



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

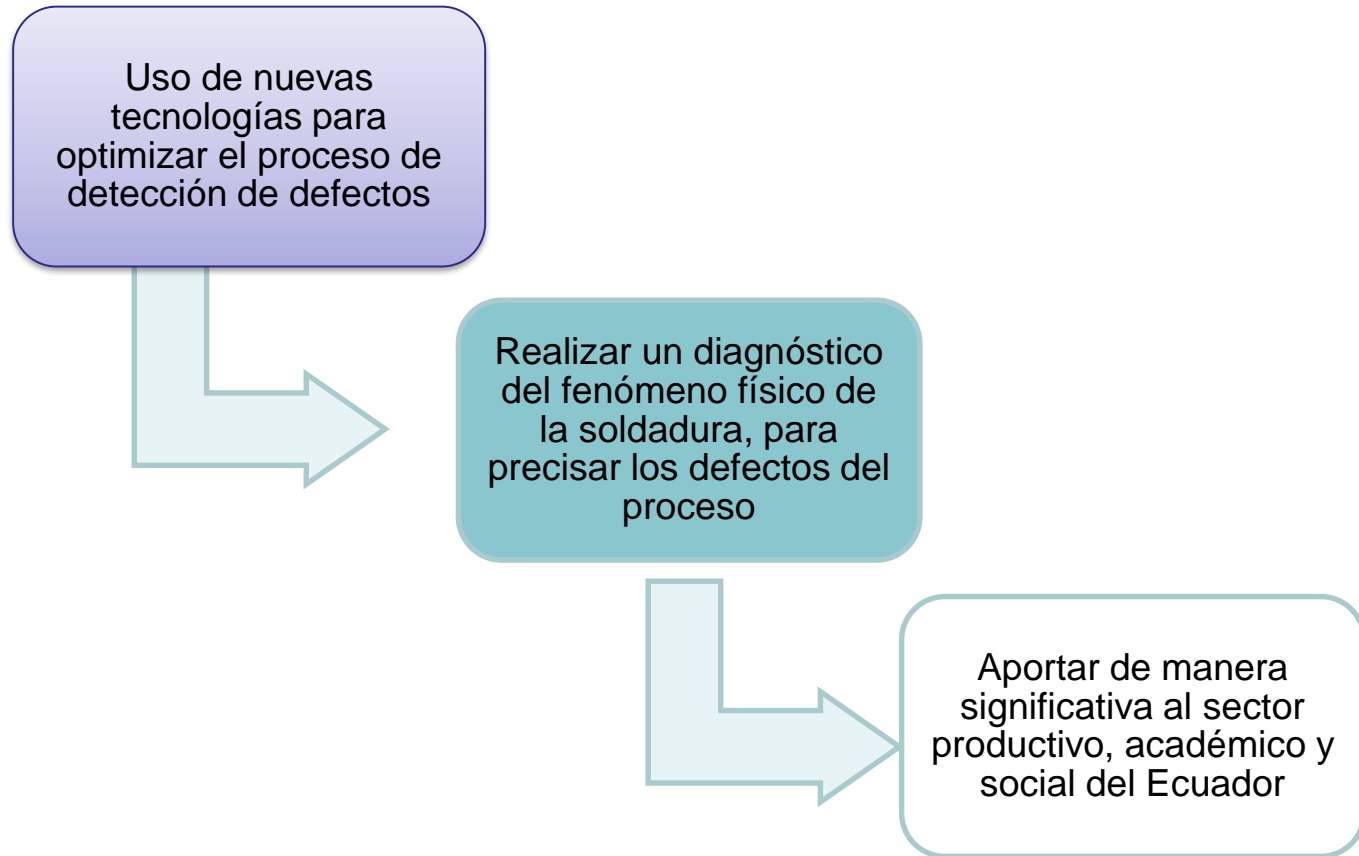
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA DETECTAR DEFECTOS DE SOLDADURA GMAW POR MEDIO DE EMISIÓN ACÚSTICA MEDIANTE K-MEANS”

AUTOR: CONDE JORDÁN, SANTIAGO PAUL

ING. MANJARRÉS ARIAS, FÉLIX JAVIER M. SC.



JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA



OBJETIVOS

Objetivo General:

- Diseñar y construir un sistema mecatrónico para detectar defectos de soldadura GMAW por medio de emisión acústica mediante k-means.



Objetivos Específicos:

- Recopilar información científica para el diseño y desarrollo del estudio basado en diagnóstico de soldadura por emisión acústica.
- Realizar el modelado y construcción de la estructura que permita la inspección de la soldadura GMAW.
- Diseñar un algoritmo de control y clasificación con un entorno para manejar desde un computador el sistema de inspección construido para la evaluación del material.
- Aplicar el método de clasificación k-means que se utilizan en la disciplina del reconocimiento de fallas por medio de patrones.
- Probar el sistema con diferentes conjuntos de datos para poder estudiar el desempeño del mismo.



CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS E INVESTIGACIÓN

Soldadura



Tipos de Soldadura

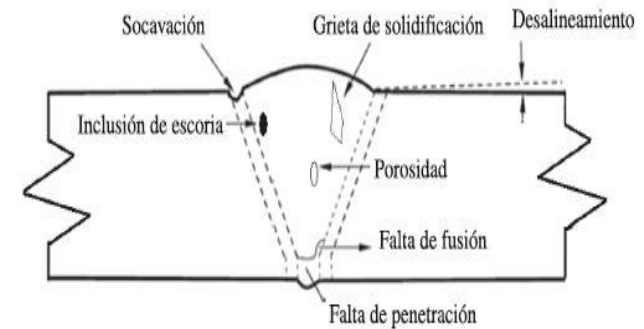
- Soldadura por fusión
- Soldadura de estado sólido

