

Adquisición de datos con Waspmites

Guillermo Socorro Marrero; Sergio Marrero Marrero

Máster Universitario en Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en la Ingeniería (MUSIANI)

Asignatura: Instrumentación Científica

Tutor: Antonio Carlos Domínguez Brito; Jorge Cabrera Gámez

Universidad Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)

29 de noviembre de 2016

1. Introducción

El contexto de este documento es la asignatura Instrumentación Científica del Máster Oficial de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería (SIANI) correspondiente al año académico 2015/2016).

El objetivo de esta práctica es obtener la curva de calibración del sensor de distancia Sharp GP2D12 basado en infrarrojos, utilizando en este caso el sistema de adquisición analógico/digital (A/D) integrado en los Waspmites.

2. Objetivos básicos de la práctica

Los objetivos básicos se enumeran a continuación:

1. Obtener la curva de calibración del sensor, realizando el ajuste de la curva a un polinomio de grado n .
2. Estimar la linealidad del sensor.
3. Comparar los resultados obtenidos con la realización de la Práctica 2 utilizando los módulos de adquisición de datos LabJacks.

3. Curva de calibración dada por el fabricante

La figura 1 muestra la curva de calibración del sensor Sharp GP2D12 dada por el fabricante. En ella se observa que, aunque puede existir ambigüedad a la hora de inferir el valor de distancia a partir del valor de tensión devuelto por el sensor, esta situación no se da para el intervalo de distancias contemplado en el experimento (10 - 70 cm).

