circula por el LDR y de valor I=12.5mA. De este modo y usando mallas se obtiene un sistema de dos ecuaciones;

Vo=I*Rldr

Vcc-(I*R1)<Vo

Si sustituimos en esa ecuación obtenemos;

5-(0.0125*R1)< 5;

Despejando la ecuación obtenemos que;

R1>0;

Por tanto cualquier resistencia mayor que cero es válida, y se ha escogido una resistencia de 10Kohm.

Figura 22. Resistencia Sensor luz

Fuente; www.inventable.eu

Haciendo simulaciones en Altium con los valores de las resistencia efectivamente se obtiene una V0<5V y una Intensidad aproximada de 10mA.

A continuación se muestra el diseño en pcb del circuito;

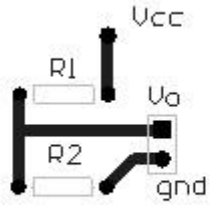


Figura 23: Diseño pcd sensor de luz

6.2 Conexiones con Arduino

En este bloque se describirá la forma en que el circuito anterior y el sensor de temperaturas, que no necesitaba instrumentación, se conectan a la placa Arduino UNO, especificando las entradas en las que lo hacen, el esquema de montaje y el código usado para leer los datos.

- El circuito medidor del flujo luminoso, se conectará a tierra y a los 5V tal y como se muestra en el esquemático. La salida de tensión irá conectada a la entrada analógica “A0”, tal y como se muestra en la siguiente imagen;

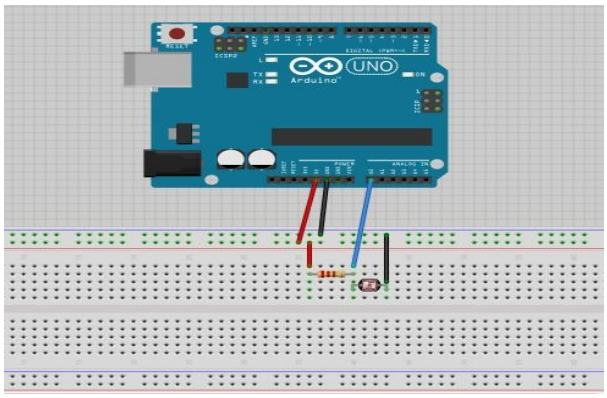


Figura 24; conexión circuito de luminosidad con Arduino

- Los sensores de temperatura se conectan tal y como está descrito en la figura 13, conectando la tensión a la salida en la entrada digital “A1” y “A2”, tal y como se muestra en la siguiente figura, usada para el sensor que mide la temperatura del aire, en el entorno del acuario. El sensor que mide la temperatura del agua irá dentro del agua en un encapsulado de silicona.

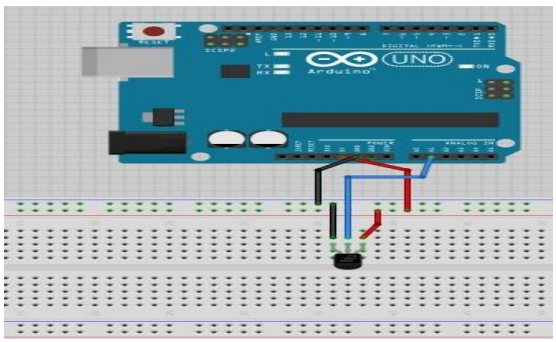


Figura 25; Esquema de conexión del sensor de temperatura.

- Para acabar se mostrará una foto del sistema usado para hacer el trabajo.

Figura 26; Imagen real del sistema bajo estudio

- En cuanto al código usado para leer los datos, es muy simple, consiste en leer los datos de los sensores, declarar tres variables de medidas (out1, out2 y out3) y cargar los datos medidos en las entradas A0, A1 y A2 en esas variables.

```
int out1 = 0;
int out2 = 0;
int out3 = 0;

void setup() {
   // inicializar puerto serie
   Serial.begin(9600);
}

void loop() {
   // leer pines
   out1 = analogRead(A0);
   out2 = analogRead(A1);
   out3 = analogRead(A2);
```

Figura 27; código de lectura Arduino

6.3 Conexión puerto serie Arduino y Matlab

Esta parte del proyecto es la encargada de coordinar el Arduino con el Matlab y se puede dividir en dos partes principales: La primera, es el código de escritura de los datos en el puerto serie. La segunda, es la primera parte del código de Matlab en la que se abre el puerto serie y se reciben los datos.

- Primera Parte: Escritura de los datos leídos por el Arduino en el puerto serie "COM4".

```
   // enviar
   Serial.print(out1);
    Serial.print(",");
    Serial.print(out2);
     Serial.print(",");
      Serial.println(out3);
   // esperar
   delay(30);
}
```

Figura 28; Código de escritura de los datos en el puerto serie

Como se puede ver en la imagen, el formato en que mandará los datos es out1, ou2, out3.Esto es importante pues en Matlab se guardaran en un vector de tres componentes, que se irá actualizando cada vez que se complete el bucle de lectura.

- Segunda Parte: Lectura de los datos del puerto serie en Matlab.

```
%borrar previos
delete(instrfind({'Port'},{'COM4'}));
%crear objeto serie
s = serial('COM4','BaudRate',9600,'Terminator','CR/LF');
warning('off','MATLAB:serial:fscanf:unsuccessfulRead');
%abrir puerto
fopen(s);
```

Figura 29; Código de recepción de datos.

Lo primero será borrar todo lo que pueda haber en el puerto serie de usos anteriores, Tras eso se crea un objeto serie "s", donde estará el contenido del puerto serie y con "fopen(s)" lo abrimos para empezar a leer.

7 DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO DE MEDIDA

En ese apartado de la memoria se va a explicar la metodología utilizada para realizar los experimentos, de los que pretendemos extraer las conclusiones de este trabajo. Esta parte estará dividida a su vez en otras cuatro partes que se explicarán a continuación de forma detallada, pero antes de eso es necesario dar una visión global y del código.

El código consiste en tomar medidas usando la instrumentación descrita anteriormente para tener nociones de cómo la parte encargada de dar luz a un acuario afecta a la temperatura de este. Para ello se han realizado diferentes experimentos, pero todos ellos usaban un código explicado a continuación y que a grandes rasgos hace lo siguiente;

- Toma dos medidas al inicio del experimento, en la primera de ellas la luz aún permanecerá apagada y se encenderá justo a los dos minutos y medios de comenzar la medida. De esta forma veremos como varía la luz y mediremos los primeros dos minutos y medios de cambios en la temperatura.
  Después de esto pasará media hora hasta que tomemos la siguiente medida de cinco minutos con la que podremos ver la variación de temperatura en la primera media hora de luz.

- Media hora después de la segunda medida se tomará una tercera, que nos mostrará el cambio tras la primera hora. Tras esta, las medidas se sucederán cada hora, durante un total de ocho horas. Permitiéndonos ver así el comportamiento de la temperatura del agua sometida a luz en tiempos prolongados.

- Para terminar con la toma de medidas se realizará nueve horas después una penúltima medida, y tras media hora se tomará la última medida. El estudio se realizará bajo la acción de un aire acondicionado que mantendrá la sala a 27ºC.

- La última de las partes pero no menos importante, se encargará de recoger en dos gráficas los valores medidos en tiempo real de la temperatura y la luminosidad. Y no solo eso también se encargará de calcular algunos datos estadísticos, ente ellos la gráfica de la correlación.

Ahora que ya se conoce mejor en que consiste la metodología pasemos a explicar cada parte con más exactitud.

7.1 Primera Parte.

Como ya se ha comentado esta es la parte en la que se recogerán los primeros treinta minutos del experimento, incluyendo el encendido de la luz artificial. Esta no es más que un bucle que se repite hasta que se toman las dos medidas completas

La realización de esta parte se puede dividir en dos; Por un lado está el bucle principal y por otro se ha creado un bucle interno en el programa de Matlab que se encarga de graficar los datos de cada medición en directo y que se explicará a continuación:

7.1.1 Bucle de graficar en directo.

```
while m<3


%% Preparar medida

% parámetros de medidas
tmax = 300; % tiempo de captura en s
rate = 42; % resultado experimental (comprobar)

% preparar la figura
f = figure('Name','Captura');
a = axes('XLim',[0 tmax+1],'YLim',[0 120]);
l1 = line(nan,nan,'Color','r','LineWidth',2);
l2 = line(nan,nan,'Color','b','LineWidth',2);
l3 = line(nan,nan,'Color','g','LineWidth',2);
xlabel('Tiempo (s)')
ylabel('temperatura del agua y del exterior(C)y luminosidad (lum)')
title('Captura de voltaje en tiempo real con Arduino')
grid on
hold on
```

Figura 30; Bucle de la primera parte. Preparación de la gráfica en tiempo real

En esta primera parte del bucle que se ha llamado “Preparar medidas” Lo que se ejecuta es, en primer lugar el tiempo máximo de medida, en este caso es la variable “tmax”que es igual a 300 segundos, es decir cinco minutos. Se han realizado pruebas con cronómetro para asegurar que sean cinco minutos reales. Para que esto se cumpla es muy importante la variable “rate” que nos informa del número de medidas a realizar por segundo, es un valor que se actualizará en cada medida para que sea lo más fiel posible y evitar así retrasos.

Una vez acabada la programación temporal de las medidas hay que configurar la gráfica que nos va a mostrar las medidas en tiempo real. Como se puede ver lo primero es dar nombre a la gráfica, que en este caso será Captura.

Después se definirá el tamaño de los ejes, en este caso el eje x tomará valores desde 0 a “tmax+1”, el +1 es necesario pues a veces las medidas son de 300,04 segundos y esas 40 milésimas de sobra nos darán fallos si no las contemplamos. En cuanto al eje y, tomará valores desde el 0 a 120. Ni en el caso de la luz ni en el de la temperatura se superará ese valor. Esto se ha medido experimentalmente.

“l1”,”l2” y “l3” sirven para definir el tipo de línea y el color usado para representar los datos. Y las tres últimas líneas de comando que se observan no son más que para asignarle nombre a los ejes y título a la gráfica.

Una vez que tenemos la gráfica diseñada. pasamos a diseñar lo que va a contener la gráfica.

```
% inicializar
v1 = zeros(1,tmax*rate);
v2 = zeros(1,tmax*rate);
v3 = zeros(1,tmax*rate);

i = 1;
t = 0;
% ejecutar bucle cronometrado
tic
   while t<tmax
    t = toc;
    % leer del puerto serie
    a = fscanf(s,'%d,%d,%d')
 if numel(a)==3
     b=a(1);
     c=a(2);
     d=a(3);
 else
      b=((-v1(i-1)+5)*1024)/5;
     c=(v2(i-1)/5)*1024;
     d=(v3(i-1)/5)*1024;
 end
    v1(i)=5-((b*5)/1024);
    v2(i)=(c/1024)*5;
   v3(i)=(d/1024)*5;
```

Figura 31; Bucle de la primera parte. Leer y preparar los valores de tensión.

Esta es la segunda parte del bucle de las dos primeras medidas. En esta parte se inicializan los vectores “v1”,”v2” y “v3” los cuales van a recoger las tensiones medidas en los sensores. Tambien se definen las variabes “i” que será el numero de muestras tomadas en los 300 segundos y “t” que será la variable temporal.