Defectos de Soldadura

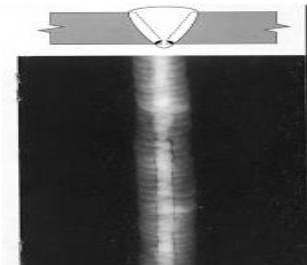
Cavidades y poros



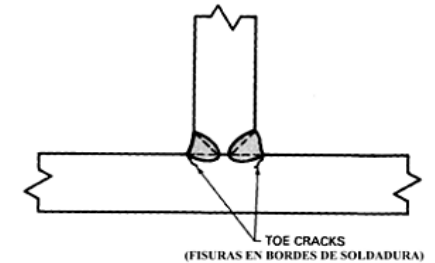
Fusión incompleta



Inclusiones



Fisuras



Ensayos no destructivos

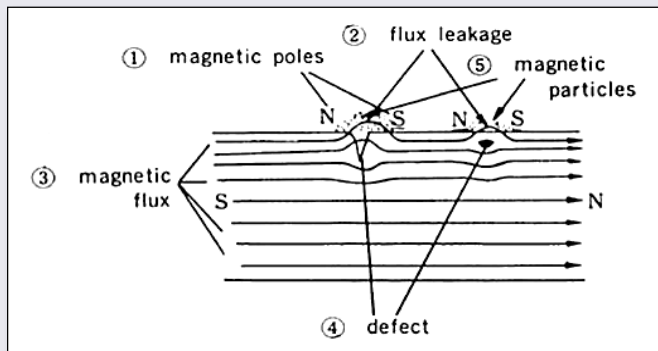
Ensayo visual



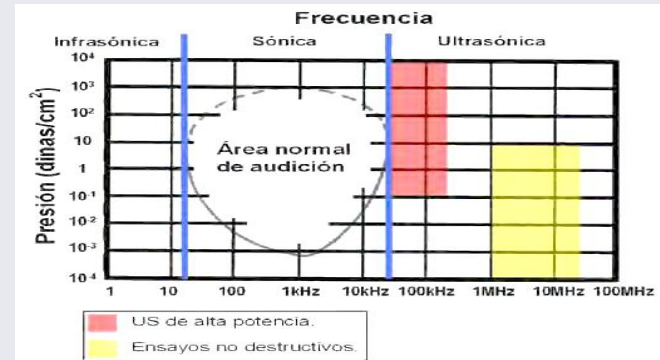
Ensayo con líquidos penetrantes(PT)



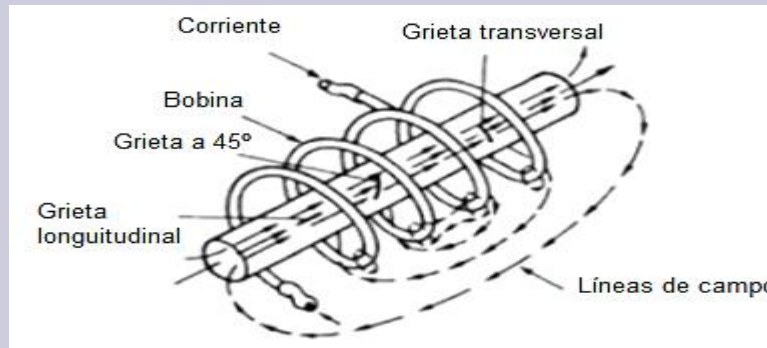
Partículas Magnéticas



Ensayos con ultrasonidos

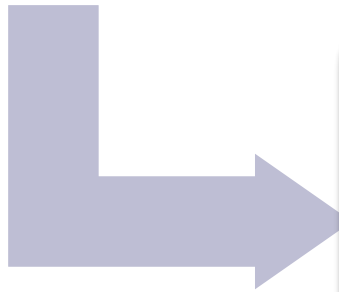


Ensayo Electromagnético



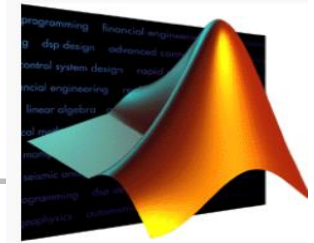
Algoritmo K-Means

- Sigue un procedimiento simple de clasificación de un conjunto de objetos en un determinado número de K de clústeres, K determinado a priori.



Matlab

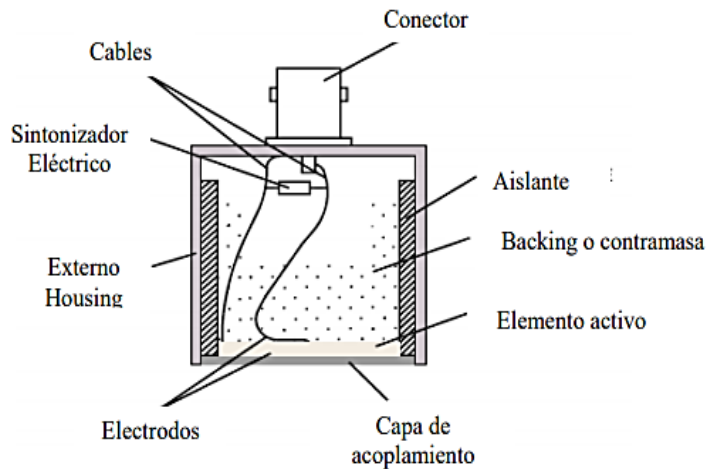
- Programa comercial para la realización de cálculos matemáticos y generación de gráficos.



CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Selección de componentes del sistema

Transductor Ultrasónico 2.5 MHz



Trasdutor NDT 2.5 MHz (Ndt Industrial Transductor Ultrasónico 2.5 Mhz), que es un trasdutor de haz angular diseñados para la inspección en soldadura

Ítem	Descripción
Lugar de origen	Liaoning, China
Modelo	2.5P20N-S
Frecuencia	2.5 MHz
Material	Acero anacidizado, cerámica
Temperatura	Hasta 260°
Ángulo de cuña	45, 60, 70
Costo	\$200



CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Selección de componentes del sistema

NI DAQ USB-6008



Dispositivo de E/S multifunción alimentado por bus

Característica	Valor
Resolución de entrada	12
Velocidad máxima de muestreo	10 kS / s
Salidas analógicas	2
Resolución de salida	12
Costo	\$150



CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Selección de componentes del sistema

Probeta

Metal que permite realizar las pruebas, en este caso el la unión con suelda de dos placas metálicas