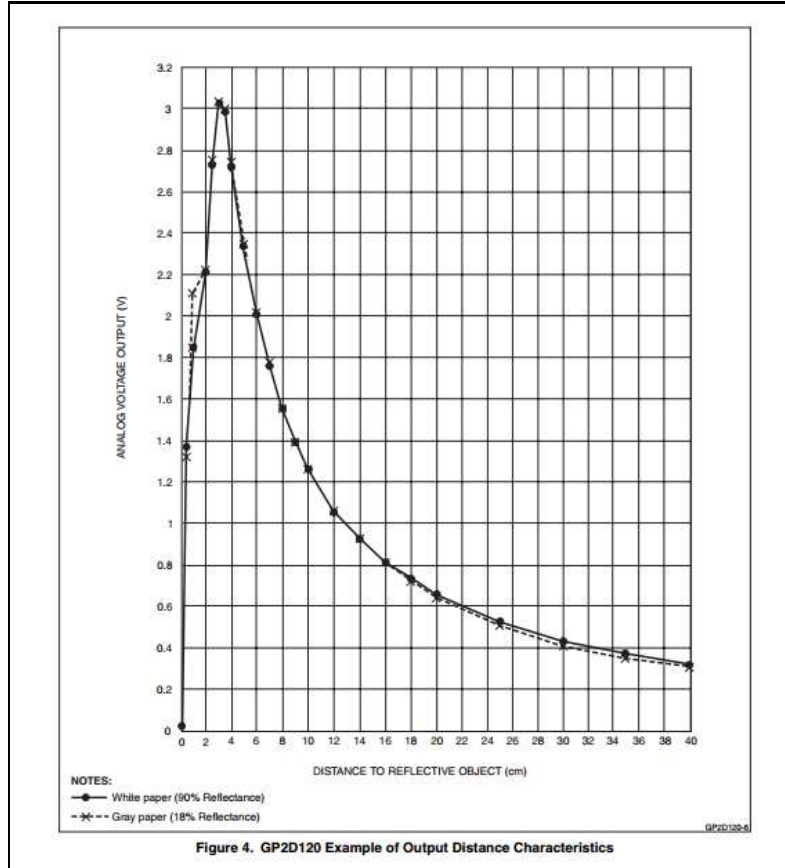


Figura 1: Curva de calibración dada por el fabricante

4. Experimentación

4.1. Obtención de las muestras.

Tras hacer las conexiones pertinentes entre el sensor de medida y el Waspnote, se registraron en una tarjeta SD los voltajes obtenidos por el sensor para siete medidas diferentes. Se registraron los valores de tensión devueltos por el sensor para las distancias desde 10 hasta 70 cm, avanzando en intervalos de 10 cm. En cada medida se esperó un tiempo de 10 segundos. Se tomaron 10 medidas por segundo, por lo que el periodo de muestreo es de 10 ms. La tabla 1 muestra la características principales del experimento. Posteriormente, se procesaron dichos datos a través de la herramienta MATLAB, con el fin de obtener estadísticos característicos de cada medida, y estimar los coeficientes para las curvas de regresión.

dmin : dinterv : dmax (cm)	10 : 10 : 70
tiempo total (ms)	70000
frecuencia de muestreo (Hz)	10
tiempo en cada medida (ms)	10000

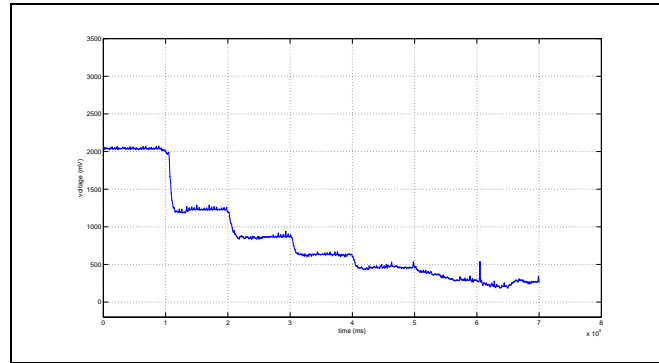
Tabla 1: Características principales del experimento

4.2. Curva de calibración obtenida

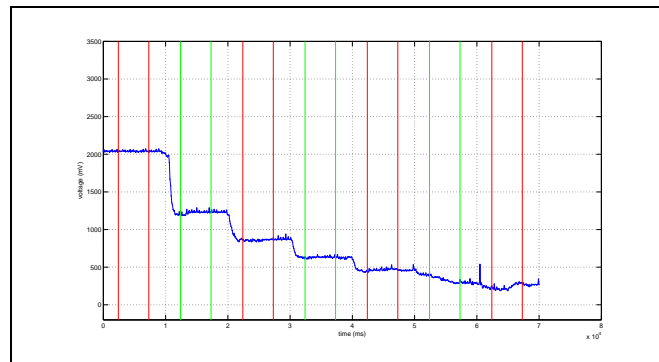
4.2.1. Lectura y representación de datos almacenados en la tarjeta SD

La subfigura 2a muestra los datos registrados en la tarjeta SD. En el eje de abscisas se ha representado el tiempo en milisegundos. En el eje de ordenadas se ha representado la tensión de salida del sensor en mV. Debido a que interesa eliminar las transiciones de una distancia a otra, se establecieron regiones centradas sobre el instante intermedio del muestreo con el fin de calcular una media representativa de las muestras. En la subfigura 2b se representan dichas ventanas.

Se consideró conveniente aplicar una guarda del 25 % en cada extremo, de tal forma que se aplicaron los estadísticos para 50 muestras por distancia, que en la subfigura 2b están contenidas entre las dos líneas verticales asociadas a cada distancia.



(a) Lectura de los datos almacenados en la SD



(b) Ventanas de seguridad para calcular los estadísticos

Figura 2: Datos obtenidos en la experimentación. Abscisas: tiempo, Ordenadas: miliVoltios

4.2.2. Cálculo de estadísticos. Representación en diagrama de cajas y bigotes

Como se comentó en el apartado anterior, se ha definido una banda de guarda del 25 % de muestras al comienzo y final de cada medida, con lo cual se utilizó para los estadísticos una cantidad de 50 muestras por cada distancia.