“tic” y “toc” son dos comandos que en Matlab te permiten ir aumentando la variable del tiempo según los contadores de Matlab y se usa como si fuera una variable a la que se le suma una unidad cada realización del bucle.

¿En que consiste el bucle de lectura de las tensiones? Pues no es más que un bucle “While” cuya condición para ejecutarse es que “t” sea menor que “tmax” es decir que se ejecutrá desde el segundo 0 al 300. Durante todo ese intervalo de medida leemos en la variable “a” todo lo que había en la variable “s” que si recordamos era la varible donde se cargaba la información del puerto serie llegada desde Arduino. Esta información llegaba como tres valores separados por una coma. Por tanto “a” es un vector de tres elementos que se actualiza en cada repetición del bucle, el elemento a(1) será la medida digital de la luminosidad la cual puede ir desde cero a mil veinticuatro y lo mismo ocurrirá con a(2) y a(3).

Estas medidas se pasan a unidades reales usando las tres ecuaciones del final de la imagen que nos permiten obtener los valores analógicos de “v1” (tensión del ldr), “v2”(tensión Lm35dz, del agua) y “v3”(tensión Lm35dz alrededor del acuario) ,para ello hay que multiplicar por el maximo de la tensión (5) y dividir por1024. En el caso del sensor de luminosidad, como el LDR reacciona al aumento de luz disminuyendo la tensión y eso me pareció un poco ilógico lo que se hace es restar al valor máximo de tensión al valor de “v1” y así conseguimos invertir e efecto del LDR de forma que el aumento de luz se traduzca en un aumento de tensión y viceversa. Esto además es necesario para calcular los lumenes. Si no se hiciera, a mayor cantidad de luz, la medida obtenida sería menor en lúmenes, lo cual es imposible.

En cuanto al bucle “if” que se aprecia antes de obtener los valores v(1), v(2) y v(3), no es más que una herramienta necesaria para el correcto funcionamiento del programa. A veces al ejecutar la lectura, solo se leen una o dos de las tres medidas registradas en “a”, esto provoca un fallo de dimensiones en matlab. Para que eso no ocurra es necesario que numel(a)=3. En caso de que ocurra lo contrario, el valor que se usa para obtener las tensiones será el mismo que en la interacción anterior, y el programa continua como si nada. Esta solución podría acarrear problemas en sistemas de evolución rápida, pero no

es el caso, ya que este sistema es muy lento y el repetir, en determinada ocasión un valor, no nos interfiere en el resultado.

Ahora vayamos con la tercera parte;

```
 % conversion

  intensidad(i)=v1(i)/11;
 vatios(i)=v1(i)*intensidad(i);
 lum(i)=vatios(i)*54.34;
if lum(i)<30
 temperatura(i)=v2(i)*100+8;
 temperatura2(i)=v3(i)*100;
else lum(i)>30
     temperatura(i)=v2(i)*100+1.46;
      temperatura2(i)=v3(i)*100;
 end
  % dibujar en la figura
 x = linspace(0,i/rate,i);
 set(l1,'YData',lum(1:i),'XData',x);
 set(l2,'YData',temperatura(1:i),'XData',x);
 set(l3,'YData',temperatura2(1:i),'XData',x);
 figure (m)
 drawnow
  i = i+1;
  rate =i/t;
end
```

Figura 32; Bucle de la primera parte. Convertir los valores de tensión en unidades reales.

En esta tercera parte del bucle realizamos la última parte de la lectura y de la gráfica de medida en tiempo real.

Las tres primeras líneas que se pueden observar son las utilizadas para transformar las medidas de tensión “v1” en lúmenes.

Para poder realizar esta conversión lo más importante es conocer la relación entre lúmenes y vatios. Esta relación es característica del tipo de iluminación y se le llama rendimiento luminoso. Se ha utilizado una bombilla de bajo consumo con 11W de potencia, para este tipo de iluminación la relación es de 54.34 vatios por lumen.

Partiendo de esa premisa ahora lo que se necesita es calcular la potencia de luz incidente en el LDR. Para ello lo primero que haremos será calcular la intensidad que recorre el circuito. Recurriremos a las fórmulas del apartado 6.1. En el que se describían las ecuaciones del circuito. Utilizaremos la expresión que relaciona la tensión de salida del divisor de tensión de la luz, con la intensidad y el valor resistivo del LDR. Se despejará la intensidad como se puede ver en la primera línea de la imagen

Para obtener el valor de la capacidad resistiva del LDR Se realizó una prueba en la que el sensor (sin obstáculos entre sensor y bombilla) mediría la totalidad de la luz.

Relación entre temperatura y luz en un acuario, Analizando datos adquiridos con Arduino y Matlab.

Se midió una tensión de 4.34V y se obtuvo que el valor de la resistencia del LDR debería ser de 11Ohm.

A partir de ahí los vatios incidentes en el LDR se obtienen como tensión por intensidad. Y para obtener los lúmenes solo hay que multiplicar esos vatios por 54.34W.

Para realizar el cálculo de la temperatura hay que tener en cuenta dos factores, la recalibración del sensor al estar cubierto de una película de silicona y el acoplamiento que se da en las lecturas de Arduino cuando una de las dos variables experimenta un cambio brusco, esto es debido a que el Arduino se alimenta y transmite la información por el mismo bus. La compensación de estos dos factores se ha llevado a cabo de forma totalmente experimental.

Se ha podido observar que cuando la luz pasaba de estar apagada a encendida y sobre-pasaba el valor de 30 lúmenes, la temperatura sufría un aumento repentino de 7.3 grados centígrados. Para compensar esto se ha usado el bucle "if" que se puede observar en la imagen, en el cual si la luz es menor de 30 lúmenes a la medida de temperatura hay que sumarle 8.3 grados de perdida por el recubrimiento de silicona, sin embargo si la luz supera los 30 lúmenes a la temperatura solo hay que sumarle 1,46 grados más el acoplamiento. Gracias a esto conseguimos solucionar dos problemas, la nueva calibración y el problema de acoplamiento.

Después de obtener las medidas de luz y temperatura en sus unidades correspondientes, nos encontramos con cinco líneas de código cuya finalidad es usar estas medidas para rellenar la gráfica que se había diseñado en el primer tramo de código. El comando "linscape", nos permite completar la gráfica acorde con el eje x que habíamos definido y que era el tiempo de medida. "Linscape" funciona de la siguiente manera. Junto con el comando y entre paréntesis aparecerán tres índices. Los dos primeros serán el elemento mínimo y máximo de la cadena y el último parámetro nos informará de los puntos intermedios. Por ejemplo;

Linscape(-2,2,5)

Con ese comando tendríamos el eje x dividido con cinco puntos con los siguientes valores. (-2, -1, 0 ,1, 2).

Por tanto en nuestro trabajo nos permite representar tantos puntos como veces se repita el bucle y cuyo valor estará registrado en la variable "i", y esos puntos tomaran valores desde el 0 hasta el "i/rate"(número total de interacciones entre el número de

interacciones por segundo). Gracias a este comando podemos representar todas las medidas distribuidas entre los trescientos segundos de medida.

En la primera parte del código habíamos definido que “l1”, ”l2” y “l3” eran las líneas que se iban a dibujar en la gráfica, en las siguientes dos líneas de código se cargan los valores de temperatura y luminosidad como esas tres líneas.

Para que el resultado se guarde en imágenes diferentes y una nueva gráfica no borre las anteriores, se utiliza el comando “figure (m)” Así cada vez que el código del bucle de la primera parte se repite, m aumenta, y las imágenes se graban en distintas figuras.

Continuemos con el código de la primera parte;

```
   % resultado del cronometro
clc;
fprintf('%g s de captura a %g cap/s i= %g \n',t,i/t,i);
```

Figura 33: Bucle de la primera parte. Resultados del bucle que dibuja en tiempo real.

En la anterior imagen podemos ver que al acabar de ejecutarse el bucle, que gráfica en tiempo real, nos muestra el “tmax”, el “rate” y la variable “i”. Con esto acabaría el bucle de graficar

7.1.2 Final del bucle de la primera parte.

Y para acabar se mostrará a continuación la segunda parte del bucle de la primera parte del proyecto;

```
%% Tratamiento

    if m==1
     t1=temperatura;
     lum1=lum;
     temp1=temperatura2;

    end
    if m==2
     t2=temperatura;
     lum2=lum;
     temp2=temperatura2;
    end
 pause(1500)
m=m+1;

delete s;

end
```

Figura 34; Bucle de la primera parte. Código para salvar las medidas.

Después de que se realice el bucle interno para graficar las medidas, volvemos al bucle principal de la primera parte del experimento. Como se podía ver al principio de la figura 30, el bucle principal se repetirá mientras "m" sea menor que tres. "m" comenzaba valiendo uno y por tanto al acabar de graficar los primeros cinco minutos entramos en el primer caso del bucle "if" que tenemos en la figura 34.

En ese caso todo el vector de las medidas de temperatura, llamado "temperatura" se va a salvar en otro vector llamado "t1". El vector de temperatura del aire exterior, llamado temperatura2, se guardará en un vector llamado "temp1". Y el vector de medidas de luminosidad llamado "lum" será salvado en otro vector llamado "lum1". Por tanto "t1", "temp1" y "lum1" tendrán almacenados los datos de los primeros cinco minutos de medición.

Tras esto el programa espera 1500 segundos, es decir 25 minutos para aumentar en una unidad el valor de m y que el bucle se vuelva a repetir.

Esa repetición ocurrirá por tanto treinta minutos después de la primera medición, y al acabar de nuevo el bucle que toma las medidas y las dibuja, pasaremos al segundo caso del "if" que tenemos en la figura 34. En este caso los valores de "temperatura", "temperatura2" y "lum" que se han medido en esta segunda interacción se guardan en las variables "t2", "temp2" y "lum2" respectivamente. Se vuelve a esperar otros veinticinco minutos y se aumenta el valor de "m" que ahora valdría 3 y que haría por tanto que el programa saltase a la segunda parte del experimento.

7.2 Segunda Parte

Esta segunda parte, como ya se ha comentado anteriormente, se encarga de tomar medidas una vez cada hora durante las siguientes ocho horas, es por tanto la fase donde se encontrará la mayoría de la información del experimento.

Al igual que la primera parte e puede dividir en dos grandes bloques, el primero es el bucle principal, mientras que el segundo es el bucle que dibuja las medidas en directo.

El bucle para graficar en tiempo real es idéntico al de la primera parte, no tiene ninguna variación. Lo que si cambia en esta parte es el bucle principal. La condición de este bucle es la primera diferencia pues será "while m<11" en lugar de "while m<3". Dentro del bucle lo primero que se ejecutará será el bloque de dibujo y una vez que este acabe volvemos al bucle principal cuyo código se mostrará a continuación.

```
%% Tratamiento

    if m==3
     t3=temperatura;
     lum3=lum;
     temp3=temperatura2;
    end
    if m==4
     t4=temperatura;
     lum4=lum;
     temp4=temperatura2;
    end
     if m==5
     t5=temperatura;
     lum5=lum;
     temp5=temperatura2;
     end
     if m==6
     t6=temperatura;
     lum6=lum;
     temp6=temperatura2;
     end
     if m==7
     t7=temperatura;
     lum7=lum;
    if m==8
    t8=temperatura;
    lum8=lum;
    temp8=temperatura2;
    end
   if m==9
    t9=temperatura;
    lum9=lum;
    temp9=temperatura2;
   end
   if m==10
    t10=temperatura;
    lum10=lum;
    temp10=temperatura2;
   end
pause(3300)
m=m+1;
```

Figura 35; Bucle de la segunda parte.