Placa de calibración

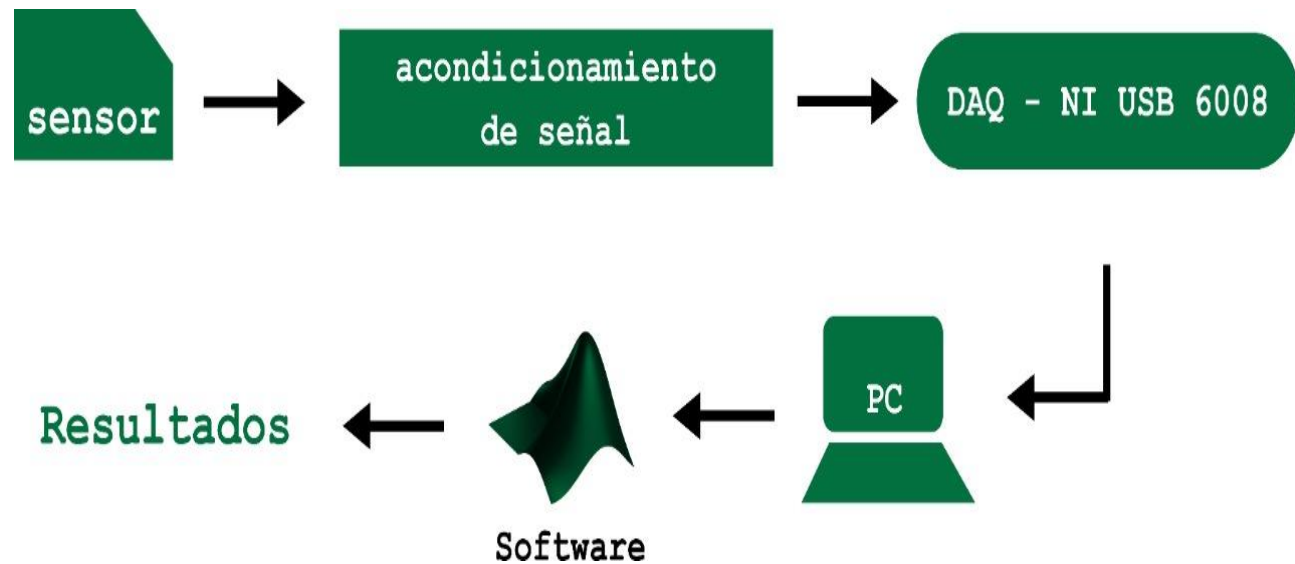


Ítem	Descripción
Tipo	Bloque ASC AWS
Tamaño	4.0 x 2.5 x 1.0 in.
Material	Acero
Descripción de uso	Se utiliza para la calibración a distancia, sensibilidad, ángulo reflejado e índice de haz de sonda.
Costo	\$50



CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Descripción del sistema



CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Circuito de acondicionamiento

Fórmulas para el cálculo del circuito de acondicionamiento

$$V_O = -I_T R_2 = \frac{V_1}{R_1} R_2 - \frac{V_2}{R_2} R_2$$

Valores máximos y mínimos de salida V_o

V1	A	R2	Vo
-4	0,004	625	0
-4	0,006	625	-1,25
-4	0,008	625	-2,5
-4	0,01	625	-3,75
-4	0,012	625	-5
-4	0,014	625	-6,25
-4	0,016	625	-7,5
-4	0,018	625	-8,75
-4	0,02	625	-10

Voltajes a través de un amplificador operacional inversor

$$\frac{V_O}{V_1} = -\frac{R_2}{R_1} = G$$

Considerando que $R_1=R_2$, entonces se tendrá una ganancia de:

$$V_O = -1(V_1)$$

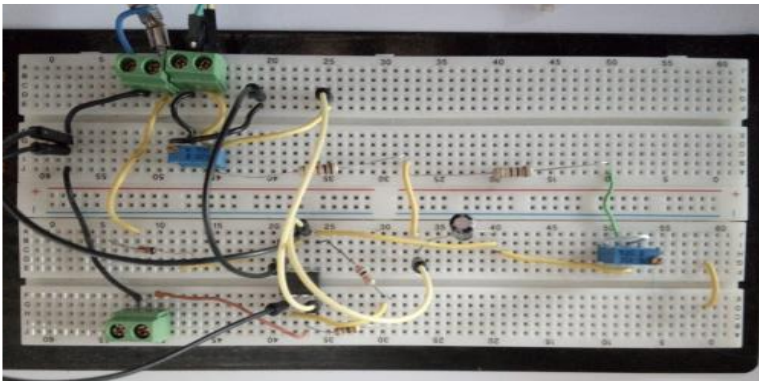
Con lo cual se logra obtener un voltaje invertido.



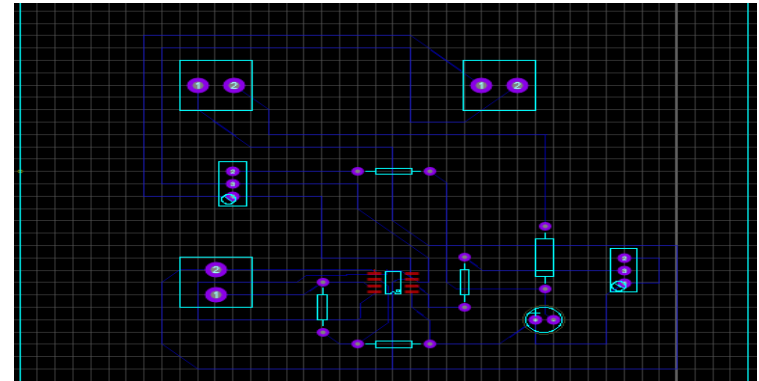
CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Diseño y construcción del circuito de acondicionamiento

Circuito de acondicionamiento en el protoboard



Pistas del circuito utilizando el software ARES



Montaje y soldadura de los elementos

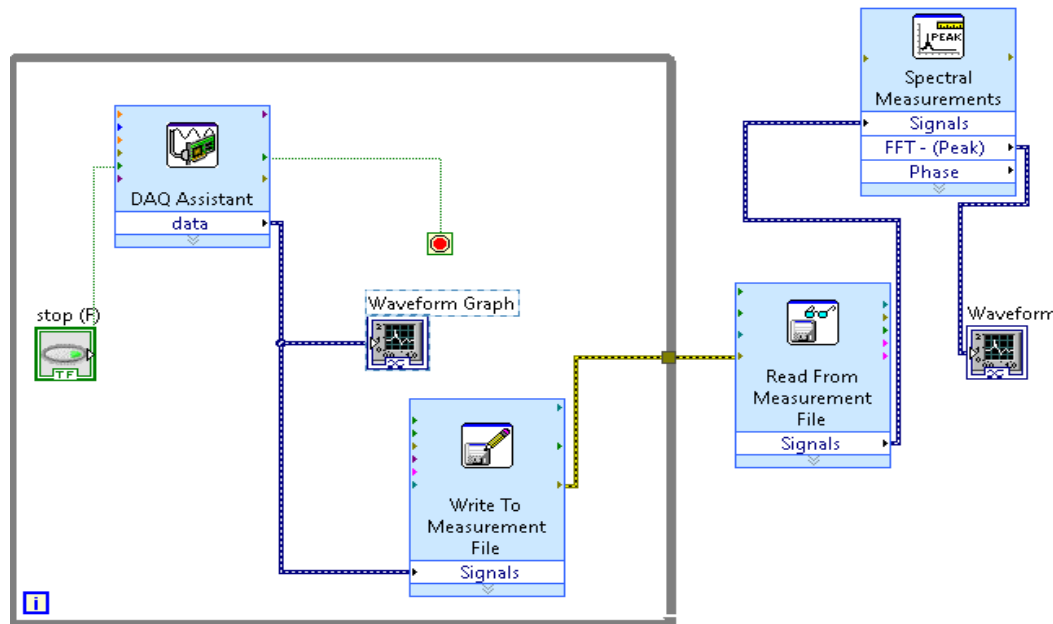


CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Etapa de Adquisición de datos

NI labview 2019

Se utiliza generalmente para el control y monitoreo de una gran variedad de instrumentos, adquisición de datos y automatización de procesos industriales.