La tabla 2 muestra los valores de media y desviación típica para cada una de las distancias. Por otra parte, la figura 3 muestra una representación en diagrama de cajas y bigotes de los datos usados para el ajuste. Se puede apreciar que la desviación estándar aumenta a medida que la distancia es mayor.

distancia (cm)	10	20	30	40	50	60	70
media (mV)	2041	1228	860	633	468	334	239
std	9.6	22.6	11.4	11.5	16.5	34.3	36.1

Tabla 2: Características principales del experimento

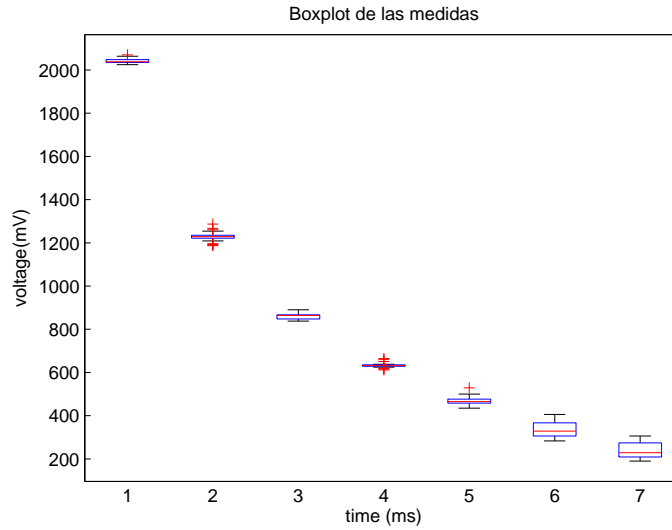


Figura 3: Representación en diagrama de cajas y bigotes de los datos usados para el ajuste.

4.2.3. Ajuste de las curvas

A continuación se detalla el resultado del ajuste con polinomios de distintos grados. Se utilizaron polinomios de grado $n = 1$ y $n = 2$. Con el fin de no aumentar la complejidad del polinomio y evitar efectos indeseados por sobreajustes, se consideró que un polinomio de segundo grado era suficiente para modelar el funcionamiento del sensor. La tabla 3 muestra los distintos coeficientes obtenidos para las dos grados probados. Esta tabla también muestra el error cuadrático medio obtenido en ambos ajustes. La figura 4 muestra las curvas al ajustar con el modelo lineal y cuadrático.