Código para salvar las medidas.

La función del código de la figura 35. No es otra que guardar los datos que se van midiendo en diferentes variables según el número de veces que se repita el bucle.

Es prácticamente lo mismo que el código del bucle de la primera parte pero con ocho repeticiones en lugar de dos y esperando cincuenta y cinco minutos entre medición y medición, en lugar de veinticinco minutos.

7.3 Tercera Parte

Como ya comentábamos esta tercera parte entrará en efecto cuando ya haya amanecido. Funciona exactamente igual que el bucle de la primera parte, los únicos cambios los veremos a continuación.

```
%% Tratamiento

    if m==11
     t11=temperatura;
     lum11=lum;
     temp11=temperatura2;
     pause(1500)
    end
    if m==12
     t12=temperatura;
     lum12=lum;
     temp12=temperatura2;
    end

m=m+1;
delete s;
```

Figura 36; Bucle de la tercera parte. Código para salvar las medidas.

La principal diferencia no es solo el índice de “m” sino que el comando “pause” esta dentro del “case” del primer “if”. De esta forma al acabar la última medición no se espera veinticinco minutos si no que pasamos a la cuarta parte directamente.

7.4 Cuarta Parte

Esta última parte se encarga de recopilar todos los datos del experimento, para hacerlo se divide en tres bloques. El estudio de la temperatura, el de la luz y la gráfica de la correlación.

Antes de empezar a hacer cualquier cosa, lo primero es cerrar el puerto serie, borrar lo que se le haya quedado y limpiarlo todo. Para ello se utiliza el siguiente código.

```
fclose(s);
delete(s);
clear s;
```

Figura 37; Código de la cuarta parte.

Una vez hecho lo anterior podemos empezar a trabajar con los datos que ya se habían ido guardando en las tres partes anteriores.

Relación entre temperatura y luz en un acuario, Analizando datos adquiridos con Arduino y Matlab.

7.4.1 Estudio de la temperatura del agua.

Código utilizado;

```
%dibujo finales temperatura
f1 = figure('Name','Captura');
a1 = axes('XLim',[0 tmax*15],'YLim',[0 50]);
l3 = line(nan,nan,'Color','r','LineWidth',2);
xlabel('Tiempo (s)')
ylabel('temperatura (C)')
A=[t1,t2,t3,t4,t5,t6,t7,t8,t9,t10,t11,t12];
x = linspace(0,144000/rate,114000);
set(l3,'YData',A(1:114000),'XData',x);
figure (m)
drawnow
media_temperatura=mean (A)
modatemperatur= mode (A)
varianzatemperatura= var(A)
desviaciontipica_temp=std(A)
```

Figura 38; Código de la cuarta parte. Estudio de la temperatura.

El código de la figura 38, es el que se va a explicar en este apartado. Gracias a ese código conseguimos aunar todas las medidas realizadas anteriormente en un vector y representar las medidas en una gráfica. Además también haremos unos cálculos estadísticos como pueden ser la media, la moda, etc…

En primer lugar, con las cinco primeras líneas de código preparamos la gráfica en la que se mostrarán todas las medidas juntas. Los comandos utilizados ya han sido explicados en el apartado 7.1 de este trabajo, por tanto ahora nos limitaremos a describir cómo será esta gráfica.

En primer lugar el eje x, que como vemos tomará valores desde el 0 hasta el 4500, que es la suma de tiempo de las dieciséis medidas juntas, en segundos. En cuanto al eje y, este tomará valores desde el 0 hasta el 50, temperatura que jamás alcanzará nuestro experimento.

Como vemos en la etiqueta de los ejes (líneas 4 y 5) representaremos la temperatura frente al tiempo durante las 10 horas de la prueba.

Después tenemos el vector “A”, este es un vector que almacena los datos medidos de temperatura en los otros tres bucles, uno detrás de otro. En total será “i*12” elementos, los que formen el vector.

Tras esto se define el "linscape" que como ya se ha explicado anteriormente sirve para ajustar la cantidad de datos a la cantidad de tiempo total medido. En este caso tomará valores desde el cero hasta el "i*12/rate=144000/rate" y se van a distribuir de forma que en total haya 114000 puntos.

Una vez acabado con lo anterior se lleva a cabo el dibujo de la gráfica que será la "figure(14)" y después se realizarán los cálculos estadísticos.

Los datos estadísticos a calcular son la media, la moda, la varianza y la desviación típica y estas se calcularán con los comandos "mean(A)", "mode(A)", "var(A)" y "std(A)" respectivamente.

7.4.3 Estudio de la temperatura del aire

Código utilizado;

```
%dibujo temperatura medio
f2 = figure('Name','Captura');
a2 = axes('XLim',[0 tmax*15],'YLim',[0 50]);
l5 = line(nan,nan,'Color','r','LineWidth',2);
xlabel('Tiempo (s)')
ylabel('temperatura alrededor(°C')
C=[temp1,temp2,temp3,temp4,temp5,temp6,temp7,temp8,temp9,temp10,temp11,temp12];
x = linspace(0,144000/rate,114000);
set(l5,'YData',C(1:114000),'XData',x);
figure (m+1)
drawnow
media_lum=mean (C)
```

Figura 39; Código de la cuarta parte. Estudio de la temperatura del agua.

Como se puede ver el código es idéntico al anterior, salvo que se solo se calcula la media y que se sustituye el vector "A" por el "C".

7.4.2 Estudio de la luminosidad.

Código utilizado;

```
%dibujo lux
f3 = figure('Name','Captura');
a3 = axes('XLim',[0 tmax*15],'YLim',[0 120]);
l6 = line(nan,nan,'Color','r','LineWidth',2);
xlabel('Tiempo (s)')
ylabel('lum (lum)')
B=[lum1,lum2,lum3,lum4,lum5,lum6,lum7,lum8,lum9,lum10,lum11,lum12];
x = linspace(0,144000/rate,114000);
set(l6,'YData',B(1:114000),'XData',x);
figure (m+2)
drawnow
media_lum=mean (B)
modalum= mode (B)
varianzalum= var(B)
desviaciontipica_lum=std(B)
```

Figura 40; Código de la cuarta parte. Estudio de la luminosidad.

El estudio es prácticamente idéntico al anterior, exceptuando que ahora el vector donde se guardan las medidas de luz es “B” y no “A” y que el eje y de la gráfica se alarga llegará hasta 100 y no hasta cincuenta.

Los cálculos estadísticos serán los mismos y se realizarán con los mismos comandos, sustituyendo “B” por “C”.

7.4.3 Estudio de la correlación.

Código utilizado;

```
%dibujo correlacion
v=A();
y=B();
figure(m+3)
plot(v,y,'o')
xlabel('temperatura')
ylabel('lum')
rxy=corrcoef(A,B)
```

Figura 41; Código de la cuarta parte. Estudio de la correlación.

El estudio de la correlación es muy sencillo, se trata de graficar la temperatura con respecto a la luz. Para ello el valor de de “A” y “B” se carga en dos variables “v” e “y” respectivamente y estas se representan con un “plot” en la “figure(15)” y finalmente se calcula el índice de correlación usando el comando “corrcoef(A,B)”

Para acabar con esta parte solo queda guardar las gráficas necesarias y para eso se ha creado el siguiente código;

```
%guardar imagenes
print(figure(1), '-djpeg', 'primeros_5_minutos.jpg');
print(figure(12), '-djpeg', 'ultimo_5_minutos.jpg');
print(figure(13), '-djpeg', 'todas_temperaturas.jpg');
print(figure(14), '-djpeg', 'todas_temperaturas_medio.jpg');
print(figure(15), '-djpeg', 'todos_lumenes.jpg');
print(figure(16), '-djpeg', 'correlación.jpg');
```

Figura 42; Código de la cuarta parte. Estudio de la correlación.

Con estas líneas se guardan las gráficas de la primera medida y la última, así como la gráfica con todas las medidas juntas de luz y temperatura y la gráfica de la correlación.

8 DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

En este apartado se va a comentar los experimentos llevados a cabo en el trabajo así como el objetivo de cada experimento y su función dentro del trabajo. En total son cinco experimentos. Uno con el acuario lleno y la luz, que es el principal, y otros cuatro que nos sirven para fijar condiciones iniciales, conocer relaciones y extraer conclusiones. Se irán comentando desde el más sencillo al más complejo.

Todos los experimentos usarán el código anterior o alguna modificación de este, si ese fuera el caso se mencionará en qué consiste dicha modificación.

8.1 Recogida de medidas con el acuario vacio

Para esta prueba se ha usado el acuario completamente vacío y la luz encendida. Con el sensor colocado justo en la base del acuario. La intención es medir la luz que incide en el acuario sin agua, con dos objetivos;

- Conocer la medida total de luz, sin refracción del agua.
- Comprobar que la eficiencia luminosa es efectivamente de entre 15-20% de los lúmenes totales, como indica el catálogo.

Los resultados obtenidos se mostrarán en el apartado 9.1. Para este apartado se ha usado tan solo una medida de cinco minutos.

8.2 Recogida de medidas con el acuario lleno y sin luz.

Este experimento consiste en tomar medidas de la misma forma que para el experimento principal pero con la luz apagada. El objetivo es;

- Conocer el comportamiento de la temperatura del agua y de las paredes del acuario, durante la noche. Para poder estimar así en la prueba principal si los cambios producidos son debidos a la parte de luz que se transforma en calor o al cambio de temperatura natural en el ambiente.

Se tomaron las medidas durante la noche, y los resultados se mostrarán y analizarán en el apartado 9.2. Se utilizó la totalidad del código, sin modificaciones.

8.3 Recogida de medidas con 330ml de agua en el acuario y luz.

En este caso se ha llenado el acuario un tercio de su capacidad, y se han realizado medidas de luz, temperatura del agua y temperatura del aire alrededor del acuario. Se utilizó el código principal con algunas modificaciones. En primer lugar se midió este experimento durante seis horas, ya que son las horas transcurridas hasta que el proyecto principal alcanza el equilibrio térmico y por tanto son las horas de modificación de la temperatura, y en segundo lugar no se han agrupado todas las medidas en una sola gráfica si no que se han guardado solo la medición inicial y final. Lo hemos podido hacer así porque se ha realizado con el aire acondicionado a 27ºC, eso te asegura que no haya perturbaciones en la temperatura ambiente y por tanto lo único que nos interesa son los valores iniciales y finales.

Los objetivos son;

- Medir la luz para extraer un porcentaje de refracción de luz. Con el fin de establecer una relación entre volumen de agua y refracción.
- Medir la variación de temperatura del agua, para establecer una relación entre el calor absorbido y la distancia a la fuente de luz/calor.