Configuración del asistente DAQ

The screenshot shows the NI Express Task Configuration window. The 'Channels in Task' list contains 'Voltage'. The 'Connections List' table is as follows:

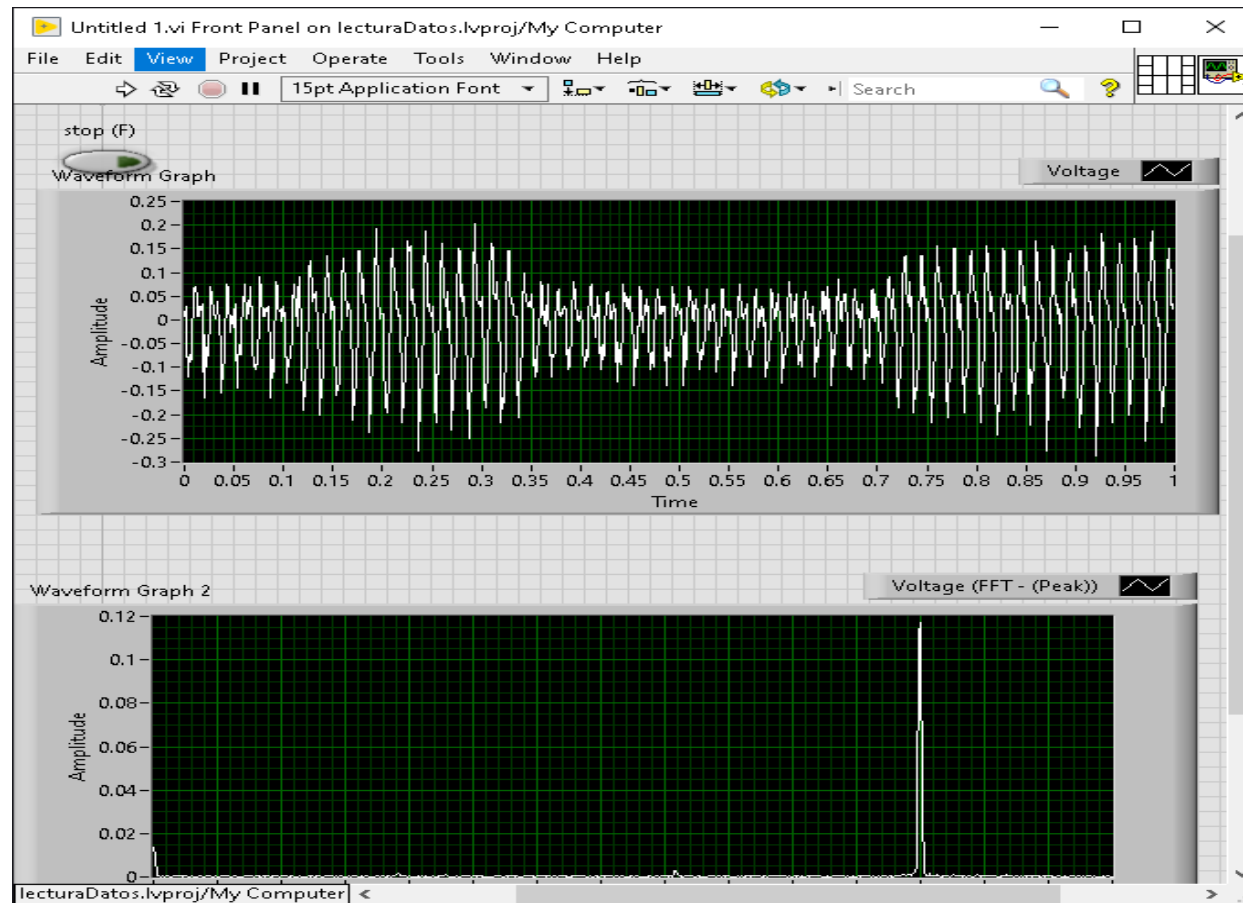
Point 1	Point 2
Voltage/CH+	16PinCombicon/2
Voltage/CH-	16PinCombicon/3

Below the table, there is a 'Save to HTML...' button and a diagram showing the physical connection of the DAQ card to a signal source. The signal source is labeled 'V_{sig}' and is connected to the 'CH+' and 'CH-' terminals of the DAQ card.



CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Forma de onda Amplitud vs Tiempo



CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

NI Measurement & Automation Explorer (MAX)

Referencias Dispositivo conectado

The screenshot shows the NI Measurement & Automation Explorer (MAX) interface. The left sidebar displays a tree view with 'My System' expanded to show 'Data Neighborhood', 'Devices and Interfaces', and 'NI USB-6008 "Dev1"'. The main area shows the 'Settings' tab for the selected device. The 'Settings' section includes fields for Name (Dev1), Vendor (National Instruments), Model (NI USB-6008), Serial Number (019CDC1B), and Status (Present). Below this, the 'External Calibration' section shows the Calibration Date (16/10/2014 0:00) and Recommended Next Calibration (16/10/2015 0:00).

Prueba de adquisición de datos

The screenshot shows the NI Test Panels interface for the NI USB-6008 'Dev1'. The 'Analog Input' tab is selected. The configuration includes: Channel Name (Dev1/ai0), Mode (On Demand), Input Configuration (Differential), Max Input Limit (10), Min Input Limit (-10), Rate (Hz) (1000), and Samples To Read (1000). A live waveform graph titled 'Amplitude vs. Samples Chart' is displayed, showing a signal fluctuating between approximately -0.25 and 0.25. The x-axis is labeled '4.4k' and '4.5k', and the y-axis ranges from -0.3 to 0.25. The graph has 'Auto-scale chart' checked. At the bottom, there are 'Start' and 'Stop' buttons, and 'Close' and 'Help' buttons.



CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Matlab

Tablas de datos obtenidos del sensor generada en Matlab

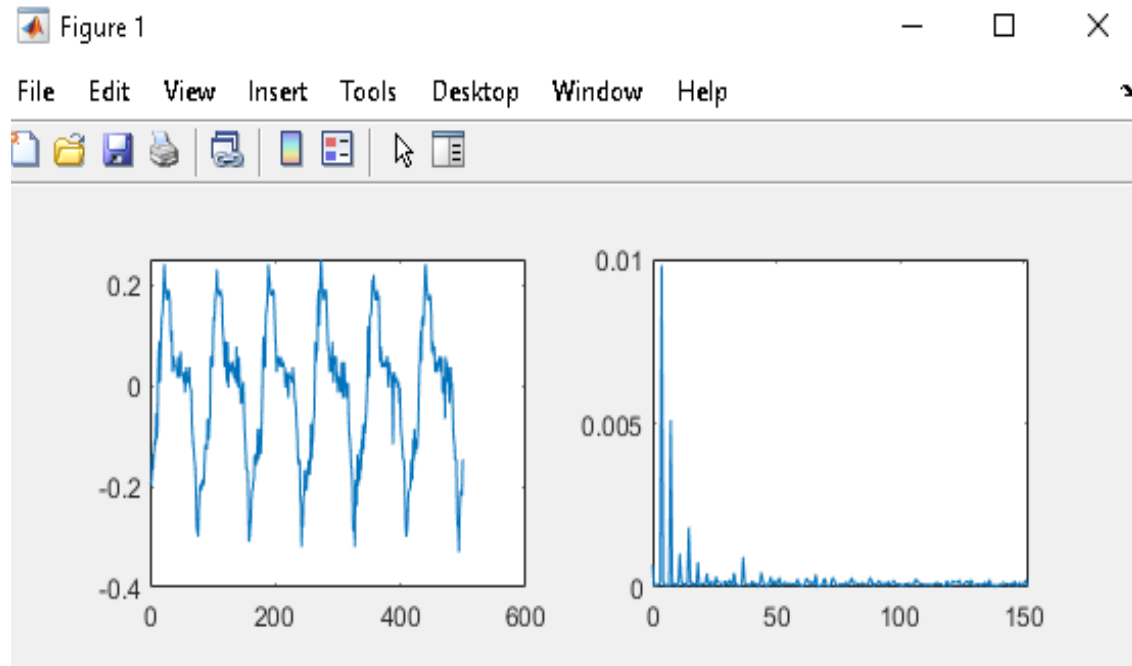
Datos

	Normal
1	0
2	0
3	0
4	0.3467
5	0.4785
6	0.5615
7	0.6055
8	0.7813
9	0.8350
10	0.4980
11	0

Datos

	Amplitud	Lectura
1	0.2133	0
2	0.4249	20
3	0.4199	40
4	0.4116	60
5	0.4001	80
6	0.3856	100
7	0.3683	120
8	0.3483	140
9	0.3259	160
10	0.3014	180
11	0.2750	200

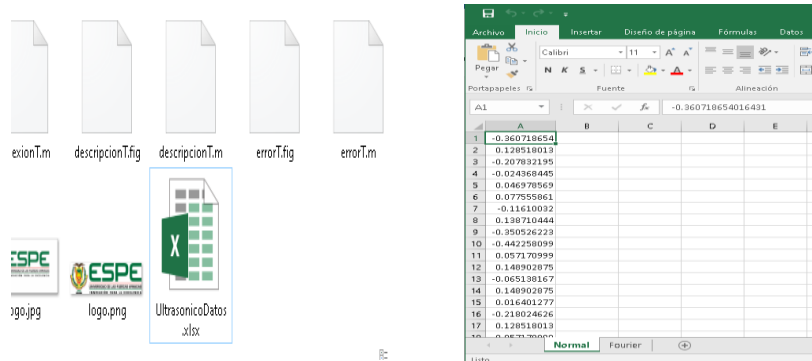
Gráficas obtenidas de los datos del sensor y su respectiva Transformada de Fourier



CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Procesado de datos

Base de datos donde se almacena los valores de amplitud de los ecos ultrasónicos capturados de la pieza de soldadura con el equipo de exploración.

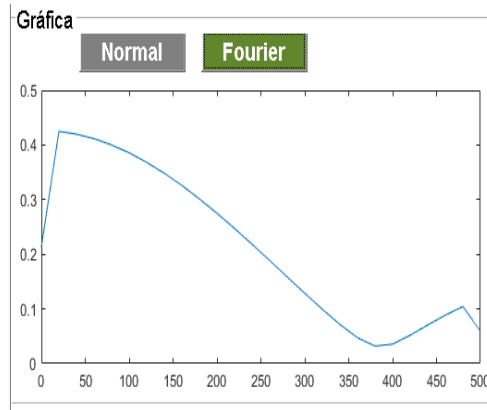
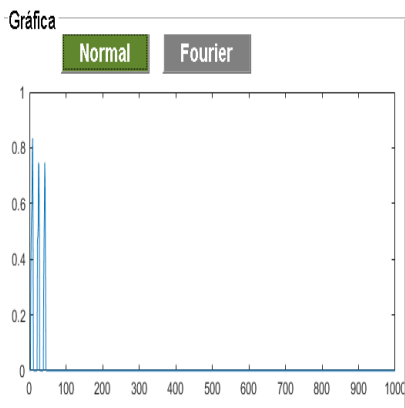


Conexión de datos con arduino



CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Conexión y datos con Arduino por medio de Matlab



Plantilla de datos en Excel una vez realizada la transformada de Fourier

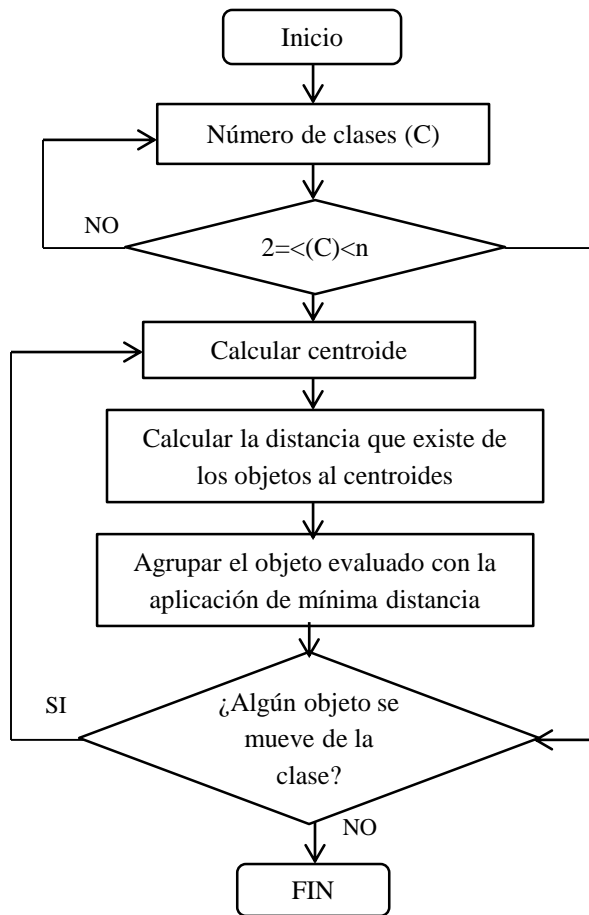


	A	B	C	D
1	0.047427036	0		
2	0.02215512	10		
3	0.014339998	20		
4	0.0161651	30		
5	0.021704007	40		
6	0.008887436	50		
7	0.195556874	60		
8	0.017681935	70		
9	0.013797282	80		
10	0.005356764	90		
11	0.003524509	100		
12	0.012675326	110		
13	0.14566356	120		
14	0.005999235	130		
15	0.027409138	140		
16	0.010535442	150		
17	0.011901902	160		
18	0.000140074	170		



CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

K-means desde NI USB 6008



caracTempT

CARACTERÍSTICAS TEMPORALES

Características	Combinaciones
Amax	19.5557
Umbral	1.934
Nmax	12
A1	0.047427
n1	0
area	39.1492
ancho	500
Aante	4.7427
nante	0
Apost	0.149664
Npost	24

	1	2	3
1	19.5557	12	0
2	19.5557	12	39.1492
3	19.5557	12	4.9377e-04
4	19.5557	12	4.7427
5	19.5557	0	39.1492
6	19.5557	0	4.9377e-04
7	19.5557	0	4.7427
8	19.5557	39.1492	4.9377e-04
9	19.5557	39.1492	4.7427
10	19.5557	4.9377e-04	4.7427
11	12	0	39.1492
12	12	0	4.9377e-04
13	12	0	4.7427
14	12	39.1492	4.9377e-04
15	12	39.1492	4.7427
16	12	4.9377e-04	4.7427
17	0	39.1492	4.9377e-04
18	0	39.1492	4.7427
19	0	4.9377e-04	4.7427
20	39.1492	4.9377e-04	4.7427

Descripción

Modelo

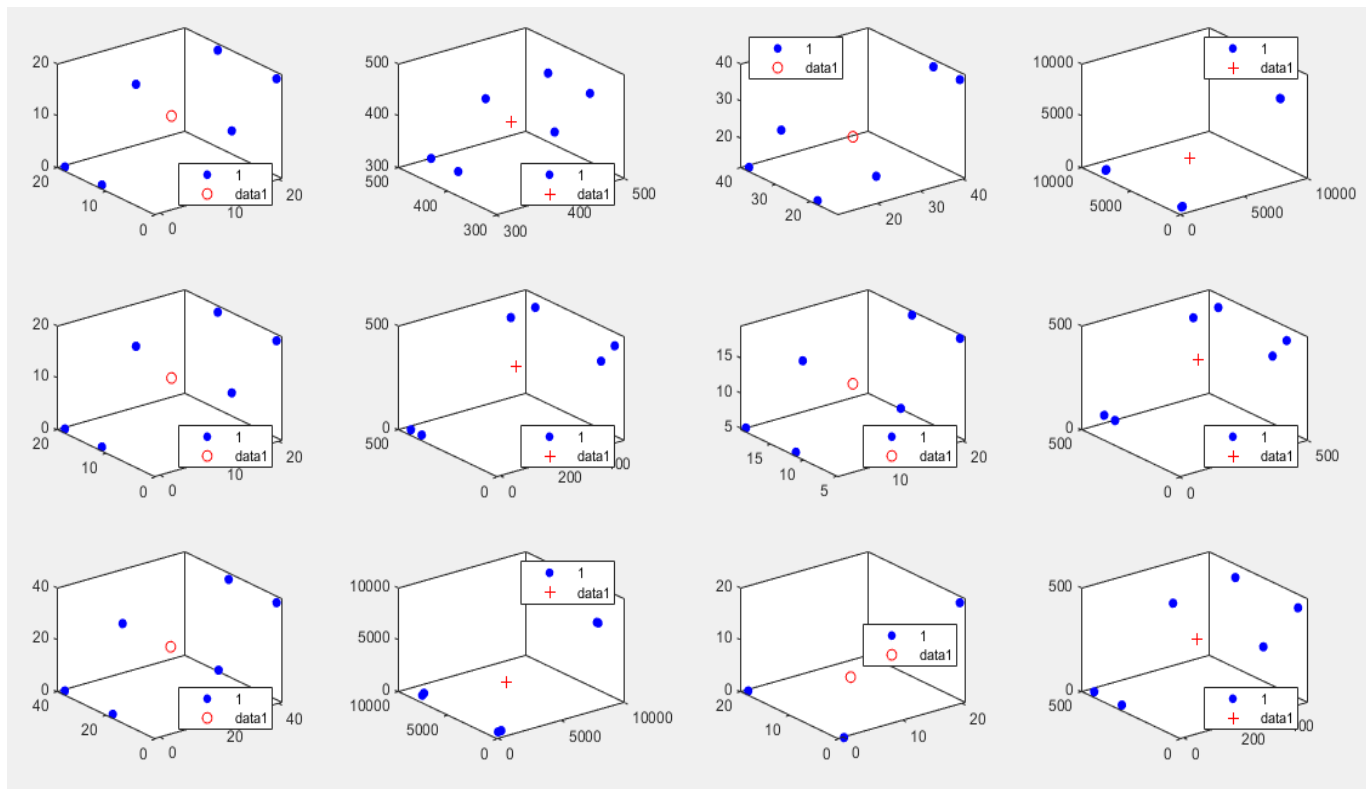
ESPE SEDE LATACUNGA Autor: Santiago Conde



CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

K-means desde NI USB 6008

Centroides con los ecos de prueba (Combinaciones 1-12)



CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

K-means desde Arduino



caracTempT

CARACTERÍSTICAS TEMPORALES

Características		Combinaciones			
		1	2	3	
Amax	83.4961	83.4961	1.8000	0.8000	
Umbral	1.934	83.4961	1.8000	0.1274	
Nmax	1.8	83.4961	1.8000	0.0195	
A1	0	83.4961	1.8000	34.6680	
n1	1	83.4961	0.8000	0.1274	
area	0.127441	83.4961	0.8000	0.0195	
ancho	0	83.4961	0.1274	0.0195	
Aante	34.668	83.4961	0.1274	34.6680	
nante	0.8	83.4961	0.0195	34.6680	
Apost	0.78125	1.8000	0.8000	0.1274	
Npost	1.6	1.8000	0.8000	0.0195	
		13	1.8000	0.8000	34.6680
		14	1.8000	0.1274	0.0195
		15	1.8000	0.1274	34.6680
		16	1.8000	0.0195	34.6680
		17	0.8000	0.1274	0.0195
		18	0.8000	0.1274	34.6680
		19	0.8000	0.0195	34.6680
		20	0.1274	0.0195	34.6680