Grado del polinomio $n = 1$

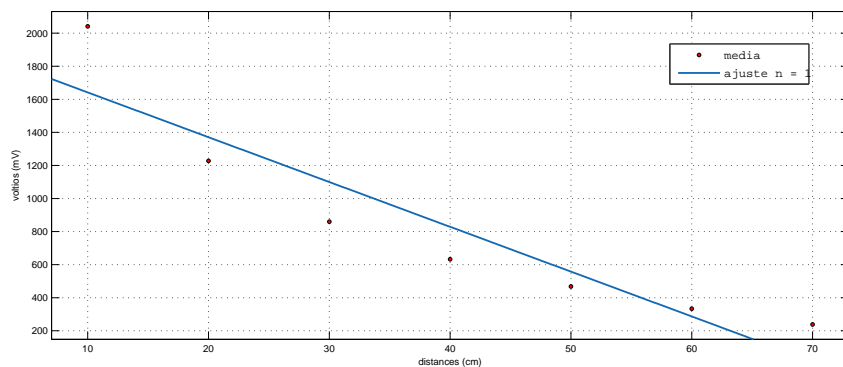
$$f(x) = p_1x + p_0 \quad (1)$$

Grado del polinomio $n = 2$

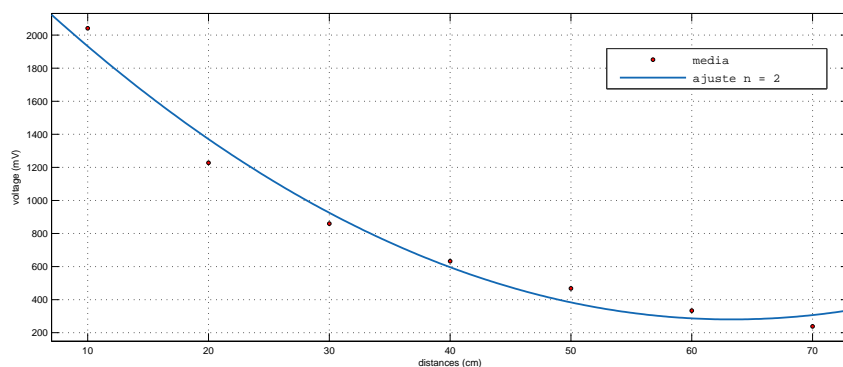
$$f(x) = p_2x^2 + p_1x + p_0 \quad (2)$$

coef	n = 1	n = 2
p_0	1913	2610
p_1	-27,1	-73,61
p_2	0	0,5815
RMSE	259,2	113,9

Tabla 3: Coeficientes para el ajuste de curvas



(a) Modelo lineal, $n = 1$



(b) Modelo cuadrático, $n = 2$

Figura 4: Ajuste de curvas

4.2.4. Comparación con la curva obtenida en la práctica 2

El objetivo de la Práctica 2 fue determinar la calibración de la misma curva utilizando el módulo de adquisición LabJack U12. La tabla 4 muestra el error cuadrático medio y los coeficientes de dicha curva juntos con los coeficientes obtenidos con el Waspmote para $n = 2$. La figura 5 muestra las dos curvas superpuestas.

coef	LabJack U12	Sharp GP2D12
p_0	3148	2610
p_1	-95,49	-73,61
p_3	0,8359	0,5815
RMSE	180,1	113,9

Tabla 4: Comparación de coeficientes y error cuadrático medio

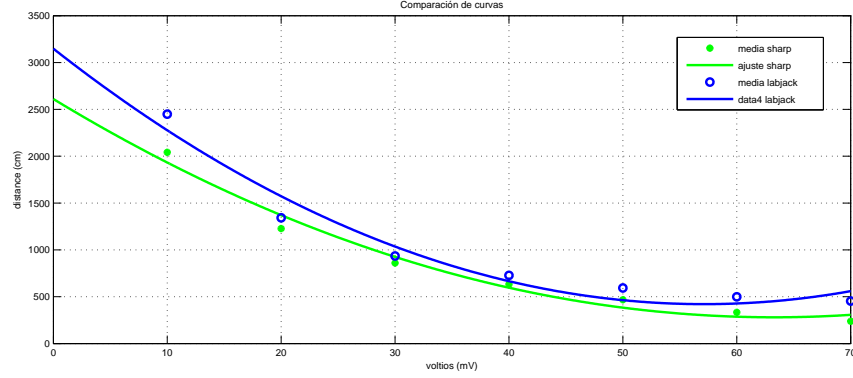


Figura 5: Comparación de las curvas obtenidas para distintos sensores

5. Linealidad y sensibilidad

5.1. Linealidad

El análisis de linealidad se ha realizado empleando la cota en el error cometido entre el modelo utilizado y el ajuste lineal, la cual vendrá expresada como la máxima desviación entre el ajuste con $n = 2$ -el cual fue seleccionado para modelar el sensor- y el modelo lineal ($n = 1$). El valor obtenido se muestra en la ecuación 3. En la parte superior de la figura 6 se observan simultáneamente el ajuste con grado $n = 1$, el ajuste con grado $n = 2$ y las cotas máximas inferior y superior de la desviación, mientras que en la parte inferior se representa el valor absoluto del error cometido entre ambos ajustes.

$$\max(y_{\text{modelo}} - y_{\text{lineal}}) = \pm 290,73 \text{ mV} \quad (3)$$