8.4 Recogida de medidas con 660ml de agua en el acuario y luz.

En este caso el acuario está lleno a dos tercios de su capacidad. Se repite el experimento anterior, código inclusive, para seguir obteniendo datos y poder seguir completando las relaciones anteriores.

8.5 Recogida de medidas con 1 litro de agua en el acuario y luz.

Este es el proyecto principal del trabajo, se utilizará el código del apartado 7 completo. Se realizará se noche y se tendrán en cuenta los resultados del apartado 8.2. Para estudiar la variación de la temperatura del agua de un acuario en función de la emisión de calor por parte de la fuente de luz, teniendo en cuenta la variación de temperatura del medio. Se calculará el equilibrio térmico entre las dos variaciones y se comprobará si el resultado experimental coincide con el teórico.

Los objetivos de esta parte son;

- Medir la luz para extraer un porcentaje de refracción de luz. Con el fin de acabar la relación entre volumen de agua y refracción.
- Medir la variación de temperatura del agua, con el fin de acabar la relación entre el calor absorbido y la distancia a la fuente de luz/calor.
- Calcular la correlación entre temperatura y luz, para poder comprobar la validez de nuestra hipótesis.
- Hacer los cálculos estadísticos necesarios para conocer un poco más el comportamiento de las dos magnitudes. (media, moda, varianza y desviación típica)
- Calcular el porcentaje de calor absorbido
- Calcular la potencia absorbida de luz y comprobar si la iluminación es baja, media o alta
- En definitiva, medir y graficar el comportamiento de luz y temperatura en un acuario durante un periodo de 10 horas, lo normal en los acuarios.

9 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS.

En este apartado, se mostrarán los resultados obtenidos con los experimentos anteriormente realizados. Para eso se ha decidido dividir esta parte en las mismas partes que para la descripción de los experimento, mostrando así los resultados de cada parte. Siendo así, comencemos con la primera de todas.

9.1 Resultados del experimento sin agua

Como se ha comentado en el apartado 8 de la memoria, este experimento sirve para medir las condiciones iniciales de temperatura y luminosidad, y consiste en una muestra de cinco minutos que se mostrará a continuación.

Figura 43. Medición sin agua.

Para la realización de este proyecto se ha usado un código similar al del apartado 7, pero con solo dos variables en lugar de tres.

Con estos resultados podemos decir que con el aire acondicionado a 27ºC, la temperatura ambiente es de; 27,34+-0.5ºC. Además tenemos una luminosidad total de 105.6+-0.4 lúmenes, que viene a ser un 17,5% de los lúmenes totales, se puede decir que estamos en los márgenes de eficiencia luminosa que se encuentra entre un 15 y un 20%. Así completamos los dos objetivos de esta parte.

9.2 Resultados del experimento sin luz.

En este caso es lo contrario al anterior, aquí tenemos la totalidad de agua pero no tenemos luz. Esta prueba se ha realizado durante la noche y su objetivo es ver cómo cambia la temperatura del agua debido a la temperatura del medio externo, para con este conocimiento poder compensar la temperatura ambiente en la prueba principal.

Relación entre temperatura y luz en un acuario, Analizando datos adquiridos con Arduino y Matlab.

Se ha usado el código del apartado 7 y se ha medido la evolución de la temperatura durante 10 horas. El resultado son cuatro gráficas la de la primera medida para tomar condiciones iniciales, la última medida para ver con qué valores acaba y el registro de toda la variación de la temperatura del agua y del aire alrededor del acuario.

Figura 44. Primera medición sin luz.

Como se puede ver en la imagen la temperatura inicial del agua y del aire alrededor del acuario son prácticamente iguales, siendo sus valores, 26.55 +-0.5ºC y 26.37º+-0.5C respectivamente, además se puede ver también que la luz es 0.94+-0.4 lúmenes. Esas son las condiciones iniciales del experimento.

Ahora veamos las condiciones finales;

Figura 45. Última medición sin luz.

Se puede ver como la temperatura ha decaído prácticamente 1 grado en las dos variables, mientras que la luz se mantiene prácticamente igual. ¿Habrá bajado un grado de forma constante en 10 horas?

La respuesta es que no, pues la temperatura no permanece prácticamente constante durante toda la noche. Este experimento se ha desarrollado desde las 12 de la noche a las 10 de la mañana y su evolución la veremos ahora.

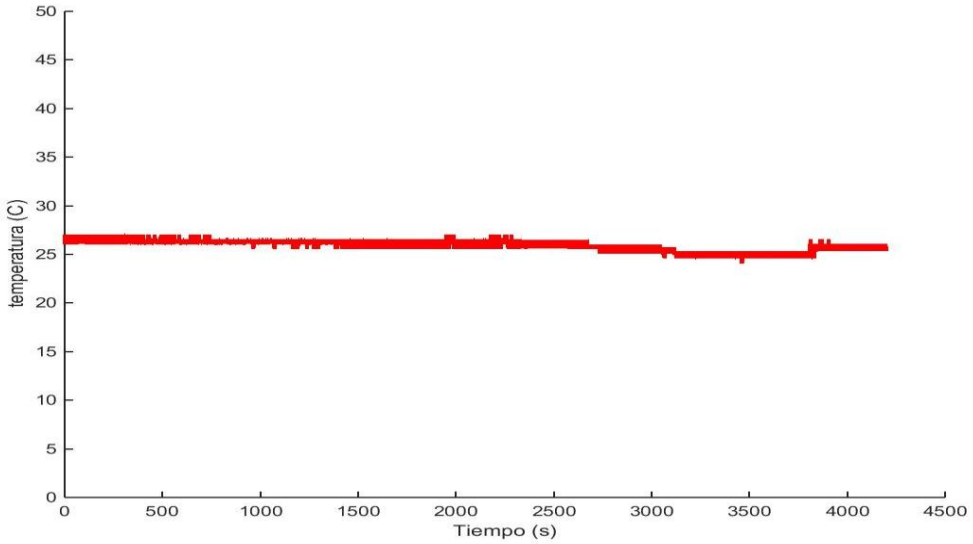


Figura 45. Evolución de la temperatura del agua durante la noche.

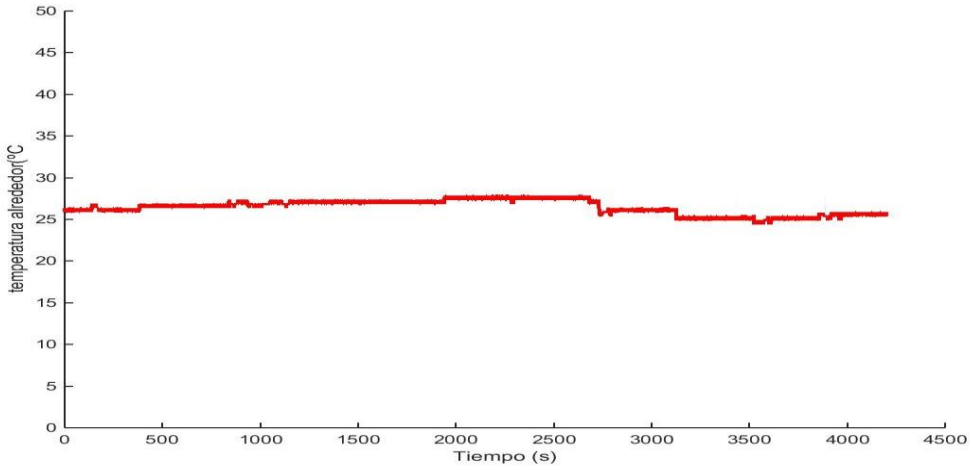


Figura 46. Evolución de la temperatura del aire alrededor del acuario durante la noche.

Como se puede apreciar las gráficas prácticamente permanecen constantes en 26.5ºC, durante toda la evolución, hasta las seis horas. A las seis horas la temperatura de ambas gráficas descienden hasta los 25,1 +-0,5ºC, para acabar, subiendo en la ultima hora (9-10am) hasta los 25,3ºC.

Será muy importante tener en cuenta esa variación ya que en l aprueba principal, esa disminución de temperatura hará que la temperatura del agua llegue a equilibrio térmico antes de lo previsto.

9.3 Resultados del experimento con 330ml de agua y luz.

Este apartado ha sido realizado de día, con la temperatura ambiente regulada a 27ºC y con una duración de 6 horas, con el objetivo final de medir porcentaje de refracción, y porcentaje de calor absorbido por los 330ml a una distancia de 12cm a la fuente de luz.

Para recoger los resultados en este caso, no importa la evolución, ya que la temperatura está regulada por el aire acondicionado, lo que más importan son los valores iniciales y finales que se muestran a continuación;

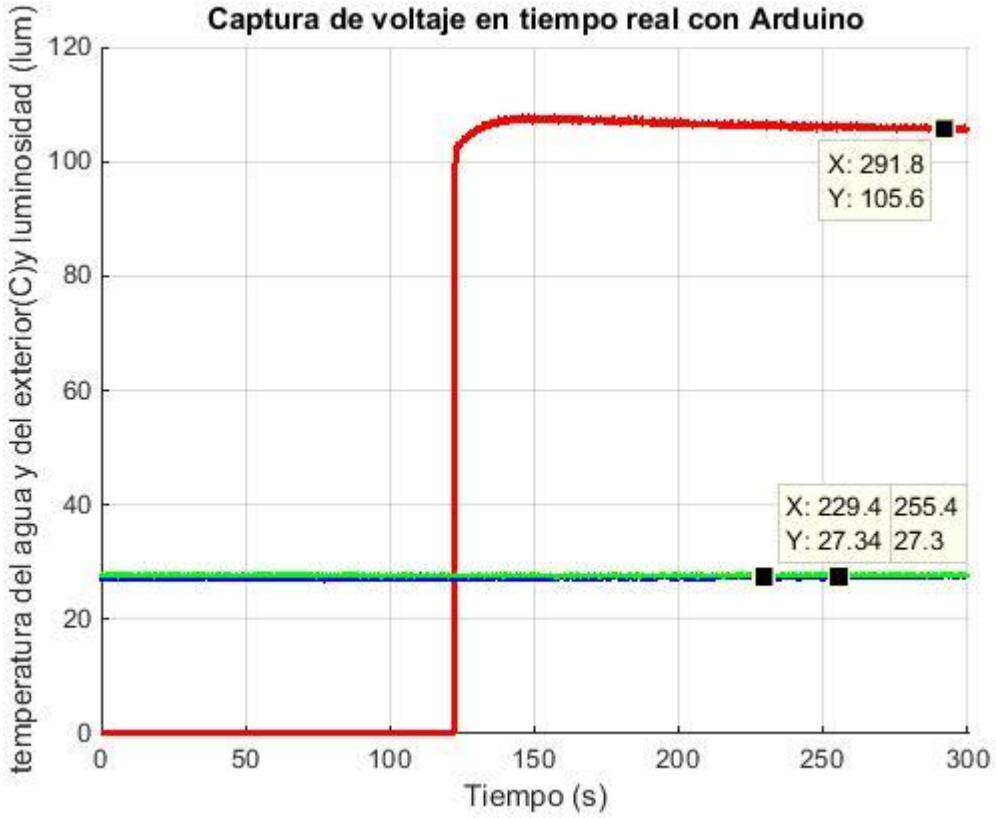


Figura 47. Primera medida con un tercio de agua.