Descripción

Modelo

ESPE SEDE LATACUNGA

Autor: Santiago Conde

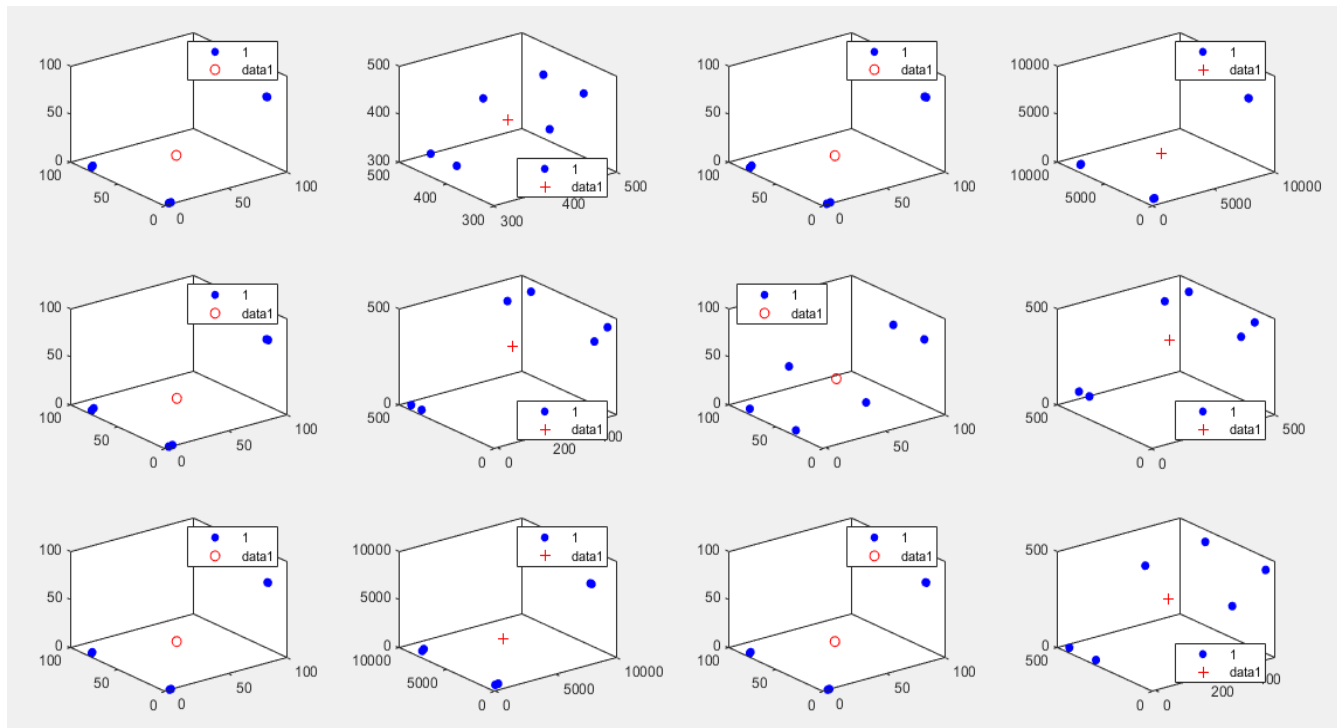


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CAPÍTULO III. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

K-means desde Arduino

Centroides con los ecos de prueba con la adquisición desde Arduino
(Combinaciones 1-12)

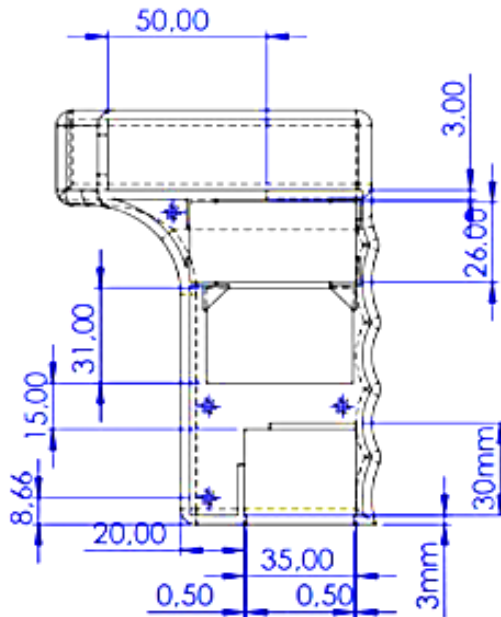


CAPÍTULO IV. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

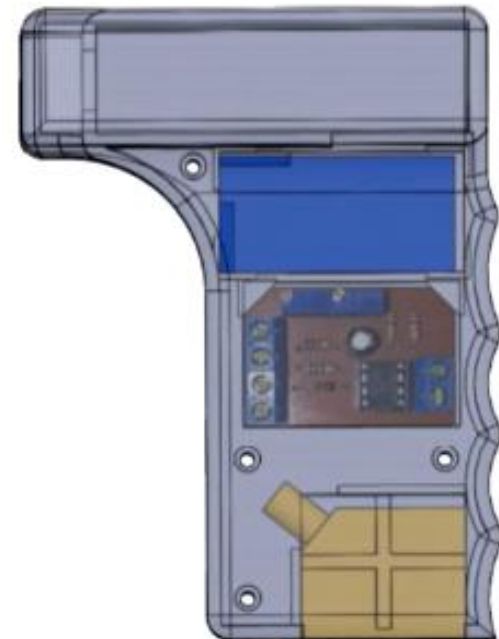
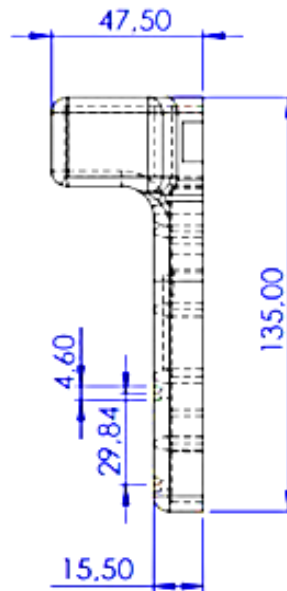
Módulo de detección

Integrado por el transductor, el circuito de acondicionamiento, la fuente y la DAQ NI USB 6800.

Vista Frontal



Vista Izquierda



CAPÍTULO IV. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Módulo de detección

La probeta debe estar integrada con un líquido o gel para que se adhiera de manera adecuada al módulo de detección



CAPÍTULO IV. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Pruebas de conexión

Verificar la conexión del módulo al computador.