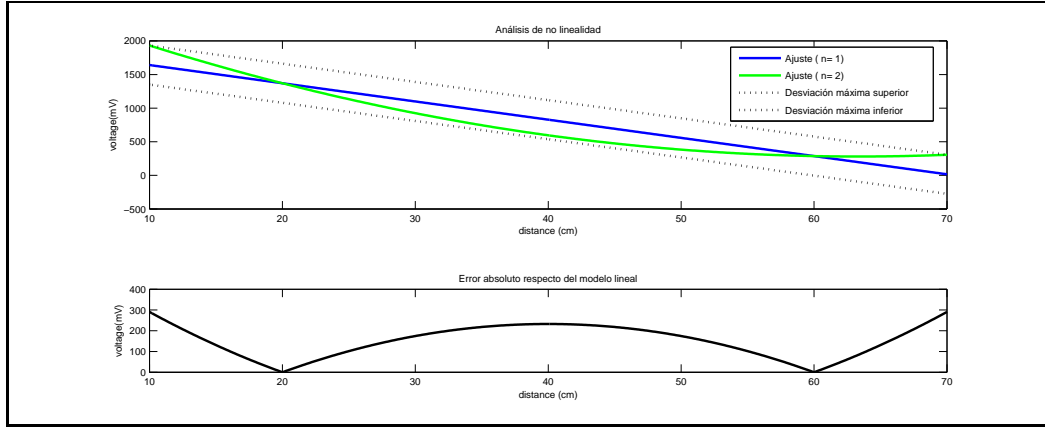


Figura 6: Estudio de la linealidad

5.2. Sensibilidad

La sensibilidad de la curva se expresa como se muestra en la ecuación 4, y se corresponde con variación de la salida del sensor respecto de la variación en distancia. Los coeficientes p_2 y p_1 son los que aparecen en la tabla 3. En la parte superior de la figura 7 se muestra el ajuste con $n = 2$, mientras que en la parte inferior de la misma se representa la sensibilidad de dicho modelo.

Como se observa, la curva de sensibilidad no es constante, indicando que el modelo no es lineal, como era de esperar tratándose de un modelo cuadrático. Sin embargo, la variación en el valor de sensibilidad no es muy acusado en la región de interés. Por otro lado, se aprecia que el valor de sensibilidad decrece con la distancia, lo que lo convierte en menos discriminante cuando ésta es elevada.

$$s = \frac{df}{dx} = 2p_2 + p_1 \quad (4)$$

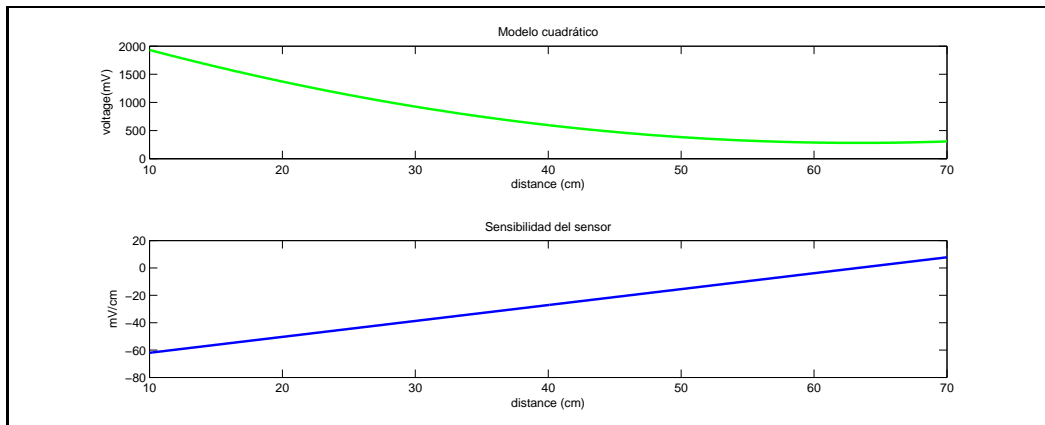


Figura 7: Sensibilidad del sensor usando el ajuste $n = 2$