Podemos ver como ambas temperaturas están muy cercanas a 27ºC de echo son 27.34+-0.5ºC la del aire alrededor del acuario y 27.3ºC+-0.5ºC la del agua del acuario. Además tenemos que la luminosidad es la misma que cuando no había agua, por tanto el porcentaje de luz relejada en la superficie es 0%. Ahora veamos la situación final.

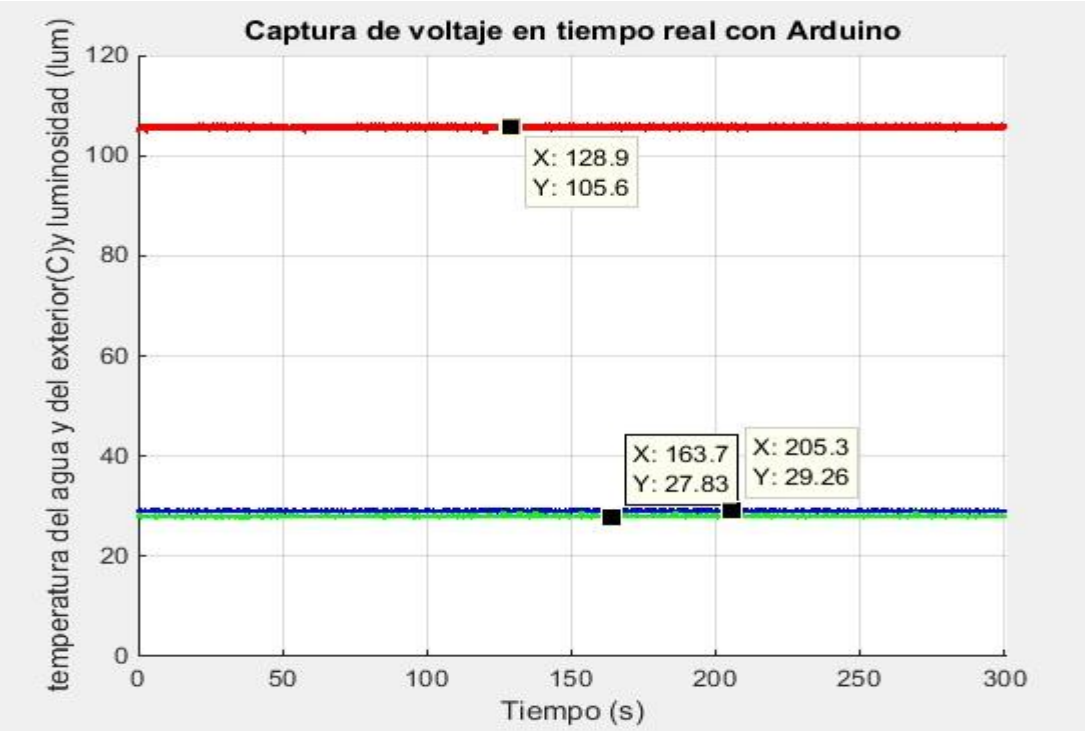


Figura 48. Ultima medida con un tercio de agua.

Se ve que mientras la temperatura del aire alrededor del acuario apenas cambia aproximadamente 0.5ºC, que teniendo en cuenta el error es prácticamente inapreciable. Mientras que la temperatura de agua aumenta 2ºC. si calculamos el calor absdorbido,

Qabs=m*C*(Tf-Ti);

La masa es igual a 330 gramos, al ser la densidad del agua = 1. La C como queremos expresar el resultado en calorías, valdrá 1. Si quisiéramos expresarlo en Julios el valor sería 4186. La temperatura inicial era 27.3+-0.5ªC como hemos visto, y la final 29.26+-0.5ºC, por tanto el calor absorbido será;

Qabs=660 calorias.

Para saber a cuanto porcentaje equivale ese calor hay que calcular el calor cedido por la bombilla durante seis horas.

E=W*t=108648J;

Para calcular los vatios debemos saber que el 46,66% de los 11W totales son los que se convierten en calor.

Qced=E*0.24=26075.5 calorias;

Siendo 0,24 la relación entre los julios de la energía y las calorías. Siendo esa todo el calor total, podemos decir que el calor absorbido por el agua es tan solo el 2,53%. Esto se debe a que como la transmisión es por convección hay mucha pérdida de calor entre la bombilla y el aire que hay sobre la superficie del agua.

9.4 Resultados del experimento con 660ml de agua y luz

En este caso, este experimento es idéntico al anterior pero con un tercio más de agua y a 9cm de la fuente de luz, su inclusión en el trabajo se debe a que nos aporta un punto intermedio entre los 330ml y los 1000ml, un punto muy importante a la hora de realizar las relaciones entre el calor absorbido y la distancia y entre la cantidad de agua y la luz reflejada por ella.

Por tanto al ser igual que el anterior tendremos una gráfica de condiciones iniciales y otra de condiciones finales, como veremos a continuación.

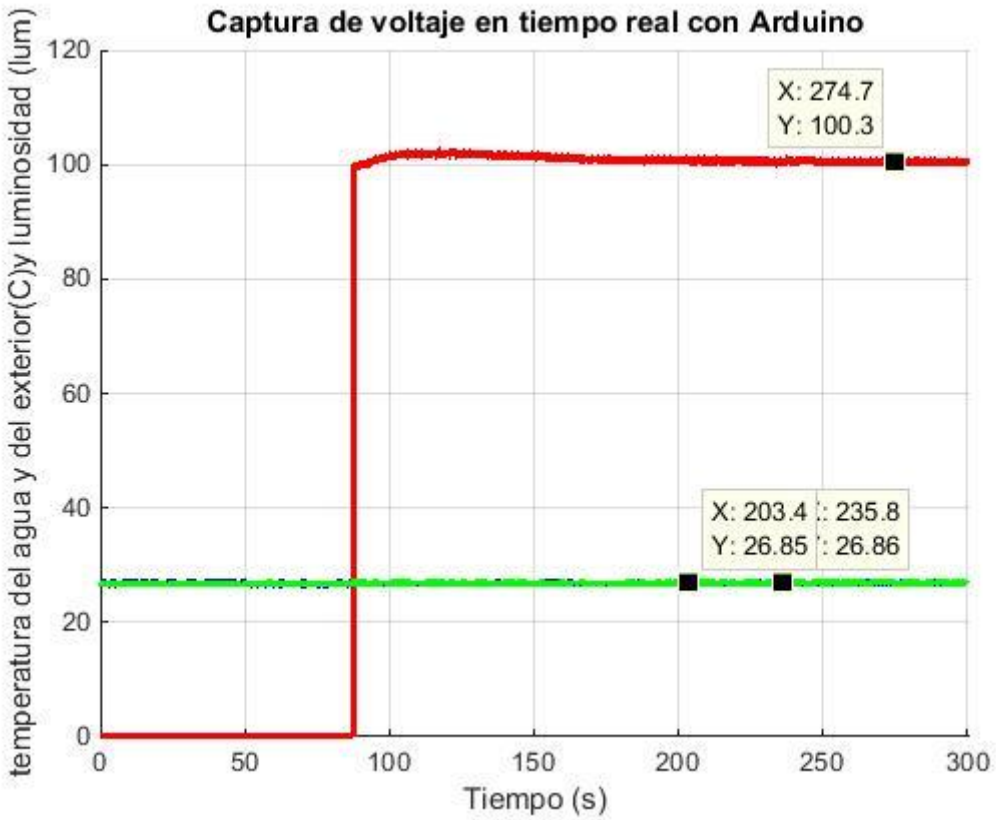


Figura 49. Primera medida con dos tercios de agua.

Como se puede ver para una temperatura ambiente de 27ºC, los dos sensores marcan 26.85+-0.5ºC. Es decir ambas temperaturas están a la temperatura ambiente. En cuanto a la luz, mide 100.3 lúmenes, lo que supondría un 6.311% de luz reflejada por el agua.

Ahora veamos los datos después de las seis horas;

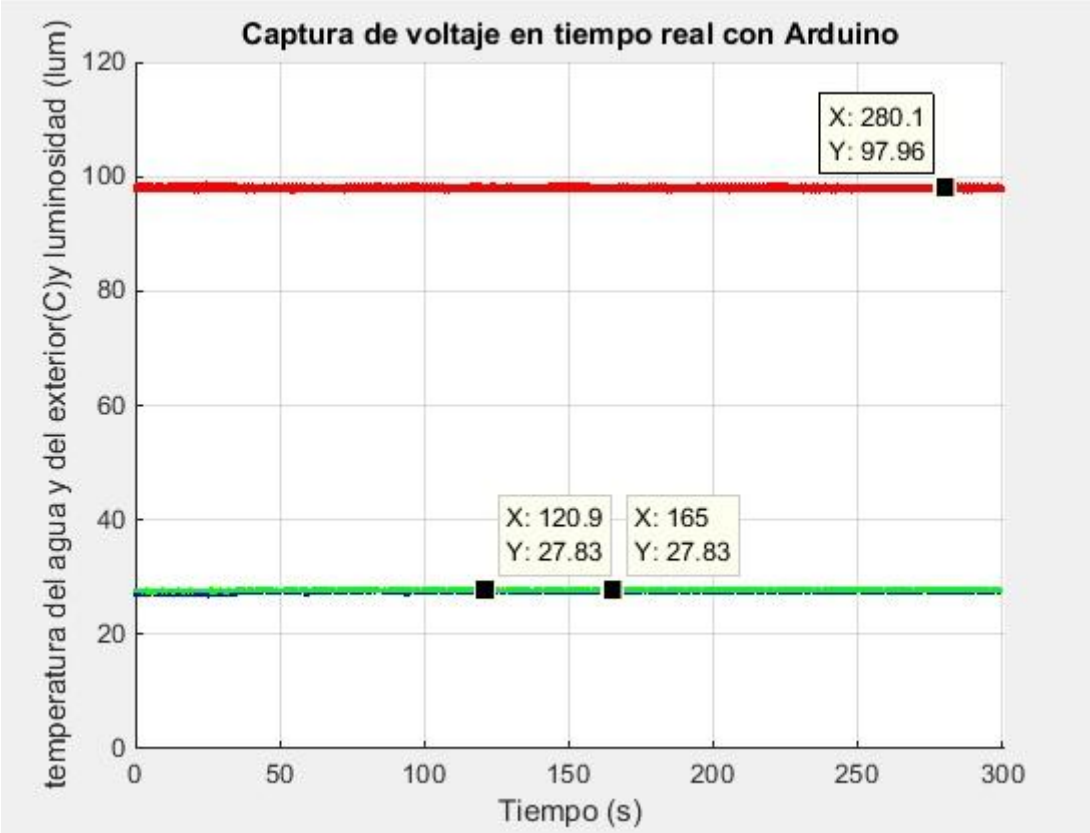


Figura 50. Ultima medida con dos tercio de agua.

Como podemos ver, ambas temperaturas han subido un grado con el respectivo error, aunque parezca que esto no tiene sentido, pues ahora el agua está a menos distancia de la fuente, sí que lo tiene. Cuando calculamos el calor absorbido [Qabs=660*1*(27.8-26.8)], obtenemos que su valor es el mismo que en el apartado anterior, 660 calorias. Esto es posible porque cuanta más cantidad de agua, más calorías hacen falta para elevarla los mismos grados, como la masa es el doble y la temperatura la mitad, el calor absorbido es el mismo. De hecho que coincidan en calorías se debe a que la distancia ahora es más corta, pues para la misma distancia, la temperatura del agua de los 660ml apenas habría variado.

Teniendo eso claro es lógico que también hayan absorbido el mismo porcentaje de calor, 2.53%

En cuanto a los lúmenes, una vez se estabiliza la medida se obtiene un valor de 98 lúmenes, lo que conlleva que un 7,11% de la luz que incide sobre la superficie del agua ha sido reflejada.

9.5 Resultado de las medidas con un litro y con luz.

Este es el experimento principal. Mientras los demás sirven para plantear unas condiciones iniciales y de comportamiento de la temperatura ambiente y la luz, en este es donde propiamente se toman las medidas en las condiciones normales de un acuario, es decir a capacidad completa y con luz durante diez horas. Con este experimento veremos la influencia de la iluminación sobre la temperatura del agua.

Al ser el experimento más importante, explicaremos todos los resultados que nos aporta cada parte del código en el experimento.

9.5.1 Resultados de la primera parte

El objetivo de esta parte ya se ha explicado en el apartado 7.1 por tanto y con la intención de no repetirnos, iremos directamente a comentar su resultado.

A continuación se mostrará la primera captura del experimento, cuando aún la luz no está encendida y se encenderá justo a los dos minutos y medio de comenzar el experimento;

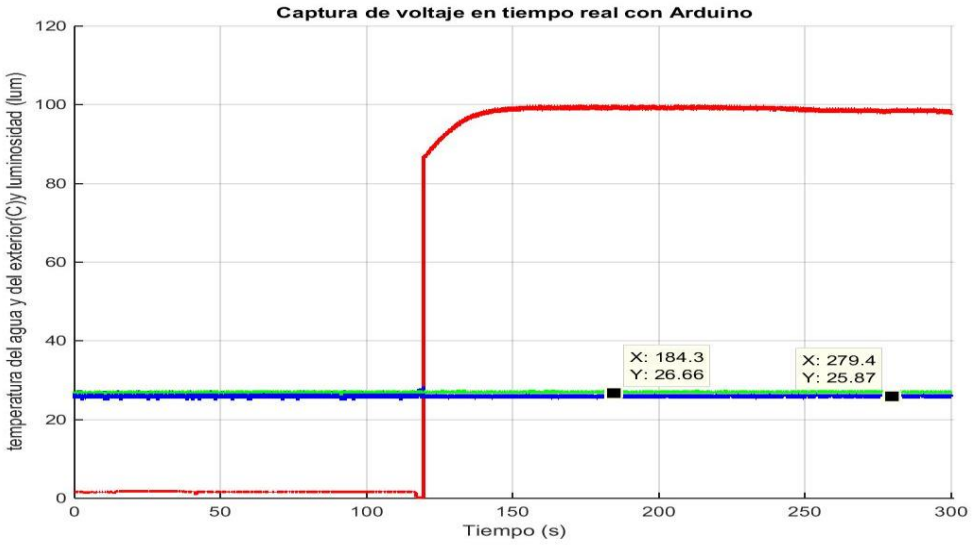


Figura 51; Primera toma de medida del experimento.

En la figura 51, podemos ver la primera toma de medida del experimento, gracias a esta se pueden ver las condiciones iniciales de luz y temperatura, 98 lúmenes y 25.87+-0.5ºC

grados respectivamente También podemos ver que la temperatura alrededor del acuario marca26.66 +-0.5ºC

No se mostrará la segunda toma de medida a la media hora, porque el intervalo de tiempo es muy corto para este sistema tan lento. Es decir que en la segunda medida no se observa ninguna variación en las dos variables.

9.5.2 Resultados de la segunda parte

Al igual que en la primera parte no se va a describir el experimento de esta parte si no simplemente mostrar la gráfica de aquella medida que se ha determinado como la más importante.

A continuación se muestra la gráfica:

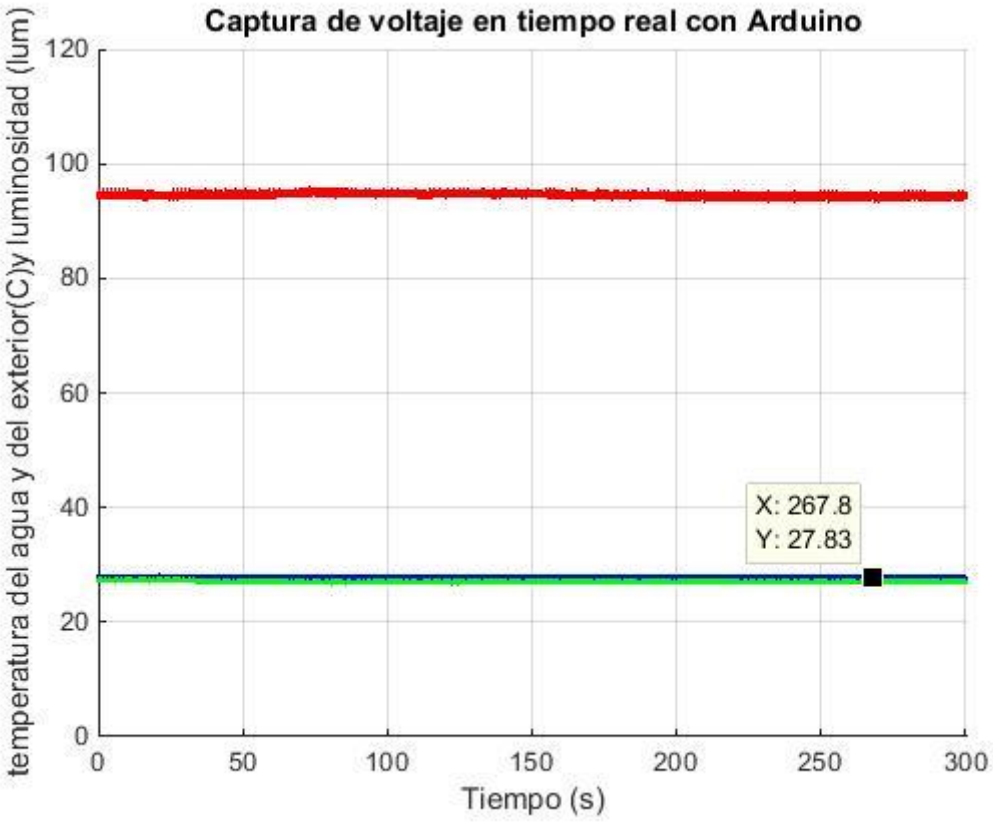


Figura52 ; Gráfica de una medida en el equilibrio térmico.

La importancia de esta gráfica reside en que nos muestra el equilibrio térmico al que llega el agua, dos grados superiores a la inicial. A partir de aquí, sexta hora de medida, la temperatura tan solo aumenta un grado. Si lo calculamos teóricamente según el calor absorbido en las seis horas, la temperatura debería aumentar al final hasta los 29.1ºC, aproximadamente otros 2ºC, sin embargo como veremos en la figura 53, tan solo

aumenta 0.5, hasta los 28.3+-0.5ºC. Esto es debido al equilibrio térmico de la temperatura de la luz con la temperatura ambiente que como vimos en el apartado 8.2, bajaba a las seis horas de experimento hasta los 25,3ºC. Se muestran los cálculos que lo demuestran;

Calor absorbido durante las seis hora.

$$Qabs=1000*1*(27.83-25.8)=2000 \text{ calorias.}$$

7.76% del calor cedido por la lámpara durante 6 horas

Si lo pasamos a grados por hora serian 2ºC entre seis horas que es 0.333ºC por hora. Si con ese resultado estimamos la temperatura tras las diez horas obtenemos que efectivamente debería ser 29.1. Pero hay que tener en cuenta el descenso de temperatura ambiente hasta los 25.3 ºC del apartado 9.2. Haciendo el equilibrio térmico teórico obtenemos;

$$Qagua=Qaire;$$

Para poder realizar esa ecuación se ha calculado la masa de aire, a través de la densidad ($1.3kg/m^3$) y los m^3 que hay alrededor del acuario($0.16m^3$), se obtiene una masa de 208gr.

$$1*4186*(29.1-teq)=0.208*1012*(teq-25.3);$$

$$126720=5325.9teq;$$

$$teq=28.82ºC;$$

Esa es por tanto la temperatura a la que tendría que acabar el experimento. En el siguiente apartado veremos si la temperatura es igual o al menos parecida a la teq.

9.5.3 Resultados de la tercera parte

Como ya se dijo anteriormente la tercera parte incluye las dos últimas medidas del experimento, por eso se ha creído importante incluir los últimos cinco minutos del experimento con el fin de ver los valores de las variables bajo estudio al acabar.

A continuación se mostrará la gráfica con dichos valores;

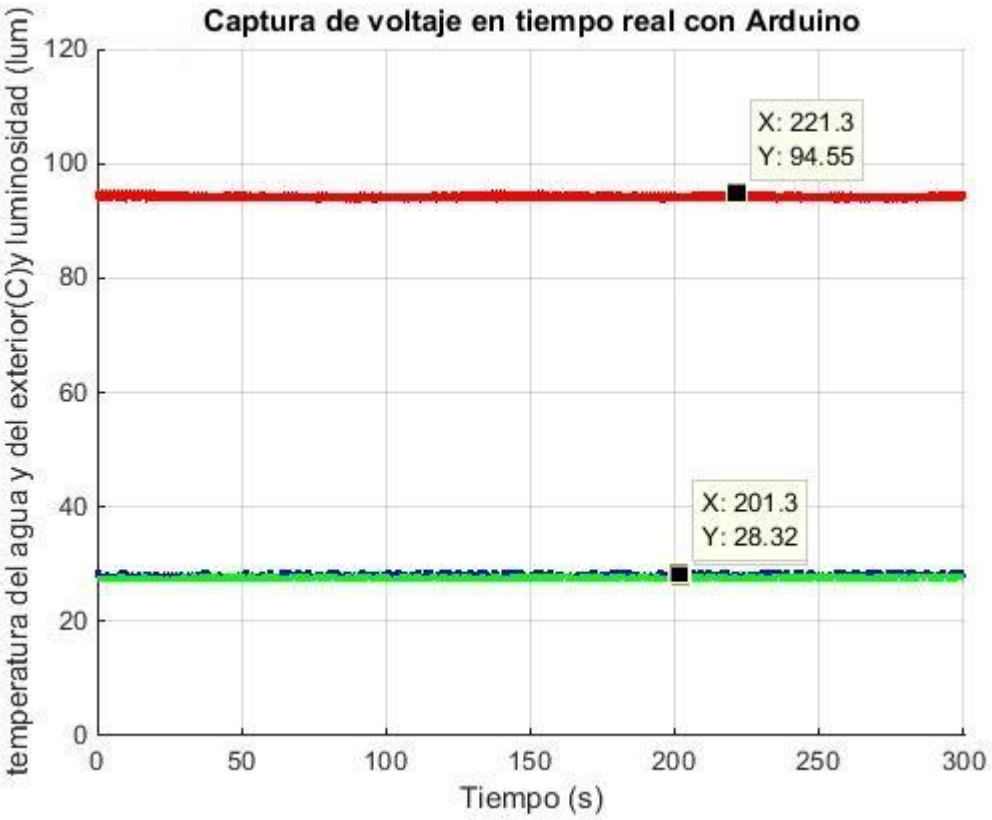


Figura53 ; Gráfica de la última toma de medida.

Como se puede ver en esta gráfica la luz acaba con un valor de 94.76 lúmenes, eso nos deja un porcentaje de agua reflejada del 11.19%.

En cuanto a la temperatura acaba con un valor de 28.32+-0.5ºC tan solo medio grado por encima de la temperatura de equilibrio y muy parecida a la temperatura de equilibrio teórica. Con lo que podemos afirmar que la temperatura aumenta 2.5ºC durante la noche y que si la temperatura del medio fuese constante, la temperatura hubiera aumentado aproximadamente cuatro grados, ya que un litro de agua a seis centímetro de la fuente de luz absorbe a temperatura constante, 0.333ºC/h.

Pero al tener variación el calor absorbido final no es 0.333ºC por 10 horas, si no que habrá que calcularlo teniendo en cuenta el resultado final, con el nuevo equilibrio térmico.

Qabs=1000*1*(28.3-25.87)=2430 calorias.

Para saber que porcentaje del calor cedido absorbe el agua, hay que calcular el calor cedido para 10 horas ya que anteriormente solo se calculo para 6horas.

E=W*t=5.03*36000=181080J;

1841081*024=43459.2 calorias

Qced=43459.2 calorias;

Con todo lo anterior en cuenta se obtiene que el calor absorbido por el agua es del orden del 5,51% del calor cedido.

9.5.4 Resultados de la cuarta parte

Se ha decidido dividir este apartado en tres partes, En la primera se mostrarán los resultados de la temperatura, tanto la gráfica de todas las medidas como los cálculos estadísticos. La segunda parte serán los resultados de la luz y por último se mostrarán y explicarán los datos de la correlación.

9.5.5 Resultados de la temperatura

A continuación se va a mostrar y extraer conclusiones de la medida total de temperatura.

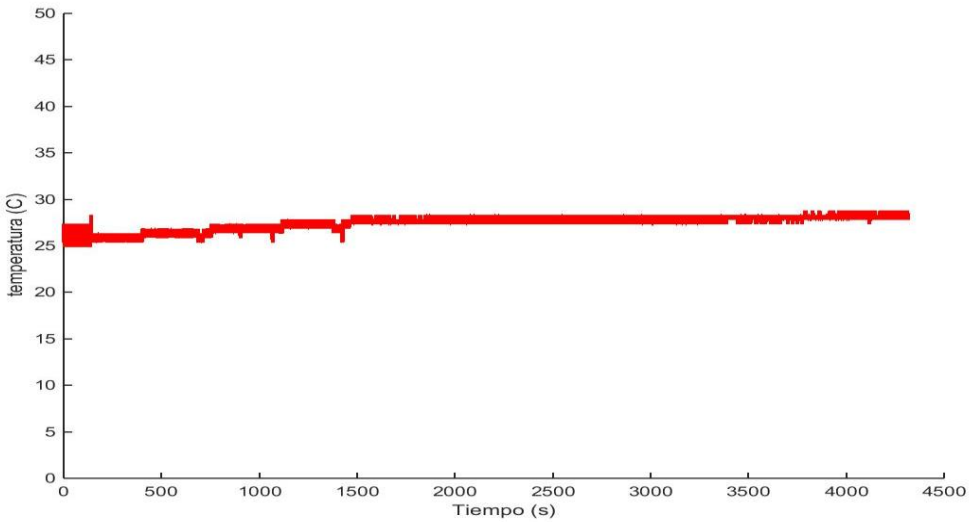


Figura 54 ; Gráfica de la última toma de medida.

Esta gráfica representa la evolución de la temperatura del agua durante las 10 horas de experimento.

En esta gráfica se confirma lo que se dijo en el apartado 8.2. Se puede ver como la temperatura va subiendo cada hora de forma constante entre 1 grado o medio grado, hasta alcanzar los 27.83 grados hacia las seis horas de estudio (2100s), se puede ver que en las horas restantes tan solo aumenta medio grado.
Cabe comentar que debido al error de +-0.5ºC del sensor, en la gráfica se muestran pequeñas subidas y bajadas.

Esta gráfica nos aporta además la información de que el estudio de la evolución de temperatura bajo el efecto de luz artificial, es un estudio lento y en el que hay que tener muy en cuenta la temperatura ambiente.

Además de obtener esa gráfica, el estudio de la temperatura también incluye ciertos cálculos estadísticos. Los cuales se van a describir a continuación.

- Media aritmética; Teniendo una muestra de diferentes valores, en este caso las medidas de la temperatura, la media es el valor característico que se encuentra en el centro de la distribución de esos datos. Se calcula sumando todos los valores y dividiéndoles entre el número de valores.
  En este caso se calcula con el comando "mean()" y el resultado obtenido es igual a 27.47ºC.

- Moda; La moda es el valor que más se repite en una muestra, en este caso el valor de la moda es 27.8ºC. Si nos fijamos la moda es equivalente a la temperatura del equilibrio ya que durante casi 4 horas la temperatura se mantiene prácticamente en ese valor.

- Varianza; (http://definicion.de/varianza/) <<Es la media de las desviaciones cuadráticas de una variable, considerando el valor medio de esta. Por tanto la varianza consiste en la esperanza del cuadrado de la desviación de esa variable con respecto de la media.>> Aquí se ha calculado con el comando "var()" y el resultado es $0.5649ºC^2$

- Desviación típica; (http://definicion.de/varianza/) <<Es la raíz de la varianza y nos informa de la magnitud de la dispersión de las variables de intervalo y de razón.>> El comando para calcular la es "std()" y su valor es igual a 0.75ºC

9.5.6 Resultados de la luminosidad

Al igual que con la temperatura, se ha grabado la gráfica de las medidas de luminosidad en todo el experimento y se mostrará a continuación.

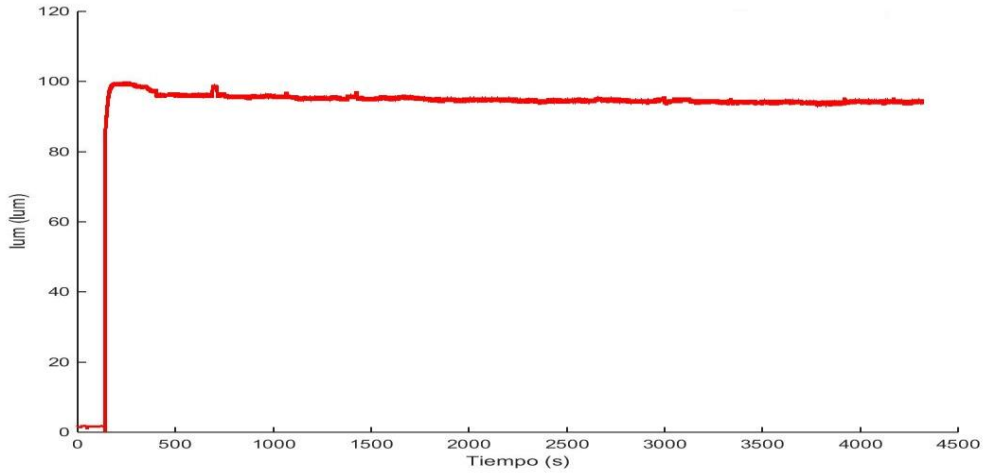


Figura55; Gráfica con el total de la luz medida.

En la figura anterior podemos ver la evolución durante diez horas de la luz que incide en el acuario y en el LDR. Como se puede ver, la evolución responde a un sistema de primer orden con algo de sobreoscilación, que poco a poco se va estabilizando. Lo que es muy fácil ver a simple vista y también se veque este sistema es mucho más rápido que el anterior. Como ya hemos visto en el apartado anterior la luz reflejada es del 11,19% y por tanto, la luz recibida en el LDR es del 89,81% de la luz emitida por la bombilla.

En cuanto al cálculo estadístic,o los resultados son los siguientes;

- Media: 94.1806 lúmenes
- Moda: 94.76 lúmenes
- Varianza; 267.77 lúmenes^2
- Desviación típica; 16.3638 lúmenes.

Algo que no se había comentado antes es que teniendo la media y la desviación típica podemos saber si hay algún punto que esté muy alejado del valor medio y de los demás. En el caso de la temperatura se puede apreciar que al ser la desviación típica tan pequeña, no hay ningún punto demasiado alejado de la media, como efectivamente recoge la gráfica. Sin embargo en el caso de la Luz, ocurre lo contrario la desviación típica tan alta nos informa de que algunos puntos están muy lejanos de la media, y si nos fijamos en la gráfica vemos que efectivamente las medidas tomadas con la luz apagada difieren mucho de la media.

9.5.7 Resultados de la correlación

Con estos resultados se pretende ver la relación existente entre las dos variables y aceptar o refutar la hipótesis del trabajo, para ello, se ha calculado el índice de correlación y la gráfica de la correlación, cuyos resultados se mostrarán a continuación.

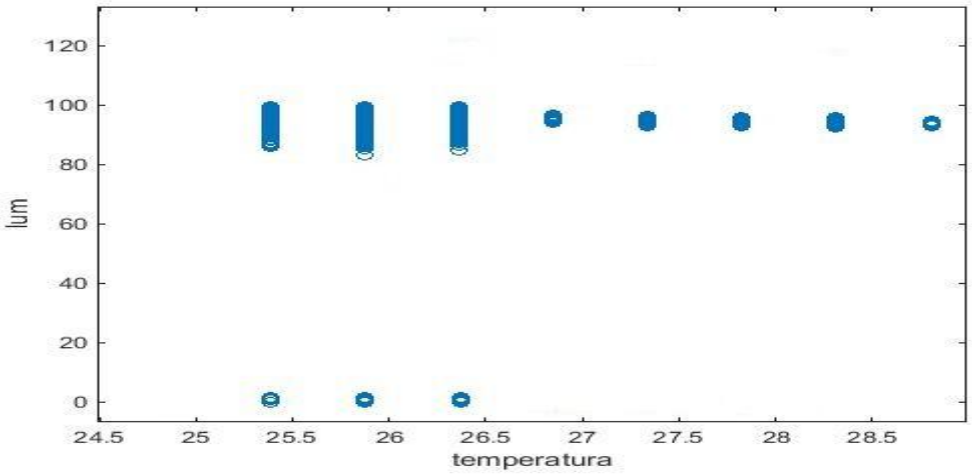


Figura 56; Gráfica de la correlación

Se puede ver claramente en la gráfica como al aumentar la luz, la temperatura aumenta. Además se puede ver como al principio de encenderse la luz la temperatura se mantiene, sin embargo al transcurrir tiempo, los valores de la temperatura empiezan a aumentar.

Haciendo la matriz de correlación se obtiene; $\begin{pmatrix} 1 & 0.2935 \\ 0.2935 & 1 \end{pmatrix}$

La matriz de correlación es una matriz cuadrada cuya diagonal es 1 y los otros dos elementos son el coeficiente de relación entre las variables. Por tanto obtenemos que no existe relación lineal directa total entre las dos variables. Lo que no quiere decir que las variables sean independientes, sino que el tipo de relación que tienen no es totalmente lineal.

Y por lo que vemos podría ser una relación no lineal monótona, es decir que aunque no se pueda predecir lo que cambia una con respecto la otra, si se pueda saber que si una aumenta la otra también lo hace.

De hecho se obtiene una relación de aproximadamente 30% y lo que hace que no se pueda predecir y que la relación no sea lineal, son las variaciones en el equilibrio térmico provocadas por la temperatura exterior.

10 CONCLUSIONES.

Después de la realización de todos los objetivos y de recoger los resultados, volvemos a poner la vista en las hipótesis fundamentadas en el apartado tres del trabajo.

- La primera de las hipótesis que queríamos comprobar, era que toda la potencia que se emite en una bombilla no se transfiere en su totalidad como luz, si no que una parte se pierde, otra se refleja en el agua y otra se transforma en calor.

  Pues bien tras realizar el experimento con el sensor LDR situado al fondo del acuario, La bombilla tiene un flujo luminoso total de 600 lúmenes, correspondientes a su rendimiento luminoso de 54.34. De esos lúmenes según el catálogo solo entre el 17 y el 20% son radiación visible. Al final se ha obtenido que de eso lúmenes que debería trasmitir nuestra bombilla, sin agua se recogen 105.6 lúmenes, correspondientes al 17,6% y el 36.74% del resto de la luz emitida es radiación no visible y no medible. Los 46.66% de energía restante que no son luz se transforman en calor.

  Para saber qué porcentaje de luz es reflejada, dentro del 17.6% de luz visible, se realizaron experimentos con diferentes niveles de agua. En la prueba con 330ml de agua se obtuvo el mismo resultado que sin agua, con 660ml de agua se midió que la luz que llegaba al ldr era de 100.3 lúmenes con un error de +-0.4 lúmenes. Esto significa que se recoge el 94.69% de la luz y que por tanto se refleja el 6.31%. Y finalmente con 1 litro se recogen 94.76 lúmenes, es decir el 89.81% de la luz total y por tanto se reflejan un 11.19%. Con todas estas medidas se obtiene que la luz reflejada tiene una relación proporcional con la cantidad de agua. La gráfica de esa relación se muestra a continuación.

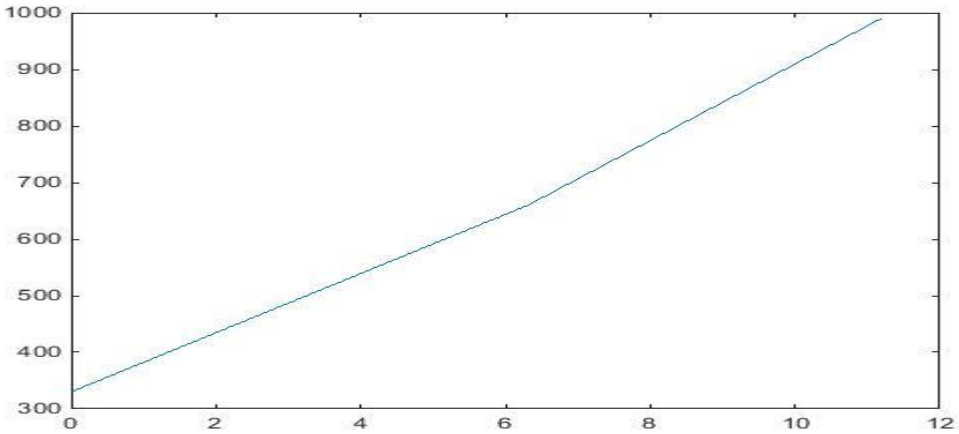


Figura 57; relación cantidad de agua-luz reflejada

- La segunda hipótesis decía que la temperatura y la luz seguían una relación lineal.

  Esta hipótesis queda totalmente desmentida, como hemos visto en los resultados del estudio de la correlación, la temperatura y la luz no tienen una relación lineal si no que la relación que describe su comportamiento es una relación no lineal monótona. Es decir que si aumenta la luz aumenta la temperatura siempre, pero no se puede conocer ni medir la proporción en la que aumenta una si aumenta la otra, si no se conoce la temperatura ambiente, como hemos podido ver en el apartado 9.5 la temperatura ambiente es muy importante, ya que puede cambiar el resultado final esperado. Sin conocer el valor de variación de la temperatura ambiente, las variables son independientes y solo se puede conocer que la temperatura varía de forma creciente si lo hace la luz y viceversa. Y eso gracias a que el índice de correlación es del 30%.

  Otro factor determinante que hace variar el calor absorbido y por tanto la variación de temperatura, es la distancia de la superficie del agua a la fuente de luz y también la cantidad de agua. Con los experimentos del acuario a diferentes volúmenes de agua hemos podio graficar la relación existente entre la distancia a la fuente de luz y el calor absorbido, y como ya se ha visto este dependerá de la masa de agua. El resultado se muestra a continuación.

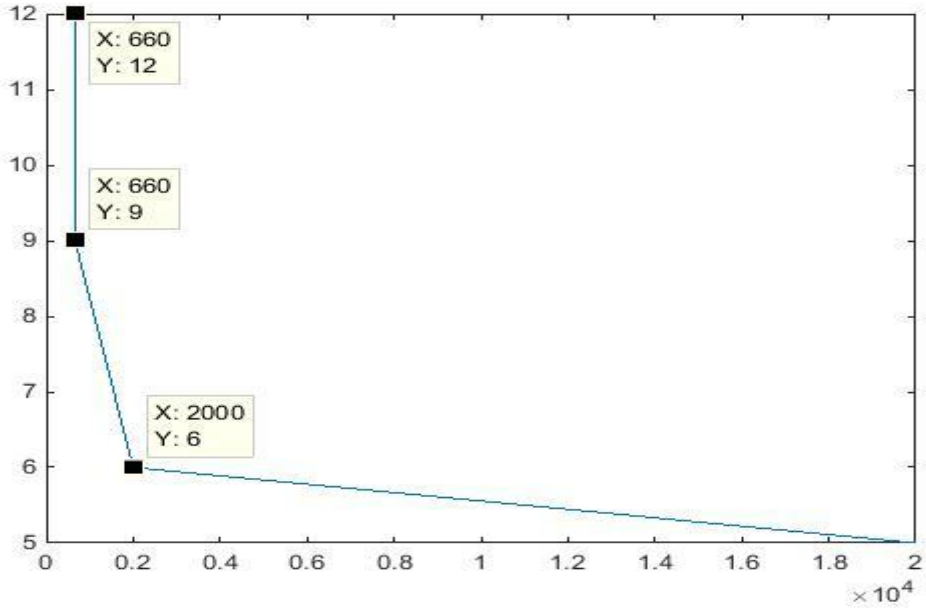


Figura 58; relación distancia-calor absorbido

En la figura 58, se ve la evolución del calor absorbido según la distancia a la fuente y con los resultados obtenidos todo apunta a que el calor absorbido crece cuando disminuye la distancia y que la relación entre los dos sigue una función exponencial.

Conociendo todas esas conclusiones podemos finalizar diciendo, que el trabajo ha concluido de forma exitosa y aunque no se han respaldado todas nuestras hipótesis iniciales, los resultados si han sido totalmente coherentes con la realidad.

Estos resultados son de gran importancia, ya que sabiendo la cantidad de energía de la fuente de luz que se transformar en calor, la cantidad de agua en el acuario, la temperatura ambiente y una lectura anterior de temperatura, podemos crear un lazo de realimentación y llegar a controlar el acuario con un control de seguimiento de temperatura y rechazo a perturbaciones provocadas por la luz y por la temperatura del ambiente. Y con un termostato y un sistema de refrigeración basado en células peltier podríamos controlar de forma autónoma un acuario.

Además al haber utilizado tecnología e instrumentación barata, el resultado sería un sistema de control autónomo a un precio muy asequible.

11 BIBLIOGRAFÍA.

www.arduino.cc. (2017a). Arduino. Arduino UNO. Usado en el apartado 5.2. Recuperado el 7 de junio de 2017, a partir de; https://www.arduino.cc/

www.arduino.cc. (2017b). Arduino. Arduino V1.8. Usado en el apartado 4.3. Recuperado el 7 de junio de 2017, a partir de; https://www.arduino.cc/

arian.cl. (Octubre, 2010). Arian s.l. PT100, operación e instalación. Usado en apartado 4.1.1. Recuperado el 5 de junio de 2017, a partir de; http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf

asi funciona.com. (2015). Tablas y datos acerca de lámparas fluorescentes ahorradoras de energía. Usada en apartado 6.1 y 8.1. Recuperada el 14 de junio de 2016 a partir de; http://www.asifunciona.com/tablas/lamparas_cfl/lamparas_cfl.htm

Fisicalab. (2016). Fisicalab.com. Ley cero de la termodinámica. Usado en apartado2.2.1.2.Recuperado el 2 de junio del 2017, a partir de; https://www.fisicalab.com/apartado/principio-cero-termo#contenidos

Kennavar.vma.is. (2008). Surom technologies. Light Dependent Resistor – LDR. Usado en apartado 4.2 y 4.2.1. Recuperado el 6 de junio de 2017, a partir de; http://kennarar.vma.is/thor/v2011/vgr402/ldr.pdf

mathworks.com. (2017). MathWorks. Inc. Características principales. Usado en apartado 5.1. Recuperado el 8 de junio de 2017 a partir de; https://es.mathworks.com/products/matlab/features.html

Pce-iberica. Pce-iberica.es. Unidades de medida de temperatura. Usado en apartado 2.2.1.3.Recuperado el 3 de junio de 2017, apartir de; http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/unidades-temperatura.htm

recursos.citcea.upc.edu. Javier García Fernandez. Magnitudes y unidades de medida. Usado en apartado 2.2.1. recuperado el 3 de junio de 2017, a partir de; http://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/magnitud.html

TarracoGoldfish. (2017), Guía; Acuarios de agua dulce tropical. Usado apartado2.1.1.1..Recuperado el 1 de junio del 2017, a partir de; http://www.tarracogoldfish.com/guia-acuario-de-agua-dulce-tropical/

Tiendanimal, tienda animal.com. Instalación acuarios de agua salada. Usado apartado2.1.1.2. Recuperado el 1 de junio de 2017 a partir de; http://www.tiendanimal.es/articulos/instalacion-de-acuario-de-agua-salada/

ti.com.(Agosto, 2016). Texas instrument. LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors. Usado en apartado 4.1.2. Recuperado el 5 de junio de 2017 a partir de; http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf

wechoosethemoon. (2011). Jorge Garcia Tiscar. Arduino +Matlab, adquisición de datos. Usado en apartados 6.3 y 7.1.1. Recuperado el 13 de marzo de 2017, a partir de; https://wechoosethemoon.es/2011/07/15/arduino-matlab-adquisicion-de-datos/

Wikipedia. (2017). Historia del acuario. Usado apartado2.1.1.3. Recuperado el 1 de junio de 2017 a partir de; https://es.wikipedia.org/wiki/Acuario_(recipiente)#Historia