Conexión

Canal de Entrada Analógico	90	v	Ejecutar
Velocidad	5000		
Números de escaneos	500		

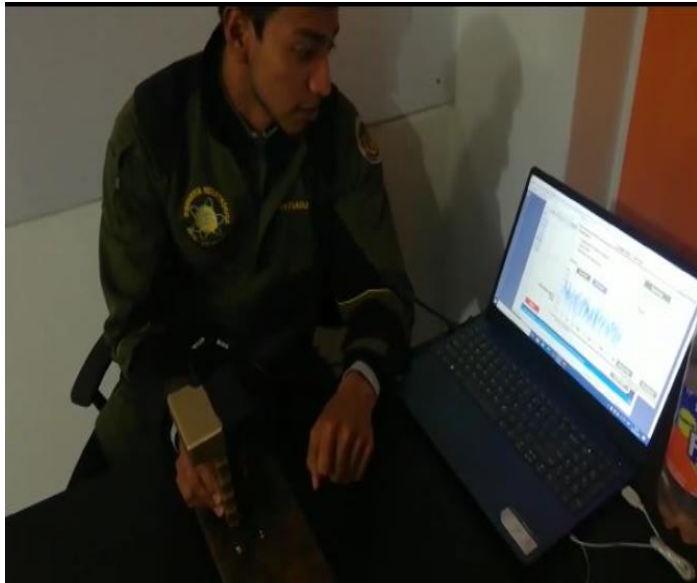
ERROR EN CONEXIÓN

?



CAPÍTULO IV. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Funcionamiento del sistema



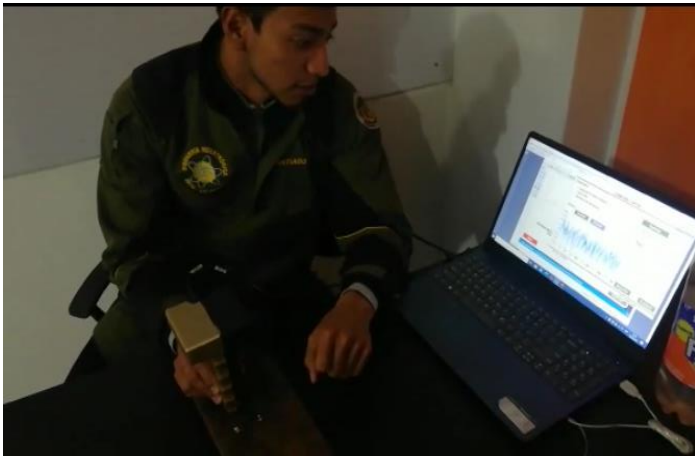
Resultado con defecto en soldadura

Proporciona el valor de la profundidad, la distancia y el tipo de defecto, que en este caso es porosidad.



CAPÍTULO IV. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Funcionamiento del sistema



Resultado sin defecto en soldadura

resultadoT

RESULTADOS

Profundidad	10 mm
Distancia	15 mm
Defecto	N/A



CONCLUSIONES

- Para el estudio del efecto de la propagación ultrasónica de acuerdo a la forma y el tamaño de la discontinuidad, se diseñó una probeta en la cual se indujeron una serie de defectos de manera artificial que permita la adecuada comparación de los ecopulsos de fisuras del mismo tamaño por medio de un equipo de exploración ultrasónico instalado en un PC, el cual permitió exportar datos en el monitor a una alta velocidad de actualización, por lo tanto se pudo visualizar las señales en tiempo real.
- El sistema diseñado permite la captura de ecopulsos de probetas experimentales con defectos por medio de un transductor, posteriormente se capturaron los datos con una tarjeta de adquisición DAQ NI USB 6800 para ser procesada por medio del programa Matlab, graficarla y clasificarla de acuerdo al tipo y tamaño del defecto.



CONCLUSIONES

- Para determinar las fallas de soldadura se aplicó K-means que es un algoritmo iterativo en el cual un objeto de la matriz de datos obtenidos no puede pertenecer a más de una clase limitada por un centroide que en este caso son los que presentan defectos y los que no presentan defectos, teniendo como finalidad minimizar la suma cuadrática de la distancia euclidiana entre los puntos y un valor medio del conjunto.
- Para determinar si una pieza metálica soldada es aceptable o no, esta no debería presentar ningún tipo de defecto, es decir que no exista ningún poro, salpicadura ni discontinuidades, para lo cual se diseñó y construyó un sistema mecatrónico para detectar defectos de soldadura GMAW por medio de emisión acústica mediante K-Means obteniendo resultados satisfactorios que demostraron el estado de la placa soldada y el tipo de defecto que posee.



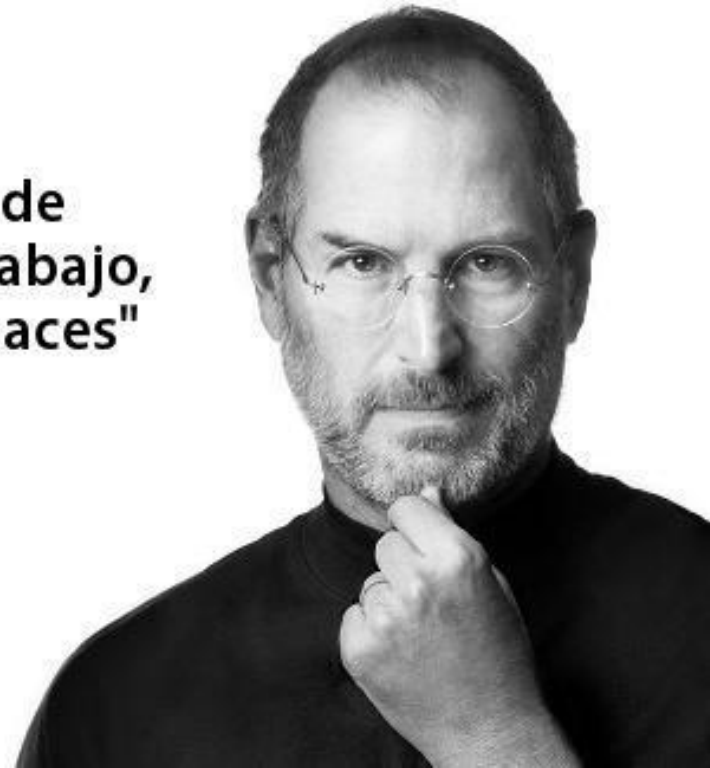
RECOMENDACIONES

- Es importante revisar la conexión adecuada del módulo de detección hacia el computador y verificación del puerto de conexión para evitar errores al momento de la adquisición de los ecopulsos.
- Para lograr una correcta adquisición de información es necesario colocar un gel en la probeta, lo cual garantiza que el módulo se adhiera a la probeta y proporciones los resultados esperados.



**"La única forma de
hacer un gran trabajo,
es amar lo que haces"**

—Steve Jobs



MUCHAS GRACIAS .



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA